

Studien zum Physik- und Chemielernen

H. Niedderer, H. Fischler, E. Sumfleth [Hrsg.]

302

Christin Marie Sajons

Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren

Kontextualisierung, Problemorientierung
und Autonomieunterstützung der
didaktischen Struktur analysieren
und weiterentwickeln



λογος

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Hans Niedderer, Helmut Fischler und Elke Sumfleth

Diese Reihe im Logos-Verlag bietet ein Forum zur Veröffentlichung von wissenschaftlichen Studien zum Physik- und Chemielernen. In ihr werden Ergebnisse empirischer Untersuchungen zum Physik- und Chemielernen dargestellt, z. B. über Schülervorstellungen, Lehr-/Lernprozesse in Schule und Hochschule oder Evaluationsstudien. Von Bedeutung sind auch Arbeiten über Motivation und Einstellungen sowie Interessensgebiete im Physik- und Chemieunterricht. Die Reihe fühlt sich damit der Tradition der empirisch orientierten Forschung in den Fachdidaktiken verpflichtet. Die Herausgeber hoffen, durch die Herausgabe von Studien hoher Qualität einen Beitrag zur weiteren Stabilisierung der physik- und chemiedidaktischen Forschung und zur Förderung eines an den Ergebnissen fachdidaktischer Forschung orientierten Unterrichts in den beiden Fächern zu leisten.

Hans Niedderer

Helmut Fischler

Elke Sumfleth

Studien zum Physik- und Chemielernen

Band 302

Christin Marie Sajons

**Kognitive und motivationale Dynamik
in Schülerlaboren**

Kontextualisierung, Problemorientierung
und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur
analysieren und weiterentwickeln

Logos Verlag Berlin



Studien zum Physik- und Chemielernen

Hans Niederderer, Helmut Fischler, Elke Sumfleth [Hrsg.]

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Copyright Logos Verlag Berlin GmbH 2020

Alle Rechte vorbehalten.

ISBN 978-3-8325-5155-1

ISSN 1614-8967



Logos Verlag Berlin GmbH
Georg-Knorr-Str. 4, Geb. 10
D-12681 Berlin

Tel.: +49 (0)30 / 42 85 10 90

Fax: +49 (0)30 / 42 85 10 92

<https://www.logos-verlag.de>

Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren

Kontextualisierung, Problemorientierung und
Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur
analysieren und weiterentwickeln

Von der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften der
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg zur Erlangung des Grades und Titels eines Dok-
tors der Philosophie (Dr. phil.) angenommene Dissertation von

Christin Marie Sajons

geboren am 28.04.1991 in Henstedt-Ulzburg

Gutachter: Prof. Dr. Michael Komorek

Zweitgutachterin: Jun. Prof. Dr. Susanne Weißnigk

Tag der Disputation: 30.06.2020

„Also der Aufwand ist enorm hoch. Aber sowas von notwendig. Nicht weil es vorher so schlecht gewesen ist, sondern weil die Struktur klarer, aber die Aufgaben offener geworden sind. [...] Man muss sich an die Struktur gewöhnen. Die Kinder danken es einem. Mit Sicherheit. [...] Aber es fordert uns auch viel Übung ab, weil es ist in dem offeneren Umfeld schwieriger, die Herde beisammen zu halten. [...] Der Aufwand ist hoch, aber ich mache den gern, weil der die Kinder voranbringt.“

„Es besteht ja ganz schnell die Gefahr, dass jemand denkt, da kommt jemand von der Uni und der weiß alles besser [...] Aber genau so war es eben nicht. [...] Wir haben vieles diskutiert, das fand ich sehr gut daran, weil das einem ja auch hilft mal einen Schritt zurück zu treten und zu gucken, was machst du da eigentlich. [...] Das hat auf Augenhöhe stattgefunden.“

Schülerlaborbetreibende am Studienende

Danksagung

Ich möchte mich besonders herzlich bei meinem Betreuer Prof. Dr. Michael Komorek für die Unterstützung, die vielen Gespräche, die Ideen und die Anregungen bedanken. Die Diskussionen bei einem guten Kaffee vergingen immer wie im Fluge und haben mich stets nicht nur sehr vorangebracht, sondern mir auch viel Freude bereitet. Nicht zu vergessen sind die vielen Fahrten zu den Schülerlaboren, bei denen er mich begleitet und unterstützt hat. Darüber hinaus möchte ich mich auch für die vielen Möglichkeiten in der Schule und in weiteren Projekten bedanken, die meinen Horizont neben der Promotion sehr erweitert haben. Besonders unser gemeinsames Projekt der „komplementären Vernetzung außerschulischer Lernorte“ in Wilhelmshaven hat mir viele neue Erfahrungen ermöglicht, die ich nicht missen möchte.

Auch bei Jun. Prof. Dr. Susanne Weißnigk möchte ich mich für die vielen wertvollen Gespräche und hilfreichen Hinweise als Zweitgutachterin bedanken. Durch ihre Anregungen habe ich meine Arbeit oft nochmal aus einer anderen Perspektive betrachten können, was mir sehr geholfen hat, verschiedene Aspekte kritisch zu hinterfragen.

Außerdem möchte ich ganz besonders dem DLR_School_Lab in Bremen, dem Lernort Technik und Natur in Wilhelmshaven sowie dem Zentrum für Natur und Technik in Aurich für die konstruktive Zusammenarbeit danken. Diese Kooperationen haben maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen und ich möchte mich an dieser Stelle auch nochmal für die aufgeschlossene und engagierte Haltung aller Mitarbeitenden der drei Lernorte bedanken.

Einen weiteren Dank möchte ich meiner Arbeitsgruppe der Physikdidaktik Kai, Jonas, Annika, Janine, Chris, Anastasia, Steffen, Rajinder und Claudia für die vielen Gespräche und gemeinsamen Mittagessen aussprechen. Die zusammen gestalteten Lehrveranstaltungen, die gemeinsamen Tagungsbesuche, aber auch besonders die Zeit mit Kai in Japan, wo wir unsere Forschungsprojekte vorstellen und diskutieren durften, haben die Zeit während der Promotion zu etwas ganz Besonderem gemacht.

Weiter möchte ich mich auch bei allen Beteiligten des Promotionsprogramms *GINT* für die gemeinsame Zeit bedanken. Die anregenden Diskussionen, die stets kritisch, aber immer konstruktiv waren, und der regelmäßige Austausch mit Gleichgesinnten war eine große Bereicherung für mich. Auch weil der Spaß mit den „GINTianern“ dabei nie zu kurz kam, waren die vielen Workshops, Seminare und Tagungen wirklich unvergesslich und stets ein Highlight.

Zuletzt möchte ich mich natürlich auch bei meiner Familie und meinen Freunden für all die Unterstützungen während dieser Zeit bedanken, in der sie mir stets den Rücken freihielten und mich in anstrengenden Phasen aufbauten. Sie standen immer an meiner Seite, wofür ich ihnen unendlich dankbar bin.

Zusammenfassung

Schülerlabore stellen einen wichtigen Teil der außerschulischen MINT-Bildungseinrichtungen dar. Wenngleich einige Erkenntnisse hinsichtlich der Wirkung von Schülerlaboren auf das situative Interesse und auf die Motivation zum wissenschaftlichen Arbeiten vorliegen, bestehen Forschungsdefizite bezüglich der ablaufenden kognitiven und motivationalen Prozesse, wenn sich Schüler/innen mit angebotenen fachlichen Inhalten auseinandersetzen. Weder ist bislang die komplexe Angebots-Nutzungs-Dynamik hinreichend modelliert worden, noch gibt es umfangreiche Forschung dazu, wie sich Schülerlaborangebote hinsichtlich spezifischer Bildungsziele weiterentwickeln lassen, indem empirische Daten einen Abgleich zwischen Zielen, Mitteln und Prozessen ermöglichen.

Daher verfolgt die vorliegende Studie in Kooperation mit den drei Schülerlaboren ZNT in Aurich, Lernort Technik und Natur in Wilhelmshaven und DLR_School_Lab in Bremen das Ziel, die Dynamik der Lehr- und Lernprozesse in Schülerlaboren aufzuklären und deren Angebote auf Basis der Erkenntnisse hinsichtlich von Bildungszielen sowie Zielen der Schülerlabore weiterzuentwickeln. Mittels eines fokussierenden, teilstrukturierten, qualitativen Leitfadeninterviews des pädagogischen Personals der Schülerlabore wird gezeigt, dass die Lernorte neben der Entwicklung von Interesse für MINT-Themen, dem authentischen Kontakt mit Wissenschaft und der „Begeisterung“ dafür durchaus auch das fachliche Lernen, das Verstehen von Kontexten wie der Nachhaltigkeitsdiskussion und das Herstellen von Zusammenhängen verfolgen. Um zu untersuchen, wie dies gelingt, wird ein Analysewerkzeug entwickelt, das eine Doppelfunktion erfüllen soll. Zum einen soll es ermöglichen, die didaktische Struktur der betrachteten Angebote zu analysieren, zum anderen, die ablaufenden Denk- und Lernprozesse der Schüler/innen empirisch zu erheben. Fokussiert wird dabei auf drei zentrale Dimensionen, die jeweils mit zwei Polen herausgearbeitet werden: auf die Orientierung der Angebote an Kontexten, die Integration von Problemlöseaufgaben und die Unterstützung der Autonomie der Schüler/innen. Sie lassen sich durch Konzepte allgemein akzeptierter Bildungskonzeptionen und auch durch die zum Ausdruck gebrachten Ziele der Lernortleitenden legitimieren. Die Pole der jeweiligen Dimensionen sind komplementär, denn Kontextualisierung und Dekontextualisierung haben beide ihre Bedeutung für das Lernen. Allein etwa die Forderung nach mehr Kontexten entspricht auch der Diskussion in den Fachdidaktiken nicht. Eine starke Selbstbestimmung etwa hilft nicht jeder Schülerin bzw. jedem Schüler. Nur offene Problemlöseaufgaben können manche Schüler/innen kognitiv überfordern.

Als Rahmenmodell für den Forschungsprozess wird der Ansatz des Design-based Research (DBR) gewählt (Reinmann, 2005), denn er erlaubt, vorhandene didaktische Designs wie etwa Angebote in Schülerlaboren datenbasiert und auf Basis von didaktischen Analysen weiterzuentwickeln. Zudem kann beim DBR spezifisches, generalisiertes Wissen über das Lernen und Agieren in Schülerlaboren gewonnen werden. Unter konstruktivistischer Perspektive ist die didaktische Struktur des Designs zunächst ein Angebot, das von den Schüler/innen genutzt wird, nicht aber zwangsläufig in der von den Laboren beabsichtigten Weise. Um das Verhältnis von Angebot und Nutzung zu beschreiben, ist das Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2012) in seiner Spezifizierung nach Meier (2015) herangezogen worden. An jedem der drei Lernorte ist je ein Angebot der Labore in einer SWOT-

Analyse fachdidaktisch auf Stärken und Schwächen hin analysiert worden. Mit Hilfe des im Rahmen dieser Studie entwickelten Analyseinstruments sind die Ausprägungen der Kontext-, der Problem- sowie der Autonomieorientierung und die damit verbundenen potenziellen kognitiven Verarbeitungsprozesse (vgl. Edelmann & Wittmann, 2012; Anderson, 2013) und potenziellen motivationalen Prozesse kategorisiert worden (vgl. Lewalter, 2009). Diese zunächst hypothetischen Stärken und Schwächen sind dann empirisch validiert worden, indem das Analyseinstrument verwendet wurde, um anhand empirischer Daten kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen zu rekonstruieren. Dazu ist ein Teil der Schüler/innen beobachtet und entlang eines teilstrukturierten Leitfadens im Sinne der ethnografischen Feldforschung zu ihren Aktivitäten, zu den von ihnen wahrgenommenen fachlichen Inhalten, zu den Zusammenhängen, die sie herstellen, und zu motivationalen Aspekten interviewt worden. Alle Schüler/innen haben zudem Pre-Post-Fragebögen zum Wissen und zur Einschätzung des Angebots bearbeitet.

Analyseergebnisse, empirische Ergebnisse und Überlegungen zu Zielen werden systematisch aufeinander bezogen, sodass Veränderungen der Angebote abgeleitet werden können. Es zeigt sich, dass an allen drei Orten ein Ungleichgewicht in der Ausrichtung der didaktischen Strukturierung hinsichtlich der Dimensionen Kontext- und Problemorientierung sowie hinsichtlich des selbstgesteuerten Lernens vorliegt, was sich negativ auf die kognitiven und motivationalen Prozesse der Schüler/innen auswirkt. Die daraus abgeleiteten Veränderungen des Angebotes werden gemeinsam mit den Lernorten umgesetzt und erneut empirisch begleitet. Generalisierend über alle drei Schülerlabore hinweg lässt sich zeigen, dass die neu eingestellte Balance in den drei Dimensionen bei den Schüler/innen zu einem besseren Verständnis der fachlichen Inhalte und Zusammenhänge führt. Außerdem wird ihre Motivation, sich mit den Aufgaben zu beschäftigen, bei gleichzeitiger Intensivierung der Selbstwirksamkeitswahrnehmung gesteigert.

Die Änderungen liegen bei allen drei Angeboten in den gleichen Bereichen. Erstens wird durch narrative Anker und eine stärkere Thematisierung der genutzten Kontexte die Bedeutung und Einordnung der einzelnen Aufgaben an den Laborvormittagen erhöht. Dekontextualisierende Phasen werden als solche betont. Zweitens werden verstärkt Problemlöseaufgaben eingebettet, die mit den Kontexten in Verbindung stehen. Instruktionsorientierte Aufgaben haben aber weiterhin auch als Mittel der Differenzierung ihre Bedeutung. Die Problemlöseaufgaben fordern kognitiv stärker heraus und erhöhen die Relevanzwahrnehmung der Aufgabenstellungen und die Wahrnehmung von Selbstwirksamkeit. Und drittens werden Phasen des selbstbestimmten Arbeitens mit den Problemlöseaufgaben explizit eingerichtet, die die Autonomiewahrnehmung und damit insgesamt die Motivation der Schüler/innen steigern. Fremdbestimmte Plenumsphasen behalten aber ihre Funktion darin, dass die Schüler/innen immer wieder zusammenkommen und ihre Aktivitäten auf das Gesamtziel des Laborvormittags beziehen.

Die Arbeit führt also im Sinne des genutzten Design-based Research-Ansatzes zu Optimierungen der Angebote. Gleichzeitig werden Ergebnisse auf drei Generalisierungsebenen (nach Reinmann, 2005) beschrieben. a) Bereichsspezifische Generalisierungen gelingen dadurch, dass Erkenntnisse über alle drei Lernorte gewonnen werden konnten, wie Lernangebote mit Hilfe der drei Dimensionen charakterisiert werden können und wie diese

hinsichtlich Kognitionen und Motivation von Schüler/innen genutzt werden. b) Auf der Ebene der „Design-Methodologien“ werden Erkenntnisse für die Zusammenarbeit von Forschenden und Praktiker/innen an den Lernorten gewonnen. c) Und auf der Ebene der „Design-Prinzipien“ werden Leitlinien für die Analyse und Weiterentwicklung von Angeboten formuliert, die sich wiederum auf die drei zentralen Dimensionen dieser Arbeit beziehen. Nachfolgend wird eine darauf aufbauende Handreichung für Schülerlabore entwickelt und ein Konzept für eine Fortbildung von pädagogisch Verantwortlichen entworfen.

Abstract

Student laboratories are important elements of non-formal STEM education. There is empirical evidence of their impact on situational interest and motivation to think and work scientifically. A lack of research can be found with regard to the cognitive learning processes taking place there. There is also little research on how to develop offerings and upskill the operators in student laboratories with respect to specific educational goals. Empirical data should be collected to compare goals, means and processes.

In cooperation with the three out-of-school student laboratories ZNT in Aurich, Lernort Technik und Natur in Wilhelmshaven and DLR_School_Lab in Bremen, this project aims to model the complex dynamics of students' interactions and cognitive processes, to generalize it and to further develop the laboratory offers based on empirical findings. By means of a focusing, semi-structured, qualitative guideline interview with the pedagogical staff of the student laboratories, it is shown that the learning locations pursue not only the development of interest in STEM-topics, but also the professional learning and the understanding of contexts such as the sustainability discussion. In order to investigate how this can be achieved, an analysis tool is developed that is intended to fulfil a dual function. On the one hand, it should allow to analyse the educational structure of the offers and on the other hand, it should empirically ascertain the learning processes of the students. The tool focuses on three central dimensions: the orientation of the offers to contexts, the integration of problem-solving tasks and the support of the students' autonomy. They can be legitimized by generally accepted educational concepts and also by the goals expressed by the leaders of the student labs. Each dimension has complementary poles. Contextualisation and decontextualisation both have their significance for learning. Self-determination alone does not help every single learner and open problem-solving tasks only can cognitively overwhelm some students.

Therefore the Design-Based Research (DBR) approach is chosen (Reinmann, 2005) as a frame. It allows existing educational designs, such as those offered in student laboratories, to be further developed on the basis of data and educational analysis. In addition, the DBR can provide specific, generalized knowledge about learning and working in student laboratories. It is based on a constructivist view of learning and cognitive processes. Accordingly, the educational structure of the learning environment does not deterministically lead to specific processes on the students' side. In order to describe the relationship between offer and use (actions and cognitions), the constructivist model "Angebot-Nutzungs-Modell" (Offer-Usage-Model, Helmke, 2012) is applied. The strengths and weaknesses of the educational structures of the learning environments of three student laboratories are analyzed with a SWOT analysis focusing on context and problem orientation as well as the support of autonomy and the potentially resulting cognitive (Edelmann & Wittmann, 2012; Anderson, 2013) and motivational (Lewalter, 2009) processes. In order to validate the analysis, ethnographical methods are used to observe students and question them by a structured guideline interview. Pre-post questionnaires survey the increase in knowledge and the students' evaluation of the offer.

According to the design-based research approach results are systematically correlated. Changes in the offers are derived when discrepancies between objectives and empirically recorded processes on the students' side become apparent. All three student laboratories show imbalance in the orientation of the educational structure with regard to the dimensions of context and problem orientation as well as with regard to self-directed learning, which has a negative effect on the cognitive and motivational processes of the students. The resulting changes in the offer are implemented together with the learning locations and again empirically monitored. Generalizing across all three student laboratories, it can be shown that the new balance in the three dimensions leads to a better understanding of the subject matter. In addition, their motivation to deal with the tasks as well as their perception of self-efficacy are increased.

The following changes within the offers are all in the same areas. Firstly, narrative anchors and a stronger focus on the used contexts increase the significance and classification of the individual tasks. Decontextualising phases are highlighted as such. Secondly, problem-solving tasks that are related to the contexts are embedded to a greater extent. Instruction-oriented tasks, however, continue to have their significance as a means of differentiation. The problem-solving tasks challenge the students and increase the perception of relevance of the tasks as well as the perception of self-efficacy. And thirdly, phases of self-determined working on the problem-solving tasks are explicitly established, which increase the students' perception of autonomy and thus their overall motivation. Externally determined plenary phases, however, retain their function in bringing the students together and relating their activities to the overall goal of the laboratory.

The changes lead to an optimization of the offerings. At the same time, results on three levels of generalization can be made (according to Reinmann, 2005). a) Area-specific generalizations are achieved by gaining insights into how learning offers can be characterized with the help of the three dimensions and how these are used by the students in terms of cognition and motivation. b) On the level of "design methodologies", insights are gained for the cooperation of researchers and practitioners at the learning locations. c) And at the level of "design principles", guidelines for the analysis and development of offers are formulated, which refer to the three central dimensions of this study. In the end, a handbook for student laboratories is developed based on these principles and a concept for further training of pedagogical responsible persons including practical phases will be designed.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Außerschulisches Lernen in Schülerlaboren erforschen	7
2.1	Außerschulische MINT-Bildung - Herausforderungen und Erwartungen	7
2.2	Schülerlabore als Teilphänomen der außerschulischen Angebote.....	12
2.3	Schülerlabore als Forschungsgegenstand und Stand der Forschung.....	14
2.4	Neuer Forschungsbedarf hinsichtlich der Prozessforschung	15
2.5	Forschungsorte	17
3	Analyseinstrument für Schülerlaborangebote entwickeln	21
3.1	Reflexion der Dimension informell – formal	22
3.2	Zwölf Dimensionen zur Charakterisierung von Lernangeboten in Schülerlaboren	24
3.3	Fokussierung auf die Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung	29
3.4	Erste Legitimation der Fokussierung auf drei Dimensionen: Bezug zu Bildungskonzeptionen	30
3.4.1	Problemorientierung.....	31
3.4.2	Autonomieorientierung	37
3.4.3	Kontextorientierung	44
3.4.4	Zusammenfassung.....	48
3.5	Zweite Legitimation der Fokussierung auf drei Dimensionen: Bezug zu Bildungszielen der Schülerlabore	48
3.5.1	Methodisches Vorgehen zur Erhebung der Sicht des Personals der Labore .	48
3.5.2	Auswertung der Interviews hinsichtlich der Sicht des Personals der Schülerlabore	50
3.5.3	Zusammenfassung.....	58
3.6	Entwicklung eines Analyseinstruments.....	58
3.6.1	Didaktisch-pädagogische Klärung der Konzepte Problem-, Kontext- und Autonomieorientierung	59
3.6.2	Ausdifferenzierung der drei Dimensionen.....	70

4	Entwicklung des Forschungsdesigns.....	79
4.1	Ausschärfung der Forschungsfragen	79
4.2	Ausformung des Forschungsrahmens: Angebots-Nutzungs-Relation im Design-based Research-Ansatz	80
4.2.1	Design-based Research.....	80
4.2.2	Angebots-Nutzungs-Modell	83
4.2.3	Zusammenführung: Angebot und Nutzung im DBR-Zyklus.....	84
4.3	Operationalisierung des dreidimensionalen Analyseinstruments	85
4.3.1	Analysefragen hinsichtlich der Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung der Angebotsstruktur	86
4.3.2	Analyse hinsichtlich potenziell ablaufender kognitiver Verarbeitungsprozesse.....	87
4.3.3	Analyse hinsichtlich potenziell ablaufender motivationaler Prozesse	90
4.3.4	Zusammenfassung: Operationalisiertes Analyseinstrument	91
4.3.5	Fachdidaktische SWOT-Analyse und empirisch gestützte didaktische Restrukturierung	92
4.4	Nutzungsstruktur empirisch untersuchen – die eingesetzten Erhebungsinstrumente	94
4.4.1	Teilnehmende Beobachtung.....	95
4.4.2	Teilstrukturiertes Interview im Anschluss an den Schülerlaborbesuch	99
4.4.3	Pre-Post-Fragebögen	100
5	Analysen und empirische Untersuchungen – DBR-Zyklus 1.....	103
5.1	Skizzierung der Sichtstruktur der drei zu analysierenden Schülerlaborangebote	103
5.1.1	Segmente des Angebotes „Solarboot“ des Lernorts Technik und Natur.....	104
5.1.2	Segmente des Angebotes „Lass die Sonne an Board“ des ZNT	106
5.1.3	Segmente des Angebots „Marsmission“ des DLR_School_Lab	107
5.2	Datensammlung, -aufbereitung und -bewertung.....	109
5.2.1	Stichprobe	109
5.2.2	Datenumfang und -aufbereitung.....	109
5.2.3	Studiengüte	111
5.3	Exemplarische Analyse des Segments „Elektrische Schaltungen am Steckboard“ (Lernort Technik und Natur)	112

5.3.1	Aufgabenstellungen im Segment 3:	112
5.3.2	Analysedimension Kontextorientierung	113
5.3.3	Analysedimension Problemorientierung	122
5.3.4	Analysedimension Autonomieorientierung	129
5.4	Weitere Auszüge von SWOT-Analysen aller drei Orte	150
5.4.1	Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Kontextorientierung	150
5.4.2	Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Problemorientierung	158
5.4.3	Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Autonomieorientierung	167
6	Bereichsspezifische Generalisierung der Angebots-Nutzungs-Strukturen in den drei Schülerlaborangeboten (DBR-Zyklus 1)	175
6.1	Generalisierungen hinsichtlich der Dimension Kontextorientierung	175
6.2	Generalisierungen hinsichtlich der Dimension Problemorientierung	179
6.3	Generalisierungen hinsichtlich der Dimension Autonomieorientierung ...	181
6.4	Fazit zur bereichsspezifischen Generalisierung	184
7	Generalisierung der Kooperation zwischen Lernorten und Forschenden – Die „Design-Methodologien“	185
7.1	Prozess der Zusammenarbeit während der Weiterentwicklung	186
7.1.1	Teilphase: Gemeinsames Brainstorming nach der Datenaufnahmen des ersten Zyklus	187
7.1.2	Teilphase: Präsentation der Ergebnisse der SWOT-Analyse und der empirischen Daten sowie Diskussion einer Angebotsvariante	188
7.1.3	Teilphase: Kommunikation zur gemeinsamen Weiterentwicklung und Ausdifferenzierung des Vorschlages	190
7.2	Reaktionen der Mitarbeitenden in der Teilphase „Diskussion der neuen Angebotsvariante“	191
7.2.1	Beispielhafter Verlauf des Treffens zur Präsentation der SWOT-Analysen .	191
7.2.2	Verschiedene Rollen in der Zusammenarbeit	193
7.2.3	Reflexion der Mitarbeitenden über den gesamten Prozess der Zusammenarbeit	194
7.3	Fazit zur Generalisierungsebene Design-Methodologien	196

8	Re-Design der drei Schülerlaborangebote	199
8.1	Darstellung der Änderungen der drei Dimensionen im Angebot „Solarboot“ des Lernorts Technik und Natur	200
8.2	Darstellung des Angebotes „Lass die Sonne an Board“ des ZNT:.....	206
8.3	Darstellung des Angebotes „Marsmission“ des DLR_School_Lab:	209
9	Analysen und empirische Untersuchungen – DBR-Zyklus 2.....	213
9.1	Exemplarische Analyse des Segments „Elektrische Schaltungen am Steckboard“ (Lernort Technik und Natur)	213
9.1.1	Aufgabenstellungen im Segment 3:	214
9.1.2	Analysedimension Kontextorientierung	215
9.1.3	Analysedimension Problemorientierung:.....	225
9.1.4	Analysedimension Autonomieorientierung:	236
9.2	Weitere Auszüge der SWOT-Analysen der veränderten Angebote aller drei Orte	247
9.2.1	Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Kontextorientierung.....	248
9.2.2	Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Problemorientierung.....	255
9.2.3	Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Autonomieorientierung.....	274
10	Bereichsspezifische Generalisierung der Angebots-Nutzungs-Strukturen in den drei Schülerlaborangeboten (DBR-Zyklus 2).....	281
10.1	Generalisierungen hinsichtlich der Dimension Kontextorientierung	281
10.2	Generalisierungen hinsichtlich der Problemorientierung	284
10.3	Generalisierungen hinsichtlich der Autonomieorientierung.....	287
10.4	Fazit zu bereichsspezifischen Generalisierungen	289
11	Generalisierungsebene Design-Frameworks – Leitlinien für die Gestaltung von Schülerlaborangeboten	291
11.1	Leitlinien der Kontextorientierung	292
11.2	Leitlinien der Problemorientierung	293
11.3	Leitlinien Autonomieorientierung	294

12	Verwertung und Nutzen der gewonnenen Erkenntnisse.....	297
12.1	Nutzen für die Methodik fachdidaktischer Forschung.....	297
12.1.1	Nutzen für die Modellierung von Prozessen in Lehr-Lern-Sequenzen	297
12.1.2	Design-based Research als Ansatz für fachdidaktische Analysen und Entwicklungen außerschulischer Lernorte	300
12.2	Nutzen für die Weiterentwicklung von Schülerlaboren.....	303
12.2.1	Anwendung des Analyseinstruments auf weitere Schülerlaborangebote ..	303
12.2.2	Handreichung zur Selbstreflexion für Schülerlabore	306
12.2.3	Fortbildungskonzept für pädagogisch Verantwortliche in Schülerlaboren .	309
13	Resümee, Begrenzungen und Ausblick.....	315
14	Verzeichnisse	321
14.1	Abbildungsverzeichnis	321
14.2	Tabellenverzeichnis	322
14.3	Literaturverzeichnis.....	325
15	Anhang	343

1 Einleitung

Außerschulisches Lernen hat in den letzten Jahren sehr an Bedeutung zugenommen. Dies ist auf mehrere Gründe zurückzuführen. Die Lebenswelt und die Arbeitskontexte werden komplexer und die Gesellschaft differenziert sich aus, sodass erweiterte Bildungsaufgaben wie das Lebenslange Lernen und die Orientierung an Kompetenz allein durch schulische Bildung nicht zu bewältigen sind (vgl. Rohs, 2016; Harring, Witte & Burger, 2016). Im MINT-Bereich hat sich eine Vielfalt von Lernstandorten herausgebildet, zu denen Science Center, Nationalparkhäuser, Regionale Umweltbildungszentren und insbesondere auch Schülerlabore zählen. Insbesondere Letztere haben sich in der außerschulischen Naturwissenschaftsbildung etablieren können (vgl. Euler, 2005). Wenngleich diskutiert wird, dass Schülerlabore oft vor allem Defizite schulischer Bildung ausgleichen (vgl. Prenzel, Ringelband & Euler, 2001), werden Besuche in Schülerlaboren von Lehrkräften und Schüler/innen gleichermaßen als attraktiv wahrgenommen, weil die Andersartigkeit dieser Orte, an denen eine hohe Eigenaktivität versprochen wird, einen Beitrag zu einer Scientific Literacy bieten kann (Schmidt, Di Fuccia & Ralle, 2011; Haupt, Domjahn, Martin, Skiebe-Corrette, Vorst, Zehren & Hempelmann, 2013). Studien belegen, dass von Schülerlaboren gewisse Wirkungen auf das situative Interesse und auf die Motivation zum wissenschaftlichen Denken und Arbeiten ausgehen können (Engeln, 2004; Scharfenberg, 2005; Glowinski, 2007; Guderian, 2007; Pawek, 2009; Weßnigk, 2013). Andere behaupten, dass Schülerlabore in ihrer Wirksamkeit deutlich überbewertet sind (Nickolaus & Mokhonko, 2017). In dieser Situation ist zu bemerken, dass die kognitive und motivationale Dynamik bei der Auseinandersetzung von Schüler/innen mit den Angeboten in Schülerlaboren noch wenig untersucht ist. In Schülerlaboren gibt es ein komplexes Geflecht aus eingesetzten Kontexten, Aufgabenstellungen und Abläufen, die ineinandergreifen und bestimmte kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen anregen können oder auch verhindern. Inwiefern und welche Wahrnehmungs-, Denk- und Lernprozesse in Schülerlaboren ablaufen und inwieweit diese mit den erwarteten Zielen der Anbieter übereinstimmen, ist empirisch bislang kaum erforscht worden (Clausen, 2015; vgl. auch Schmidt et al., 2011; Di Fuccia et al., 2005). Kenntnisse hierüber sind aber notwendig, wenn die Angebote genauer verstanden, modelliert und ggf. datenbasiert weiterentwickelt werden sollen, um den Nutzen der Schülerlabore als eigenständige Lernangebote und als Ergänzung zur Schule zu erhöhen.

Hier setzt das vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) geförderte Promotionsprogramm „MINT-Lernen in informellen Räumen“ an, für das das Akronym GINT steht, weil neben den naturwissenschaftlich-technisch Fachdidaktiken auch die Geografiedidaktik und mittlerweile auch die Philosophiedidaktik und die Politikdidaktik mitwirken. Da außerschulische Lernorte oftmals interdisziplinär arbeiten, ist das Fächerspektrum gut begründbar, das um Bildungswissenschaften noch ergänzt ist. Das

Promotionsprogramm verfolgt das Ziel, die ablaufenden kognitiven und motivationalen Prozesse an außerschulischen Lernorten zu untersuchen und die Entwicklung und Vernetzung regionaler Lernorte und ihrer Einbettung in schulische Kontexte zu unterstützen sowie geeignete Untersuchungsinstrumente dafür zu adaptieren und ggf. neu zu entwickeln (vgl. Komorek & Röben, 2018).

Auch die vorliegende Arbeit ist Teil des Promotionsprogramms GINT. Sie verfolgt das Ziel, die komplexe Dynamik in MINT-Schülerlaboren aufzuklären und dabei zu modellieren, wie die Charakteristika der Angebote die Schüler/innen zu kognitiven Verarbeitungen anregen und wie sie die Motivation der Schüler/innen beeinflussen, sich mit den Inhalten und Kontexten des Schülerlaborbesuchs zu befassen. Die Arbeit bleibt aber nicht bei der Erkenntnisgewinnung stehen, denn die Angebote von Schülerlaboren sollen auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse auch weiterentwickelt werden. Allgemein diskutierte Bildungskonzeptionen werden herangezogen, um über die Entwicklungsrichtung zu entscheiden, denn nicht nur sollen die Angebote hinsichtlich kognitiver und motivationaler Prozesse optimiert werden, sondern auch das Spektrum der Ziele der Schülerlabor soll ggf. erweitert werden. Als ein methodisch-theoretischer Rahmen wird der Design-based Research-Ansatz nach Reinmann (2005) herangezogen, der zwei Zielrichtungen verfolgt: Erstens sollen Designs, hier also die didaktischen Strukturen von Schülerlaboren, in einem rekursiven Prozess weiterentwickelt werden, sodass eine Verbesserung bzw. Erweiterung der Bildungsrealität in Schülerlaboren erreicht wird. Und zweitens sollen Generealisierungen auf drei Ebenen erzielt werden, hinsichtlich des bereichsbezogenen Lernens im Schülerlabor, hinsichtlich der Zusammenarbeit von Forschenden und Praktiker/innen der Schülerlabore („Design-Methodologien“) und hinsichtlich der Formulierung von didaktischen Strukturierungen für Schülerlabore („Design-Prinzipien“).

In der vorliegenden Studie wird dabei auf drei Charakteristika von Schülerlaborangeboten fokussiert, auf die Kontextualisierung der Laborangebote, auf die Einbettung von Problemlöseaufgaben und auf die Unterstützung von autonomen Entscheidungen der beteiligten Schüler/innen. Diese Charakteristika werden als Dimensionen herausgearbeitet, hinsichtlich derer Laborangebote eingeordnet, analysiert und verändert werden können und hinsichtlich derer die Prozesse auf Schüler/innenseite empirisch untersucht werden können. Die drei Dimensionen lassen sich durch aktuelle Bildungskonzeptionen und durch die selbst gesteckten Ziele von Schülerlaboren legitimieren. So wird in der vorliegenden Studie der Frage nachgegangen, wie sich die Schülerlaborangebote in den drei Dimensionen fachdidaktisch charakterisieren lassen und welche Stärken und Schwächen sich dabei offenbaren. Mit Hilfe des konstruktivistischen Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2012) wird weiterhin geklärt, wie die Schülerlaborangebote von den Schüler/innen genutzt werden und welche Wahrnehmungs-, Denk- und Lernprozesse angeregt oder auch gebremst werden. Die kognitiven und motivationalen Prozesse der Schüler/innen stehen dabei im Fokus, bevor auf Basis von analytischen und empirischen Ergebnissen Laborangebote variiert und erneut erprobt werden.

Um diese Aufgaben zu erfüllen, ist in dieser Arbeit ein Analyseinstrument entwickelt worden, das auf den drei Dimensionen fußt. Angebots- und Nutzungsprozesse können dadurch miteinander verglichen und abgeglichen werden. Im Sinne des Design-based Research-

Ansatzes werden zwei Erhebungszyklen durchlaufen. Um dieses Vorhaben umzusetzen, ist eine Kooperation mit drei Schülerlaboren in der Region Nordwest Niedersachsen eingegangen worden, mit dem Zentrum für Natur und Technik im Energie-, Bildungs- und Erlebnis-Zentrum in Aurich, mit dem Lernort Technik und Natur in Wilhelmshaven und mit dem DLR_School_Lab in Bremen, einer Einrichtung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt. Diese drei Orte waren dankenswerterweise bereit, ihre Labore für diese Studie zu öffnen und sich selbst der Zusammenarbeit mit Forschenden der Universität, insbesondere mit der Autorin.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in dreizehn inhaltliche Kapitel, die in Abbildung 1.1 schematisch dargestellt sind. In dieser Darstellung wird die Ausrichtung jedes Kapitels veranschaulicht, je nachdem ob es im Design-based Research-Prozess einen analytischen bzw. empirischen Charakter aufweist, ob im Kapitel Generalisierungen präsentiert werden, ob die Entwicklungsarbeiten dargestellt werden oder ob es um die Verwertung der Ergebnisse geht. Das folgende **zweite Kapitel** erläutert Gründe für eine außerschulische naturwissenschaftliche Bildung und zeigt auf, wie sich Schülerlabore in dieser Szene positionieren. Es wird beschrieben, welche Erwartungen an Schülerlabore gestellt werden und welche Erkenntnisse es bereits aus vorherigen Studien gibt, um daran den Bedarf weiterer Forschung bezüglich ablaufender Lehr-Lernprozesse abzuleiten. Im **dritten Kapitel** wird die Konstruktion des bereits skizzierten Analyseinstruments vorgestellt, welches es erlaubt, die Komplexität der Prozesse des Anbietens von MINT-Inhalten und -Methoden sowie Prozesse der Nutzung dieser Angebote auf Schülerseite zu modellieren. Hierbei wird auf die drei Analysedimensionen der Kontextualisierung, der Integration von Problemlöseaufgaben und der Unterstützung von Autonomie fokussiert, die durch aktuelle Bildungskonzeptionen sowie Ziele der Schülerlabore legitimiert werden. In der weitergehenden Operationalisierung der drei Dimensionen werden Kategorien für kognitive und für motivationale Prozesse aufgemacht.

Im **vierten Kapitel** wird demonstriert, wie auf Basis dieser Überlegungen ein Forschungsprozess gestaltet worden ist und wie darin bestimmte Forschungsmodelle und Forschungsmethoden zur Anwendung gekommen sind. Außerdem werden die konkreten Erhebungsinstrumente vorgestellt und begründet. Dazu wird ausgeführt, wie der Ansatz des Design-based Research (DBR) als Rahmenmodell für den Forschungsprozess mit dem Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke verknüpft wird. Der folgende dreischrittige Analyseprozess wird skizziert: Zuerst wird die fachdidaktische Struktur der drei Schülerlaborangebote im Sinne einer SWOT-Analyse analysiert, um Stärken und Schwächen der Strukturen herauszuarbeiten und potenziell ablaufende Prozesse zu skizzieren. Diese Analyseergebnisse werden empirisch validiert, indem die Angebote im zweiten Schritt eng begleitet und Interview- und Beobachtungsdaten gesammelt werden. Im abschließenden dritten Schritt werden aus dem Abgleich der ersten beiden Ergebnisbereiche Konsequenzen für eine Änderung der Angebotsstruktur formuliert.

Dieses Vorgehen wird im **fünften Kapitel** auf die drei kooperierenden Schülerlaborangebote angewendet. Hier werden die SWOT-Analysen und anschließende empirische

Validierungen von Stärken und Schwächen der didaktischen Strukturierung sowie daraus abgeleitete Änderungsideen exemplarisch dargestellt. Auf dieser Grundlage werden im **sechsten Kapitel** Generalisierungen bezüglich ablaufender Angebots-Nutzungsprozesse in Schülerlaboren dargestellt, sodass Kategorien von Änderungsbedarfen der Schülerlaborangebote aufgestellt werden können. Wie in Kooperation und im diskursiven Austausch mit den Schülerlaborverantwortlichen Veränderungen der didaktischen Strukturierungen erreicht und ausgehandelt werden, wird im **siebten Kapitel** beschrieben. Diese Prozesse stellen ebenfalls eine Generalisierung in Form der „Design-Methodologien“ des DBR-Prozesses dar. Konkrete Hinweise für weitere Konsortien aus Forschenden und Praktiker/innen werden hier in Verallgemeinerung der Erfahrungen mit drei Schülerlaboren gegeben.

Im **achten Kapitel** wird der Entwicklungsanteil der Arbeit dargestellt und die konkreten Veränderungen an den drei Lernorten werden begründet. Kreative Elemente wie insbesondere narrative Anker und herausfordernde Problemlöseaufgaben, die nicht deterministisch aus den Veränderungsbedarfen abzuleiten waren, werden vorgestellt. Das weiterentwickelte Angebot wird im **neunten Kapitel** erneut einer SWOT-Analyse und einer empirischen Validierung unterzogen. Stärken und Schwächen des veränderten Angebots werden wiederum herausgearbeitet und Effekte der Weiterentwicklungen werden exemplarisch aufgezeigt. Generalisierende Ergebnisse der Angebots-Nutzungs-Prozesse werden in **Kapitel zehn** dargestellt, um die Frage zu beantworten, inwiefern nach Änderungen am komplexen Design Effekte beim Denken und Lernen der Schüler/innen aus den empirischen Daten rekonstruiert werden können. Auf Grundlage beider DBR-Zyklen werden im **elften Kapitel** Leitlinien für fachdidaktische Strukturierungen in kontext-, problem- und autonomieorientierten Schülerlaborangeboten formuliert, die eine dritte Ebene der Generalisierung („Design-Prinzipien“) darstellen.

Das **zwölfte Kapitel** geht auf die Verwertung der Ergebnisse ein. Neben den drei optimierten Laborangeboten lassen sich aufgrund der Generalisierungen Ableitungen für weitergehende Forschungen formulieren. Außerdem wird eine Handreichung für Schülerlabore skizziert, die ihnen dabei helfen soll, sich selbst zu evaluieren, zu reflektieren und veränderte Angebote zu erproben. Weitergedacht wird außerdem eine Fortbildung entworfen für pädagogisch Verantwortliche in Schülerlaboren. Diese basiert auf den Ergebnissen der vorliegenden Studie und nutzt Ideen der Fortbildungsforschung dazu, wie Praxisphasen in die Fortbildung integriert werden können. **Kapitel 13** schließt die Studie, indem auch kritisch die Begrenzungen derselben diskutiert und davon ausgehend in einem Ausblick weitere Forschungsperspektiven abgeleitet werden.

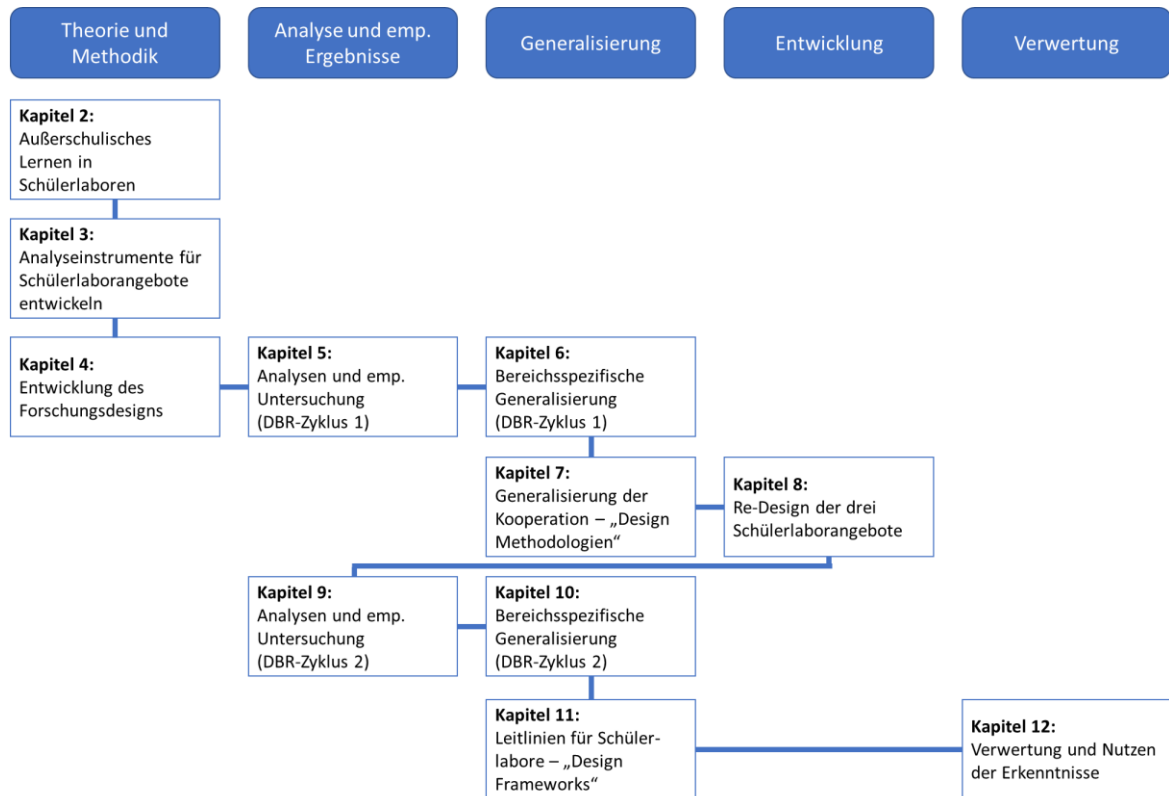


Abbildung 1.1 Struktur der Arbeit und Ausrichtung der Kapitel

2 Außerschulisches Lernen in Schülerlaboren erforschen

Dieses Kapitel nähert sich dem Forschungsfeld der vorliegenden Arbeit und soll das empirische Vorgehen in den weiteren Kapiteln begründen. Bevor dargestellt wird, welcher Forschungsbedarf an Schülerlaboren hinsichtlich der dort ablaufenden kognitiven und motivationalen Prozesse besteht, werden Schülerlabore als besondere Ausprägung der außerschulischen MINT-Bildung skizziert. Ausgeführt wird, wie Schülerlabore speziell Schulklassen adressieren, welche Tätigkeiten dort angeboten und unterstützt werden und wer die Anbietenden der Schülerlabore sind. Einleitend wird in diesem Kapitel erläutert, welche Bedeutung das außerschulische Lernen in der MINT-Bildungslandschaft erlangt hat und welche Gründe dafür konstatiert werden können. Im Weiteren wird der Forschungsbedarf dargestellt und der mit drei Schülerlaboren für diese Studie geschaffene Ausschnitt aus dem Forschungsfeld.

2.1 Außerschulische MINT-Bildung - Herausforderungen und Erwartungen

Außerschulisches Lernen hat in den letzten Jahren sehr an Bedeutung gewonnen. Während nach traditioneller Lesart die Schule als Ort von Bildungs- und Lernprozessen gilt, wird seit Jahren vermehrt auf das Potential von außerschulischen Lernorten hingewiesen sowie „das Zusammenspiel unterschiedlicher Akteure in Bildungslandschaften“ (Rauschenbach, 2015, S. 53) betont. Während der Schule das formale Lernen zugeordnet wird, werden im Zusammenhang mit außerschulischen Lernorten die Besonderheiten des non-formalen und informellen Lernens diskutiert (siehe Kapitel 3.1). Vielfältige Definitionsversuche existieren; Messmer, von Niederhäusern, Rempfler und Wilhelm (2011) propagieren ein relativ weites Verständnis von außerschulischen Lernorten, das allerdings „Lernstandorte“, also absichtlich für das außerschulische Lernen eingerichtete Lernorte, nicht extra ausweist:

„[Außerschulische Lernorte sind] Orte ausserhalb des Schulhauses, an denen Personen jeglichen Alters im Rahmen formaler, non-formaler oder informeller Bildung lernen können. Konstitutiv für diese Lernorte ist die Möglichkeit der unmittelbaren Begegnung mit einem Lerngegenstand und/oder Sachverhalt. Ausserschulisches Lernen findet statt, wenn solche Begegnungen – bewusst oder unbewusst – in den Lernprozess integriert sind und zu einem Kompetenzerwerb beitragen. [...] Als ausserschulische Lernorte eignen sich auch Orte, an denen Lerngegenstände bzw. Sachverhalte dekontextualisiert und in künstlicher Umgebung vorliegen (Museen, historische Archive). Ausserschulische Lernorte lassen sich weiter nach dem Grad der methodisch-didaktischen Aufbereitung unterscheiden. Die Spannbreite reicht von fehlender Didaktisierung (bspw. Altstadt, Wirtschaftsbetrieb) bis zu Lernorten, die eigens für das Lernen geschaffen werden (Science Center, Lehrpfad, Lernlabor etc.).“ (S. 7)

Herausforderung Erweitertes Bildungsverständnis

Zum Anstieg der Bedeutung außerschulischen Lernens als Ergänzung zum formalen Lernen in der Schule wird in Sammelwerken zum informellen Lernen (vgl. Rohs, 2016 sowie Haring, Witte & Burger, 2016) betont, dass „[i]nsbesondere vor dem Hintergrund des lebenslangen Lernens und der Kompetenzorientierung [...] dem informellen Lernen in den letzten Jahren verstärkt Beachtung entgegengebracht [wird].“ (Rohs, 2016, S. V). Die Bedeutung außerschulischer Lernorte ist unter anderem auf erweiterte Bildungsaufgaben zurückzuführen, die sich aus einer komplexer werdenden Lebens-, Arbeits-, Gesellschafts- und Medienumwelt ergeben. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF, 2001) unterstützt diese Sichtweise und führt dies wie folgt aus:

„Im Bildungsbereich genügt es angesichts dieser neuen Anforderungssituationen einer erweiterten Umwelt nicht mehr, sich eine Fülle von curricularem Fachwissen auf Vorrat anzueignen. Denn das jeweils benötigte Problemlösungswissen kann nicht im Voraus als fester Kanon lehrend übermittelt und gelernt werden. Es muss weitgehend von den Betroffenen selbst erst auf akute Umweltsituationen und eigene Bedürfnisse, Voraussetzungen und Zielsetzungen bezogen und jeweils in akuten Handlungszusammenhängen bedarfsgerecht strukturiert, kombiniert und zugespitzt werden. [...] Es gibt weltweit berechtigte Zweifel, ob diesen veränderten und erweiterten Lernanforderungen in einer schwierigen Transformationssituation allein in schulischen Lernformen zureichend entsprochen werden kann. Und es wächst die Überzeugung, dass dazu die ganze Breite menschlicher Lernmöglichkeiten, Lernformen und Lernorte in der gesamten Umwelt mobilisiert und einbezogen werden muss.“ (S. 14 ff.)

Die komplexen Lernanforderungen können also nicht allein durch die Schule erfüllt werden. So zeigen internationale Leistungsstudien und nationale Surveys (vgl. Rauschenbach, 2013), dass die Schule auch mit der Unterstützung durch Familien nicht garantieren kann, genügend Gelegenheiten, Anregungen und Chancen zu bieten, um einer solch umfassenden Bildung gerecht zu werden. Deswegen wird diskutiert (vgl. Rohs, 2016, S. VI), eine Breite an menschlichen Lernmöglichkeiten, Lernformen und Lernorten zu mobilisieren und somit dem außerschulischen Lernen eine bedeutende Rolle zuzuweisen. „Das informelle Lernen tritt dabei als Hoffnungsträger auf, der Antworten auf die Fragen und Probleme bietet, mit denen das Bildungssystem aktuell konfrontiert ist, wie z. B. veränderte und dynamische Kompetenzanforderungen oder das schnelle Wachstum und der permanente Aktualisierungsbedarf des Wissens.“ (ebd, S. VI). Weiter beschreibt Rohs, dass informelle und formale Lernprozesse vor dem Hintergrund der Kompetenzorientierung als komplementäre Bestandteile des Lernens gesehen werden müssen (vgl. ebd.). Es kann diskutiert werden, dass sich aufgrund dieser veränderten Bedingungen ein Markt an außerschulischen Lernmöglichkeiten gebildet hat. Mit Science Centern, Museen, Nationalparkhäusern, Schülerlaboren und anderen Lernorten ist die Hoffnung verknüpft, dort Lernsituationen zu schaffen, in denen vorwiegend alltagsweltliche Phänomene untersucht werden können, wobei besonders das anwendungsorientierte, kooperative und selbstgesteuerte Lernen angeregt wird und verschiedene Wahrnehmungskanäle genutzt werden sollen (vgl. Sauerborn & Brühe, 2012, S. 13-14; Burk, Rauterberg & Schönknecht, 2008). Somit wird dem außerschulischen Lernen „ein Potential zur Überwindung von Fächergrenzen und eine

methodische Offenheit (u.a. entdeckendes Lernen, offener Unterricht, situiertes Lernen, Stationen-Lernen, Freiarbeit und Projektmethode)“ (Erhorn & Schwier, 2016, S. 8) zugeschrieben, welche den komplexen Anforderungen des 21. Jahrhunderts gerecht werden könnten.

Herausforderung Lebenslanges Lernen

Diese Eigenschaften einer Lernsituation sind nach Rohs (2016) auch für das Lebenslange Lernen von großer Bedeutung. Durch die unetige und komplexe Umwelt sei es wichtig, dass Menschen immer wieder durch Lernen um Klarheit, Verständnis, Orientierung und eine vernünftige Urteilsbildung bemüht sind (vgl. ebd., S. V). Dies darf keineswegs am Ende der Schullaufbahn beendet sein, sondern sie müssen sich lebenslang „in einem schwierigen Wandel ihrer Umwelt durch ein breites vielfältiges Lernen als eigene Person mit eigenem Urteil und eigenem Gewissen zu behaupten, zu entwickeln und in ihrer Umwelt zu positionieren versuchen.“ (BMBF, 2001). Außerschulische Lernorte stellen dabei Möglichkeiten des Weiterlernens im Erwachsenenalter dar, sodass diese hier sehr wichtig sind. Dabei betont Rohs (2016), dass auch die Nutzung der Lernorte während der Schulzeit eine wichtige Rolle spielt. Denn das Erleben von unterschiedlichen Bildungsaktivitäten während der Schulzeit führt zu einer höheren Relevanzwahrnehmung für weitere Lernaktivitäten im höheren Lebensalter, was in Studien belegt wurde (Alheit & Dausien, 2007; Schmidt 2010). Aus Gründen der Kompetenzorientierung in einer komplexer werdenden Welt und des Bedarfs des Lebenslangen Lernens fordert das BMBF, dass außerschulische Lernorte gezielt in den Schulunterricht integriert werden, um eine breite, lebenslange Wissens- und Kompetenzentwicklung der Schüler/innen aufzubauen und so ein Zurechtkommen und verantwortungsvolles Handeln in der immer komplexer werdenden Umwelt zu unterstützen (vgl. BMBF, 2001, S. 17).

Außerschulische Lernorte im MINT-Bereich sind an dieser Stelle hervorzuheben, denn insbesondere im naturwissenschaftlichen Bereich sind neue Schlüsselprobleme angesiedelt wie dem Leben im Klimawandel oder die sich wandelnde Entwicklung neuer Technologien, die einen interdisziplinären, kreativen und flexiblen Zugang erfordern (vgl. Dähnhardt, Haupt & Pawek, 2009). Gerade technologische Entwicklungen haben dabei eine große gesellschaftliche Bedeutung, wobei sich die Gesellschaft immer wieder neu positionieren muss und dabei das naturwissenschaftliche Grundverständnis des Einzelnen benötigt. Die naturwissenschaftliche Grundbildung zählt somit zu den Voraussetzungen einer gesellschaftlichen Teilhabe und einer reflektierten Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen (Schiepe-Tiska, Rönnebeck, Schöps, Neumann, Schmidtner, Parchmann & Prenzel, 2016). Eine lebenslange Auseinandersetzung mit (natur-)wissenschaftlichen Fragestellungen bildet dabei die Basis (Prenzel & Ringelband, 2001). Gleichzeitig gibt es in der MINT-Bildung Defizite, wie internationale Vergleichsstudien zeigen. TIMMS und PISA machten und machen deutlich, dass deutsche Schüler/innen Ziele der naturwissenschaftlichen Grundbildung nicht in allen Bereichen erreichen (Prenzel et al., 2007). So hatten und haben sie Schwierigkeiten, naturwissenschaftliche Arbeitsformen anzuwenden, mit Modellen umzugehen sowie naturwissenschaftliche Probleme zu lösen. Auch wenn sich die entsprechenden Leistungen positiv entwickelt haben und die deutschen Schüler/innen im

Bereich naturwissenschaftlicher Kompetenz nun über dem OECD-Mittelwert liegen, gibt es noch immer Entwicklungspotentiale (Schiepe-Tiska, Rönnebeck, Schöps, Neumann, Schmidtner, Parchmann & Prenzel, 2016).

Herausforderung, Interesse und Motivation zu wecken und zu halten

Außerschulische Lernorte bedienen auch den Bedarf, für MINT-Fächer zu motivieren, denn die Motivation und das Interesse an den Fächern ist weiterhin sehr gering. 40 % der Schüler/innen im Allgemeinen geben an, kein oder nur ein sehr geringes Interesse an Naturwissenschaften zu haben (Schiepe-Tiska, Simm & Schmidtner, 2016). Es zeigt sich sogar ein negativer Interessensverlauf bezüglich naturwissenschaftlicher Fächer über die Schulkarriere hinweg, obwohl die Relevanzwahrnehmung der Fächer steigt (Krapp & Prenzel, 2011). Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass der Naturwissenschaftsunterricht durch eine starke Fremdsteuerung, einen sehr theoretischen Zugang sowie fehlenden Bezügen zur Lebenswelt für die Schüler/innen sehr abstrakt, anspruchsvoll, trocken und starr erscheint (Euler, 2009; Prenzel & Ringelband, 2001). Dies führt dazu, dass Physik und Chemie in vielen europäischen Ländern zu den unbeliebtesten Fächern gehören (Merzyn, 2008). Dies wird durch die Europäische Kommission bestätigt, die die Art und Weise der Unterrichtsgestaltung als Kernursache dieses negativen Bildes von Naturwissenschaften bezeichnet (Rocard, 2007). Sie fordern, dass der Unterricht problembasiert und forschungsorientiert gestaltet wird, Gruppenarbeiten unterstützt und Zusammenhänge zum Alltag hergestellt werden. Außerschulische Lernorte setzen hier an und versuchen dieser geringen Attraktivität des naturwissenschaftlichen Unterrichts entgegenzuwirken und den schulischen Unterricht bei der Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu unterstützen (vgl. Rennie & Williams, 2006; Neubauer, 2015). Durch einen praxisorientierten, offeneren Zugang sollen außerschulisch die Motivation sowie das Interesse gefördert und dazu angeregt werden, sich mit naturwissenschaftlichen Themen zu befassen (Hobben-siefken, 2010). Indem Erfahrungen an den außerschulischen Lernorten in den Unterricht integriert werden, soll den Defiziten der Schule entgegengewirkt werden. So wird beispielsweise in einer Empfehlung der Kultusministerkonferenz (Kultusministerkonferenz, 2009) gefordert:

„Berufs- und Studienorientierung in den Schulen [ist] z. B. durch das Angebot naturwissenschaftlich-technischer Praxis- oder Labortage, durch naturwissenschaftlich-technische Praktika, durch regelmäßige Besuche von Schüler- oder Mitmachlaboren [zu] fördern.“ (S. 5)

Dies ist von besonderer Bedeutung für die Berufswahl, da Studien gezeigt haben, dass gerade die Studienwahl mit der empfundenen Unterrichtsqualität eng zusammenhängt (Heine, Engeln, Kerst, Müller & Park, 2006). Durch den Einbezug von außerschulischen Lernorten in den naturwissenschaftlichen Unterricht ist somit indirekt auch das Problem des Fachkräftemangels im MINT-Bereich adressiert. Die Außerschulischen Lernort-Besuche sollen dazu beitragen, das eigene Bild des Faches zu überdenken und die Attraktivität zu steigern, indem sie Schüler/innen darin unterstützen, sich dort als selbstwirksam wahrzunehmen. Biermann et al. (2009) betonen, dass Schüler/innen dort technische und naturwissenschaftliche Berufsfelder kennenlernen und sich ausprobieren können. So sollen die

Lernorte „helfen, positive Erlebnisse zu bereiten und Selbstbewusstsein zu schaffen“ (Biermann et al., 2009, S. 154).

Herausforderung, Primärerfahrung und den Zugang zu besonderen Geräten und Techniken zu bieten

Den Schüler/innen Erlebnisse und Erfahrungen zu ermöglichen, die in der Schule nicht möglich erscheinen, kann als weitere Herausforderung gesehen werden. Entsprechend wird dies im Lehrplan 21 (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2016a) der Schweiz gefordert, der das außerschulische Lernen im Rahmen der naturwissenschaftlichen Bildung hervorhebt. Hier werden neben *Lernstandorten* wie Museen, Schülerlaboren oder Science Centern auch andere Lernorte wie ein Bach, eine Schleuse oder ein Wald hervorgehoben, die von den Lehrkräften selbst erschlossen werden sollen. Der Bedarf von Schulen, authentische primäre Erfahrungen aus dem Alltag der Schüler/innen in den Unterricht zu holen, wird hier deutlich:

„Die Verbindung von Lernen innerhalb und ausserhalb der Schule ist von zentraler Bedeutung. Da Manches nur ausserhalb der Schule sicht- und erlebbar ist, ist es wichtig, ausser schulische Lerngelegenheiten im Unterricht zugänglich zu machen und mannigfache Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler mit ihrer Umwelt in den Unterricht zu integrieren. Ausser schulische Lernorte sind dadurch gekennzeichnet, dass direkte Begegnungen und Erkundungen ermöglicht werden. Diese Begegnungen werden von der Lehrperson initiiert und begleitet. Dabei stehen entdeckende, forschende und problembezogene Zugangsweisen für die Erschliessung im Vordergrund.“ (ebd., S. 10)

Neben den hier beschriebenen Primärerfahrungen ermöglichen außerschulische Lernorte auch Kontakte zu verschiedenen Lebens- und Arbeitsbereichen, deren Ausstattungen und deren Mitarbeitenden. Dadurch, dass moderne Techniken, spezielle Experimentierausrüstungen und teure Fertigungsmaschinen oftmals nicht in der Schule vorhanden sind, kann diesem Bedarf an bestimmten außerschulischen Lernorten entgegengekommen werden.

Herausforderung der Akzeptanz von Großforschung

Eine weitere Herausforderung, der sich das Bildungssystem durch außerschulische Lernorte stellt, ist die Erhöhung der gesellschaftlichen Akzeptanz von staatlicher und privater Großforschung. Der Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft formuliert es folgendermaßen: „Die Arbeit dieser Fachkräfte und Forscher wird aber auf Dauer nur dann Früchte tragen, wenn sie auch Rückhalt in der Bevölkerung genießt. Das heißt, wir können gar nicht früh genug damit anfangen, einerseits junge Menschen für die naturwissenschaftlichen Berufe zu gewinnen und andererseits, um Akzeptanz für naturwissenschaftliche Forschung bei den Bürgern zu werben.“ (Mlynek, 2008) Besonders in Zeiten von „Fake News“, in denen verlässliche Erkenntnisse eine besondere Bedeutung haben, wird diese Akzeptanz von Forschung in der Gesellschaft immer wichtiger. Dies wird dadurch unterstützt, dass laut des *Wissenschaftsbarometers 2019* in Deutschland nur 46 % der Befragten überzeugt sind, dass Wissenschaft und Forschung zum Wohl der Gemeinschaft arbeiten. 46 % äußern ihr Misstrauen darüber und 8 % geben an, der Wissenschaft und Forschung nicht zu vertrauen (Wissenschaft im Dialog, 2019). Gleichzeitig würden zwei Drittel der deutschen

Bevölkerung es gern erleben, wie Forschende arbeiten und 52 % geben an, dass sie Wissenschaftlern über die Schultern schauen möchten, um deren Erkenntnisse zu beurteilen (ebd., 2019).

2.2 Schülerlabore als Teilphänomen der außerschulischen Angebote

In diesem Abschnitt werden speziell die Schülerlabore als eine Antwort auf die genannten Herausforderungen und Bedarfe außerschulischer MINT-Bildung herausgestellt und die Fokussierung dieser Studie auf Schülerlabore begründet. Dafür wird zunächst der Frage nachgegangen, wie sich Schülerlabore charakterisieren lassen und welche Erwartungen an sie gestellt werden sowie welche Forschungsergebnisse zu Schülerlaboren vorliegen. Insbesondere Schülerlabore haben sich als außerschulische MINT-Lernorte in Deutschland etablieren können; die Bundesministerin für Bildung und Forschung formuliert es im aktuellen Schülerlaboratlas 2019 nicht ohne eine Idealisierung folgendermaßen: „Schülerlabore machen Lust auf Wissenschaft! Für viele Kinder und Jugendliche hat es einen ganz besonderen Reiz, sich außerhalb der Schule an Wissen und Experimente heranzuwagen, denn in Schülerlaboren an Forschungseinrichtungen und Universität können Geräte und Techniken ausprobiert werden, die in der Schule nicht verfügbar sind.“ (Karliczek, 2019). Die Schülerlaborszene hat an Bedeutung gewonnen. Nachdem es im Jahr 2000 im deutschsprachigen Raum (Deutschland, Österreich, Schweiz sowie Teile Luxemburgs und Italiens) 43 Schülerlabore gab, sind es aktuell (Stand 04.03.2020) 405 beim Dachverband Lernort Labor e.V. eingetragene Schülerlabore. Ihre Angebote decken ein breites Spektrum ab und reichen vom „Haus der kleinen Forscher“ für Kindergärten und Grundschulen bis zu solchen der Biotechnologie für Oberstufenschüler/innen. Schülerlabore wollen das Interesse der Schüler/innen fördern durch die „Begegnungen mit authentischer Naturwissenschaft und Technik in eigens dafür geschaffenen Laboren“ (Euler, 2005, S. 4). Nach *Lernort Labor* (2019) sollen Schüler/innen in Schülerlaboren einen Einblick in das Berufsfeld von Naturwissenschaften und Technik erlangen und sich beruflich orientieren:

„Gemeinsames Anliegen bei Gründung und Betrieb von Schülerlaboren ist es, Kinder und Jugendliche für Wissenschaft und Technik zu begeistern und die Schulen bei der Vermittlung von Wissenschaft-basierter/Wissens-basierter Bewertungskompetenz und Gestaltungskompetenz zu unterstützen. [...] Gemeinsam unterstützen sie effektiv das Bildungsziel 'mündige Staatsbürger und Staatsbürgerinnen' [...]. Darüber hinaus möchten Schülerlabore bei Kindern und Jugendlichen die Begeisterung für Wissenschaft im Allgemeinen und für die sogenannten MINT-Fächer im Besonderen steigern. Dies hängt eng zusammen mit dem Ziel der Fachkräftesicherung, das neben der Erweiterung des schulischen Angebots oft eine Primärmotivation der Schülerlaborgründer ist.“ (Hempelmann & Kratzer, 2019, S. 12)

Lernort Labor (2019) setzt vier Kriterien, die ein Lernort erfüllen muss, um als Schülerlabor zu gelten: Es muss ein fachadäquater Laborraum zur Verfügung stehen, der ein authentisches und professionelles Umfeld bietet, in dem die Jugendlichen an mindestens 20 Tagen pro Jahr selbst experimentieren können (vgl. ebd., S. 12). Die Labore, die diese Kriterien erfüllen, werden von Lernort Labor neun Kategorien nach Zielen und Adressatengruppe zugeordnet (vgl. Lernort Labor, 2015; Lernort Labor, 2019):

- **Klassische Schülerlabore** engagieren sich in der Breitenförderung und arbeiten meist nah an den Lehrplänen der Schulen.
- **Schülerforschungszentren** ermöglichen es Jugendlichen, in ihrer Freizeit allein oder in kleinen Teams zu experimentieren. Hier steht die individuelle Förderung im Fokus.
- **Lehr-Lern-Labore** ermöglichen bereits in der universitären Lehramtsausbildung den Kontakt mit Schüler/innen. Hier entwickeln Studierende Experimente für Schüler/innen und können sich so in der Lehre ausprobieren.
- **Schülerlabore der Wissenschaftskommunikation** stellen den Stand der aktuellen Wissenschaft und Technik dar, um deren Akzeptanz in der Gesellschaft zu erhöhen und naturwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern.
- **Schülerlabore in Unternehmen** vermitteln unternehmerisches Denken und Handeln. Dabei wird auf den Weg von der Idee bis zum fertigen Produkt eingegangen, um daran betriebswirtschaftliche Zusammenhänge zwischen wissenschaftlichen und technischen Vorgängen aufzuzeigen.
- **Schülerlabore mit Berufsorientierung** fördern im Besonderen den Nachwuchs für MINT-Berufe, indem den Schüler/innen hier gezielt Berufsmöglichkeiten in der wissenschaftlichen und technischen Arbeitswelt gezeigt werden.
- **Maker Spaces Schülerlabore** fokussieren auf die individuelle Förderung und das eigenständige Arbeiten bei der Entwicklung/Engineering und Produktion von Gegenständen.
- **Geisteswissenschaftliche Schülerlabore** greifen Themen der Geschichte, der Gesellschaft oder der Literatur auf, um Erscheinungsformen menschlichen Handelns und ihre Bedeutung für jeden Einzelnen und die Gesellschaft zu bewerten.
- **Mobile Schülerlabore** sind nicht an einen Ort gebunden, sind auch durch Fahrzeuge gekennzeichnet und können die Schülerlaborangebote zur Zielgruppe bringen.

Gemäß des Schülerlaboratlasses von Lernort Labor e.V. (2019) sind in allen Kategorien Schülerlabore bei Lernort Labor gelistet, sodass gemutmaßt werden kann, dass die im Abschnitt 2.1 dargestellten Herausforderungen und Bedarfe außerschulischer MINT-Bildung von den Schülerlaboren in der Breite angenommen bzw. bedient werden, jedenfalls dass diese Absicht bei den Laboren besteht. Denn etwa das Bildungsziel der Schülerlabore, „mündige Staatsbürger“ durch die Unterstützung der Bewertungs- und Gestaltungskompetenz (vgl. Hempelmann & Kratzer, 2019, S. 12) zu schaffen, bezieht sich auf die Herausforderung eines *erweiterten Bildungsverständnisses*. Das Ziel, Schüler/innen für die MINT-Disziplinen zu begeistern, auch um dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken, was sich in den Kategorien „Schülerlabore in Unternehmen“ oder „Schülerlabore mit Berufsorientierung“ niederschlägt, spiegelt die Absicht von Schülerlaboren wider, *Interesse und Motivation* bei Kindern und Jugendlichen zu fördern. Dadurch, dass die Schülerlabore sich unter anderem durch die fachadäquate und professionelle Ausstattung definieren und Schülerlaborkategorien wie „Schülerforschungszentren“ oder „Maker Spaces Schülerlabore“ besonders den individuellen Zugang zu Techniken und Materialien hervorheben, koppeln die Schülerlabore auch an der Herausforderung und dem Bedarf der *Primärerfahrungen und dem Zugang zu besonderen Geräten und Techniken* an. An den Bedarf der *Akzeptanz von*

Großforschung knüpfen die Kategorien „Wissenschaftskommunikation“ und „Schülerlabore in Unternehmen“ an. An den Bedarf des *Lebenslangen Lernens* koppelt Schülerlabore nicht direkt an, jedoch durch Schülerlaborkategorien wie „Schülerforschungszentren“ und „Maker Spaces“ lernen die Schüler/innen Lernorte kennen, an denen auch später weitergelernt werden kann, sodass auch dieser Bedarf indirekt aufgegriffen wird.

Euler (2005) beschreibt ergänzend, dass in Schülerlaboren die in der Didaktik der Naturwissenschaften diskutierten Methoden besonders gut umgesetzt werden und die Schüler/innen dadurch zu einer interaktiven Auseinandersetzung mit experimentellen Projekten motiviert werden: „Die Lernumgebung Schülerlabor ist komplex. Sie bettet die praktische Arbeit in interessante thematische und methodische Kontexte ein und fordert die Lernenden heraus, selbst aktiv zu werden. Unterschiedlich umfangreiche, den Erfordernissen der Zielgruppe angepasste Aufgabenstellungen werden dazu angeboten. Im Fokus steht die soweit als möglich selbstständige Bearbeitung von authentischen Problemen, die für das Forschungsprofil der anbietenden Institution typisch sind oder die ihm nahestehen.“ (Euler, 2005, S. 5). Weiter wird erwartet, dass die Schüler/innen durch die Aufgaben herausgefordert werden und durch die Nutzung geeigneter Werkzeuge kooperativ zur Lösung gelangen (vgl. ebd.).

2.3 Schülerlabore als Forschungsgegenstand und Stand der Forschung

Wegen dieser hohen Erwartungen an Schülerlabore stellen sie ein wichtiges fachdidaktisches Forschungsfeld mit der Aufgabe dar, zu klären, wie naturwissenschaftliche Bildung dort hinsichtlich Prozessen und Erträgen umgesetzt wird. In einer Vielzahl von Studien seit 2004 ist die Wirkung von Schülerlaborbesuchen genauer untersucht worden. Verschiedene Studien belegen, dass von Schülerlaboren ein gewisser Einfluss auf das situative Interesse und auf die Motivation zum wissenschaftlichen Denken und Arbeiten ausgeht (Engeln, 2004; Scharfenberg, 2005; Glowinski, 2007; Guderian, 2007; Pawek, 2009; Weißnigk, 2013; Itzek-Greulich, 2014). Positive Effekte konnten auch hinsichtlich der experimentellen Selbstwirksamkeit (Damerau, 2012) und des Fähigkeitsselbstkonzeptes (Brandt, 2005; Pawek, 2009; Damerau, 2012; Weißnigk, 2013; Rodenhauser, 2016) gezeigt werden. Itzek-Greulich, Blankenbeurg und Schwarzer (2016) hat in einer randomisierten Studie zeigen können, dass das Kompetenzerleben der Schüler/innen signifikant höher ist, wenn ein Schülerlaborbesuch in den Unterricht eingebettet ist, als wenn man die gleichen Tätigkeiten nur in der Schule vollzieht. Jedoch weist sie darauf hin, dass sowohl der praktisch orientierte Unterricht in der Schule als auch der in den Unterricht eingebettete Schülerlaborbesuch die Neugier der Schüler/innen wecken und zum selbstständigen Entdecken anregen konnten. Die positiven Effekte lassen sich also nicht nur auf den Ort an sich, sondern im Besonderen auf die dort genutzten Methoden und die didaktische Strukturierung beziehen. Dies wird im Fortgang der vorliegenden Arbeit noch eine Rolle spielen. Weißnigk (2013) konnte des Weiteren zeigen, dass das Image der Naturwissenschaften und der naturwissenschaftlichen Berufswahl durch einen Schülerlaborbesuch positiv beeinflusst wird.

Neben diesen hauptsächlich affektiven Effekten konnten auch positive Effekte hinsichtlich des Fachwissenszuwachses und der kognitiven Wirksamkeit gezeigt werden (Damerau, 2012; Itzek-Greulich, 2014; Huwer, 2015; Rodenhauser, 2016). Itzek-Greulich (2014) kann zeigen, dass Schüler/innen in einem Wissenstest im Vergleich zu normalem Schulunterricht nur dann gleichgut abschneiden, wenn der Besuch des Schülerlabors in den Unterricht eingebunden wird. Dies zeigt, dass die Vor- und Nachbereitung des Schülerlaborbesuches in der Schule wichtig ist, was durch weitere Studien unterstützt wird. So konnte gezeigt werden, dass die positiven, affektiven und emotionalen Effekte des Schülerlabors langfristiger anhalten, wenn der Schülerlaborbesuch in den Unterricht eingebettet ist (Guerdian, 2007; Glowinski, 2007; Streller, 2015; Itzek-Greulich et al., 2016). Die empirischen Studien zeigen also, dass in den Unterricht eingebettete Schülerlaborbesuche sowohl naturwissenschaftliches Fachwissen aufbauen als auch positive Erfahrungen zugunsten naturwissenschaftlich-technischer Fächer anregen können.

2.4 Neuer Forschungsbedarf hinsichtlich der Prozessforschung

In den angeführten Studien wurden die Erträge von Schülerlaborbesuchen betrachtet und Vergleiche zwischen Schulunterricht und Besuch eines Schülerlabors gezogen. Wie unter anderem Itzek-Greulich (2014) gezeigt hat, ist nicht der reine physische Ort ausschlaggebend für eine hohe Lernleistung, sondern die ausgeübten Tätigkeiten und die didaktische Strukturierung vor Ort. Allerdings ist noch zu wenig geklärt, welche kognitiven und motivationalen Prozesse während des Schülerlaborbesuchs genau ablaufen. Die Schülerlaborangebote mit den Erwartungen, die an sie gerichtet werden, und den Zielen, die die Labore sich selbst setzen, stellen sich bislang als Blackbox hinsichtlich der dort kognitiv und motivational ablaufenden Prozesse dar. Inwiefern und welche Prozesse in Schülerlaboren tatsächlich ablaufen sowie inwieweit diese mit den erwarteten Zielen der Anbieter übereinstimmen, ist empirisch wenig untersucht worden (vgl. Clausen, 2015; Schmidt et al., 2011). Kenntnisse hierüber sind aber notwendig, wenn die Potentiale der Schülerlabore, die in verschiedenen Studien dargelegt wurden, besser verstanden, modelliert und deren Angebote ggf. datenbasiert weiterentwickelt werden sollen, um den Nutzen der Schülerlabore nicht nur zu bestätigen, sondern diesen auch als eigenständige Lernangebote und als Ergänzung zur Schule zu erhöhen.

Hier setzt das Promotionsprogramm GINT an. Dabei fokussiert das Programm auf die Aufklärung von Prozessen in ausgewiesenen Lernorten, an denen außerhalb der Schule gelernt werden kann, wie Science Center, Museen, Nationalparkhäuser oder Schülerlabore; diese können als Lernstandorte bezeichnet werden. Hier soll geklärt werden, wie deren Lernangebote unter lerntheoretischem Blickwinkel charakterisiert werden können. Auch soll die Frage angegangen werden, inwieweit die Lernumgebung mit ihrer Ausstattung, dem Personal und den Aktivitäten die Motivation der Lernenden unterstützt, also welche fördernden aber auch hemmenden Faktoren es dort gibt. Hauptziel ist es, die dort ablaufenden Prozesse des Wahrnehmens, Denkens, Lernens und planvollen Handelns bezüglich fachlicher Inhalte aufzuklären und zu modellieren und dabei die Wahrnehmung der Lernumgebung durch die Lernenden insgesamt kennenzulernen. Da es auch ein wichtiges Ziel des Promotionsprogrammes ist, die Bildungsregion weiterzuentwickeln, wird geklärt,

inwiefern die gewonnenen empirischen Erkenntnisse genutzt werden können, um die Lernumgebungen zu optimieren.

Auch die vorliegende Arbeit ist Teil des Promotionsprogramms und sie übernimmt das Ziel, die komplexe Dynamik in MINT-Schülerlaboren aufzuklären und dabei zu modellieren, wie die Charakteristika der Angebote die Schüler/innen zu Lernprozessen anregen. Diese Erkenntnisse sollen genutzt werden, um die Schülerlaborangebote weiterzuentwickeln und dadurch mehr darüber zu erfahren, wie sich Schülerlaborangebote hinsichtlich allgemein diskutierter Bildungsziele weiterentwickeln lassen. So sollen im Rahmen dieser Studie spezifische „lokale Theorien“ zum Lernen in ähnlich gelagerten Schülerlaborangeboten formuliert werden. Folgende Forschungsaufgaben und Forschungsfragen werden dazu bei GINT und auch in dieser Arbeit bearbeitet und aufeinander bezogen:

- **Forschungsaufgabe 1: Perspektiven der Anbietenden erheben:** Welche Ziele verfolgen Schülerlabore und worin sehen sie ihre Potentiale? Welche Vorstellungen bestehen bei den Betreibenden davon, wie die Angebote wirken? Inwiefern decken sich die erhobenen Ziele mit gesellschaftlich und fachdidaktisch diskutierten Zielen?
- **Forschungsaufgabe 2: Angebote der Lernorte didaktisch analysieren:** Wie ist die didaktische Struktur bei Angeboten im Schülerlabor zu charakterisieren? Welche potenziell beobachtbaren Prozesse (kognitiv, motivational oder Handlungen) lassen sich aus der didaktischen Struktur ableiten?

Mit den Ergebnissen dieser Analyse wird geprüft, ob die fachdidaktische Struktur geeignet ist, die Ziele der Lernorte und weitere allgemein diskutierte Bildungsziele zu erreichen. Die Analyse fokussiert dabei auch Stärken und Schwächen der fachdidaktischen Struktur (SWOT-Analyse, s.u.). Die Ergebnisse der Analyse werden dann empirischen Ergebnissen gegenübergestellt.

- **Forschungsaufgabe 3: Nutzung der Angebote modellieren:** Wie nutzen die Schüler/innen die Angebote im Schülerlabor? Welche Handlungen und kognitiven Verarbeitungsprozesse sowie motivationalen Prozesse laufen ab (vgl. Kapitel 3), wenn die Schüler/innen im Schülerlabor aktiv sind?

Hierbei ist nach Anhaltspunkten zu suchen, welche Merkmale der Angebote diese Prozesse initiieren, fördern oder hemmen bzw. inwiefern die Motivation zu lernen durch diese Merkmale beeinflusst wird. Dies zu erheben und nachzuzeichnen, ist wichtig, um zu belegen, ob bestimmte Ziele erreicht werden oder ob andere als beabsichtigte Prozesse ablaufen.

- **Forschungsaufgabe 4: Angebote variieren, erproben und Nutzung erneut modellieren:** Wie lassen sich konkrete Angebote auf Basis der didaktischen Analyse und der empirischen Daten so variieren, dass die Potentiale der Schülerlabore bezüglich ihrer eigenen und bezüglich von außen herangetragenener Ziele ausgeschöpft werden? Wie lassen sich aus dem Abgleich der SWOT-Analyse und der empirischen Ergebnisse die Änderungsideen ableiten?

2.5 Forschungsorte

Um diese Forschungsaufgaben anzugehen, werden drei Schülerlabore im Nordwesten Deutschlands begleitet: Das Zentrum für Natur und Technik in Aurich, das DLR_School_Lab in Bremen sowie der Lernort Technik und Natur in Wilhelmshaven.

Zentrum für Natur und Technik (ZNT) in Aurich: Das ZNT klassifiziert sich nach der oben dargestellten Kategorisierung des LeLa-Verbandes als klassisches Schülerlabor mit Berufsorientierung sowie Möglichkeiten im Nachmittagsangebot eines Schülerforschungszentrums. Es ist angegliedert an das Energie-, Bildungs- und Erlebniszentrum (EEZ) in Aurich, das 2015 eröffnet wurde. Hier befinden sich neben dem Schülerlabor auch eine interaktive Ausstellung, Ausbildungswerkstätten von Enercon sowie der Standort der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften in Aurich. Alle Projekte des ZNT zielen nach dessen Angaben darauf ab, den Schüler/innen eigene Erfahrungen im Umgang mit technisch-naturwissenschaftlichen Lösungsmöglichkeiten zu ermöglichen. Dabei wird oftmals die verantwortungsvolle Nutzung der zur Verfügung stehenden Energieträger thematisiert, wodurch den Schüler/innen „Erfahrungsräume zur Verfügung [stehen], die nicht nur die fachliche Durchdringung technischer Zusammenhänge, sondern auch die Verständigung über deren gesellschaftliche Bedeutung fördern [sollen]“ (Leferink, 2018).

Regulär wird das Schülerlabor von einer Klasse an zwei aufeinander folgenden Vormittagen besucht. Die Klasse wird an diesen Tagen in zwei kleinere Gruppen eingeteilt, sodass die Schüler/innen im Wechsel zwei Projekte besuchen. In fast allen Projekten fertigen die Schüler/innen funktionierende Modelle an, anhand derer sie handlungsorientiert verschiedene technische und naturwissenschaftliche Zusammenhänge in einem gesellschaftlichen Kontext erarbeiten sollen. So können zum Beispiel ein Windwagen, ein Segelboot, Windräder oder ein Solarboot konstruiert und durch Experimente fachlich genauer aufgearbeitet werden. Das ZNT verfügt über verschiedene Werkstätten und bietet dort neben verschiedenen Werkzeugen auch Möglichkeiten, um die Automatisierungstechnik (z. B. Robotik) sowie das computergestützte Konstruieren und Fertigen etwa mit Hilfe von 3D-Druckern, kennenzulernen. Zusätzlich bietet das ZNT auch im Nachmittagsbereich einzelnen Schüler/innen die Möglichkeit, eigene Ideen zu verfolgen und die technischen Geräte zu nutzen.

DLR_School_Lab in Bremen: Das DLR_School_Lab ordnet sich im LeLa-Kategoriensystem als ein klassisches Schülerlabor mit einem Fokus auf Wissenschaftskommunikation sowie Möglichkeiten eines Schülerforschungszentrums ein. Es ist Teil des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), welches eine der größten Forschungseinrichtungen Europas ist und in ganz Deutschland mehrere Schülerlabore führt. In Bremen befindet sich das Institut für Raumfahrtsysteme, sodass dies auch den thematischen Schwerpunkt des Schülerlabors dort darstellt. Die Schüler/innen können sich mit aktuellen Themen der Raumfahrt auseinandersetzen und über die Forschungsarbeiten vor Ort informieren, weshalb eine Führung durch die Forschungs- und Entwicklungsräume des Institutes integraler Bestandteil jedes Laborbesuchs sind. Die Schüler/innen erhalten die Möglichkeit, den Mitarbeiter/innen beim Arbeiten über die Schulter zu schauen und erfahren durch ausgestellte Modelle (z. B. Asteroidenlander MASCOT) und durch Berichte der Mitarbeiter/innen von den aktuellen Forschungen und Entwicklungen. Im Anschluss befassen sich die Schüler/innen

mit Aufgaben, die die Arbeit der Wissenschaftler/inne abbilden sollen. „Die Schülerinnen und Schüler erforschen dabei Phänomene wie Vakuum, Schwerelosigkeit und Weltraum-Wetter. Sie beschäftigen sich mit Infrarot, Radar und Lageregelung und führen Experimente zu den Themen Antriebstechnik, Lande-Navigation, Robotik und Sensorik durch.“ (DLR_School_Lab Internetpräsenz, 2020). Die Schüler/innen arbeiten stationsweise in Gruppen zu sechst, sodass vier bis sechs Stationen pro Besuch durchlaufen werden, die von Studierenden der Universität Bremen betreut werden.

Neben diesen eintägigen Schulbesuchen unterstützt das DLR_School_Lab auch Schulprojekte, bei denen Schulklassen über einen längeren Zeitraum mit dem DLR zusammenarbeiten können. Interessierte Schüler/innen können sich auch mit eigenen Projekten bewerben und erhalten dort Unterstützung beim Durchführen.

Lernort Technik und Natur in Wilhelmshaven: Der Lernort Technik und Natur erfüllt die LeLa-Kriterien eines klassischen Schülerlabors mit Berufsorientierung und Möglichkeiten eines Schülerforschungszentrums im Nachmittagsbereich. Das Schülerlabor ist im Rahmen der EXPO 2000 als Modellversuch gestartet und hat sich seitdem als außerschulischer Lernort in Wilhelmshaven etabliert. Die Angebote des Schülerlabors sollen den Schüler/innen einen Eindruck geben, wie zukunftsorientierte Einbindung von Technik und Naturwissenschaften in den Alltag gestaltet werden kann. Deswegen werden vor allem Themen aufgegriffen, die einen Bezug zur Umwelt der Schüler/innen an einem Küstenstandort herstellen. Die Schulklassen bearbeiten ein Thema pro Besuch, der sich über einen Vormittag streckt. Dabei soll nach Angaben des Lernortes die Handlungsorientierung im Vordergrund stehen, durch die die Schüler/innen technische und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen kennenlernen sollen. „An Modellen, in Experimenten, an erstellten Produkten und in Projekten Erlerntes, soll im direkten Kontakt mit der Realität erlebt werden.“ (Lernort Technik und Natur Internetpräsenz, 2020) In fast allen Angeboten werden Modelle konstruiert, die die Schüler/innen mit nach Hause nehmen dürfen. So können zum Beispiel ein Taschenwächter, eine Blinkschaltung, ein Solarflitzer, ein Hammerwerk, ein Segel- oder ein Solarboot konstruiert werden, um daran technische und naturwissenschaftliche Zusammenhänge wie die Getriebetechnik, Elektrotechnik oder technische Fertigungs- und Montagearbeiten aufzugreifen. Neben diesen Ein-Tages-Besuchen fördert der Lernort Technik und Natur auch Wettbewerbe wie den Solarcup oder das Formel-1-Projekt, an denen die Schüler/innen allein oder in Teams teilnehmen.

Zusammenfassung:

Außerschulischen Lernorten wird eine wichtige Bildungsfunktion zugeschrieben. Schülerlabore stellen eine spezifische Form der außerschulischen MINT-Bildung dar, indem sie Formen des Experimentierens, des Konstruierens oder des Programmierens erlauben. Sie ergänzen den naturwissenschaftlichen Unterricht, bieten aber auch Angebote, die über die Umsetzung der Kerncurricula hinausgehen. Wenngleich einige Erkenntnisse hinsichtlich der Wirkung von Schülerlaboren auf das situative Interesse und auf die Motivation zum wissenschaftlichen Denken und Arbeiten vorliegen, bestehen Forschungsdefizite bezüglich der ablaufenden kognitiven Prozesse bei der Auseinandersetzung von Schüler/innen mit den angebotenen Inhalten und Methoden. Weder ist die komplexe Dynamik von

Angebots-Nutzungs-Prozessen in Schülerlaboren bislang hinreichend modelliert worden, noch gibt es detaillierte Forschung dazu, wie sich Schülerlaborangebote weiterentwickeln lassen. Empirische Daten, mit denen ein Abgleich von Zielen, Mitteln und Prozessen vorgenommen werden kann, fehlen weitgehend. Auch fehlt eine konsistente Theorie des außerschulischen Lernens im Schülerlabor, die die Perspektive dieser Lernorte einbezieht.

In Kooperation mit den drei genannten Schülerlaboren verfolgt die vorliegende Arbeit das Ziel, komplexe Angebots-Nutzungs-Prozesse zu modellieren, sie zu generalisieren und auf Basis empirischer Erkenntnisse vorhandene Laborangebote zusammen mit den Betreibern weiterzuentwickeln. Folgende Forschungsfragen sollen deshalb bearbeitet werden:

- Welche Ziele verfolgen die pädagogisch Verantwortlichen der Schülerlabore? Inwiefern stimmen diese mit gesellschaftlich und fachdidaktisch diskutierten Zielen überein?
- Wie lassen sich die Angebote der Schülerlabore fachdidaktisch charakterisieren?
- Welche Nutzungs-Prozesse sind zu beobachten und welche Prozesse finden dabei auf der Handlungsebene sowie auf kognitiver und motivationaler Ebene statt?
- Wie lassen sich konkrete Angebote empiriebasiert so verändern, dass die Potentiale der Schülerlabore bezüglich ihrer eigenen oder auch von außen herangetragenener Ziele ausgeschöpft werden?

Zur Operationalisierung dieser Fragen wird in Kapitel 3 ein Analyseinstrument theoretische hergeleitet, mit dem vorhandene Schülerlaborangebote fachdidaktisch analysiert und die Prozesse der Schüler/innen modelliert werden können. Analytische und empirische Ergebnisse werden aufeinander bezogen, um begründete Vorschläge zur Weiterentwicklung der Angebote zu machen. Es wird dabei ein besonderer Fokus auf die Kontextorientierung, die Problemorientierung und die Autonomieorientierung der Angebote gelegt. Im Kapitel 4 wird das Analyseinstrument weiter operationalisiert, um zu einem Forschungsdesign zu gelangen, mit dem die fachdidaktischen Strukturen der betrachteten Schülerlaborangebote im Sinne einer fachdidaktischen „SWOT-Analyse“ untersucht werden können. In Kapitel 5 wird das Instrument eingesetzt, um die SWOT-Analyse der für diese Studie ausgewählten Schülerlabor-Angebote durchzuführen und die empirisch erhobenen Prozessdaten auf Schülerseite auszuwerten. Die Ergebnisse werden dann so aufeinander bezogen, dass konkrete Änderungsvorschläge begründet werden können.

3 Analyseinstrument für Schülerlaborangebote entwickeln

Nachdem Kapitel 2 dargestellt hat, dass Schülerlabore bedeutende Funktionen der außerschulischen MINT-Bildung übernehmen, aber die dort ablaufenden Prozesse wenig erforscht sind, soll in diesem Kapitel die Konstruktion eines Analyseinstruments vorgestellt werden. Dieses Instrument soll es erlauben, die Komplexität der Prozesse des Anbietens von MINT-Inhalten und -Methoden sowie Prozesse der Nutzung dieser Angebote auf Schülerseite mit Bezug zu MINT-Bildungszielen zu modellieren. Gesucht ist nach einem Instrument, das es sowohl erlaubt, die Strukturen der Angebote in Schülerlaboren fachdidaktisch zu analysieren, also auch geeignet ist, die ablaufenden kognitiven und motivationalen Prozesse auf Seiten der Schüler/innen zu erfassen und zu modellieren. Das Instrument muss also in zwei Richtungen operationalisierbar sein.

Zunächst wird in Abschnitt 3.1 gezeigt, dass die Kategorisierung von Laborangeboten in den Begriffen *formal*, *non-formal* und *informell* nicht differenziert genug ist, um auf ihrer Basis ein Instrument zu schaffen, das für die beabsichtigten Zwecke ausreichend operationalisierbar ist. Der Begriff *informelles Lernen* in Abgrenzung zum *formalen* und *non-formalen Lernen* wird in der Literatur uneinheitlich genutzt. Teilweise werden die betrachteten Lernumgebungen mit diesen Begriffen charakterisiert, teilweise die bei Lernenden ablaufenden Prozessen und die Intention der Lernenden, etwas Neues zu lernen. Da das Begriffspaar *informell* - *formal* nicht gut operationalisierbar, aber dennoch eine wichtige Grunddimension des außerschulischen Lernens darstellt, wird es im Abschnitt 3.2 durch einen Satz von zwölf operationalisierbaren Begriffspaaren ersetzt. Diese Begriffspaare drücken teilweise Gegensätzlichkeiten, teilweise Komplementaritäten aus. Es handelt sich um Begriffspaare der pädagogischen und fachdidaktischen Diskussion um guten und wirksamen Schulunterricht.

Im Abschnitt 3.3. wird argumentiert, dass die Handhabung der zwölf Begriffspaare aufgrund von Erfahrungen im Forschungsfeld nicht praktikabel ist, weil sie auf unterschiedlichen Ebenen liegen und auch nicht gleichermaßen relevant für die Forschungsfragen dieser Arbeit sind. Es wird erläutert, wie daher auf drei der Dimensionen fokussiert wird, auf die Dimensionen der Problemorientierung, die der Kontextorientierung und die der Autonomieorientierung. Dass dies eine geeignete Auswahl ist, zeigt sich erstens daran, dass sie es erlauben, wesentliche Merkmale der Angebotsstrukturen der drei Schülerlaborangebote zu charakterisieren und darüber hinaus Prozesse auf Schülerseite aussagekräftig nachzeichnen lassen. Zweitens wird die Fokussierung auf Problemorientierung, Kontextorientierung und Autonomieorientierung in den Abschnitten 3.4 und 3.5 legitimiert: Aktuelle MINT-Bildungskonzeptionen werden daraufhin analysiert, welche Rolle bei ihnen die drei Dimensionen spielen; in ähnlicher Weise werden die per Interview erhobenen Sichtweisen der Leitenden und pädagogisch Verantwortlichen der drei Labore

ausgewertet. In 3.6 wird dann dargestellt, wie zur weitergehenden Operationalisierung der drei Dimensionen Kategorien für kognitive und für motivationale Prozesse herangezogen werden.

3.1 Reflexion der Dimension informell – formal

Es stellt sich die Frage, inwiefern der Begriff des informellen Lernens im Kontrast zum formalen bzw. non-formalen Lernen geeignet ist, die Prozesse in Schülerlaboren zu modellieren. Im Folgenden wird geklärt werden, was unter diesen Begriffen zu verstehen ist. Um vorwegzugreifen, es zeigt sich, dass eine Charakterisierung von außerschulischen Lernangeboten auf einer Skala zwischen den zwei Polen *formal* und *informell* zumindest für Schülerlaborangebote zu grob ist und sich als nicht angemessen herausstellt, um bestimmte Merkmale der Schülerlaborangebote aussagekräftig zu modellieren.

Durch das Aufklären sogenannter informeller Lernprozesse stellt sich der fachdidaktischen Forschung eine herausfordernde neue Aufgabe, auch wenn der Begriff des informellen Lernens keineswegs einheitlich verwendet wird. Rohs (2016, S. 4) spricht von einer zunehmenden Unschärfe des Begriffes aufgrund seiner steigenden Popularität und der bildungspolitischen Bedeutung des „informellen Lernens“ in den letzten Jahrzehnten. In einem geschichtlichen Abriss des informellen Lernens verdeutlicht er, dass sein Wesen seit der Antike diskutiert wird, als Aristoteles bereits zwischen dem Lernen in Alltagssituationen und einem Lernen in dafür geschaffenen Institutionen sowie zwischen formaler¹ Unterweisung und einem Lernen durch Erfahrung unterschieden hat. Der eigentliche Begriff „informal learning“ ist auf den amerikanischen Philosophen und Pädagogen John Dewey (1859-1952) zurückzuführen. Er beschrieb das informelle Lernen in Abgrenzung zum formalen Lernen, welches allgemein verfügbare Ressourcen in einer bewussteren und gründlicheren Art und Weise einsetzt. Die Unterscheidung bestehe also nicht in der Art und Weise der zur Verfügung stehenden Ressourcen, sondern in der Form der Organisiertheit: „In calling this [das Lernen außerhalb der Schule] natural education unconscious, in calling it informal, we mean that it is not sufficiently organized.“ (ebd., S. 66). Ausgehend von dieser Überlegung wurden in den USA, Großbritannien und nachfolgend in Deutschland weitere Ansätze verfolgt, um den Begriff des informellen Lernens zu definieren und sich so dem Konzept des Informellen zu nähern. Eine allgemeingültige Definition gibt es aber derzeit nicht: „Bis heute kann nicht von einer einheitlichen Definition informellen Lernens ausgegangen werden.“ (Overwien, 2005, S. 340).

Ein aktueller Versuch einer Definition des informellen Lernens von Livingstone (1999), die sich auf das Konzept des selbstgesteuerten Lernens bezieht, basiert auf der Annahme, dass jede Tätigkeit, die das Streben nach Verständnis, Wissen oder Fertigkeiten beinhaltet, ohne dass dabei externe Lehrplankriterien auferlegt werden, informelles Lernen sei: „Informelles Lernen erfolgt selbstständig, und zwar individuell oder kollektiv, ohne dass Kriterien vorgegeben werden oder Lehrkräfte dabei mitwirken. [...] Wesensmerkmal des informellen Lernens ist die selbstständige Aneignung neuer signifikanter Erkenntnisse oder Fähigkeiten, die lange genug Bestand haben, um im Nachhinein noch als solche erkannt zu

¹ Die Begriffe formell und formal werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

werden [...]“ (Livingstone 1999, S. 68 f., nach Haring et al., 2016, S. 16). Livingstone legt den Fokus auf die Abgrenzung informellen Lernens vom intentionalen Lernen (vgl. Kirchhöfer, 2001, S. 112). Der Definitionsversuch von Dohmen (2001, S. 18 ff.) bezieht sich stattdessen auf das situative Lernen, woraus ein offeneres Verständnis des informellen Lernens folgt (Haring et al., 2016, S. 16 f.). Für ihn werden sowohl bewusste als auch unbewusste Lernprozesse als informell bezeichnet, sobald diese abseits von organisierten, strukturierten und kontrollierten Lernarrangements stattfinden. Damit sind eher ungeplante bzw. beiläufige Lernprozesse, die nicht in formalen Bildungseinrichtungen stattfinden, gemeint. In dieser Definition wird der Fokus also auf das Lernangebot gelegt und nicht darauf, was ein Lernender daraus macht. Ähnlich geht Overwien (2005, S. 343) vor, der mit Bezug zum Konzept des *Lebenslangen Lernens* eine Dreiteilung in formal, non-formal und informell vertritt (vgl. Europäische Kommission, 2001, S. 9, S. 32 f.):

Formales Lernen:

Lernen, das üblicherweise in einer Bildungs- oder Ausbildungseinrichtung stattfindet, (in Bezug auf Lernziele, Lernzeit oder Lernförderung) strukturiert ist und zur Zertifizierung führt. Formales Lernen ist aus der Sicht des Lernenden zielgerichtet.

Non-formales Lernen:

Lernen, das nicht in Bildungs- oder Berufsbildungseinrichtung stattfindet und üblicherweise nicht zur Zertifizierung führt. Gleichwohl ist es systematisch (in Bezug auf Lernziele, Lerndauer und Lernmittel). Aus Sicht der Lernenden ist es zielgerichtet.

Informelles Lernen:

Lernen, das im Alltag, am Arbeitsplatz, im Familienkreis oder in der Freizeit stattfindet. Es ist (in Bezug auf Lernziele, Lernzeit oder Lernförderung) nicht strukturiert und führt üblicherweise nicht zur Zertifizierung. Informelles Lernen kann zielgerichtet sein, ist jedoch in den meisten Fällen nichtintentional (oder inzidentell/beiläufig).

Für eine bestimmte Lernsituation ist diese Dreiteilung keine trennscharfe Kategorisierung. So betonen Haring et al. (2016, S. 18), dass die Schule etwa nicht ausschließlich als formales Lernsetting gesehen werden kann, denn dort können sowohl formale, im Kontext des Unterrichts, als auch informelle Lerngelegenheiten, z. B. im Kontext der Peerinteraktionen in der Pause, stattfinden. Und auch bezogen auf den Unterricht muss die Situation nach Haring et al. (2016) differenzierter gesehen werden:

„Aus einer anderen Perspektive betrachtet, werden im formalisierten Unterricht gleichzeitig auch Sachverhalte implizit gelernt und bestimmte außercurriculare Kompetenzen informell vermittelt, während der Kontakt zu der Peer Group im Rahmen unterrichtlicher Gruppenarbeitsphasen einen stark auf formale Lernprozesse ausgelegten Lerncharakter haben kann. Entscheidend ist in diesem Zusammenhang also keineswegs der Ort oder das Ziel, sondern vielmehr der Charakter der in diesem Setting stattfindenden Prozesse. Diese sind wiederum stark kontextabhängig.“ (S. 18).

Bezogen auf die vorliegende Studie ist also eine Verortung der Schülerlaborangebote im Begriffsdreieck *formal, non-formal* und *informell* nicht möglich, sondern muss differenzierter hinsichtlich der Art der Lernprozesse und Kompetenzaneignung innerhalb des Lernangebots betrachtet werden. Es zeigt sich also, dass auch die Lernenden in ihren Intentionen

und ihrer Nutzung der non-formalen Laborangebote einbezogen werden müssen, was in den meisten der Definitionsversuche noch zu wenig konzeptualisiert ist.

In der vorliegenden Studie ist versucht worden, sich den ablaufenden Prozessen mit Hilfe der Begriffe formal, non-formal und informell zu nähern, was an Grenzen stößt. In Anlehnung an die Definitionen der Europäischen Kommission können die Schülerlaborangebote generell als non-formal bezeichnet werden, da sie nicht in der Schule stattfinden und nicht zertifiziert werden. Das Handeln und speziell das Lernen in den Schülerlaboren stellt sich aus Sicht der Lernenden als zielgerichtet dar, was für non-formale und formale Lernangebote gleichermaßen gilt. Dies zeigt sich dadurch, dass die Schüler/innen im Schülerlabor verschiedene feststehende Experimentierstationen durchlaufen, die von Mitarbeitenden oder Studierenden relativ kleinschrittig angeleitet werden, sodass die Lernziele, die Lerndauer sowie die Lernmittel durch die Strukturierung des Angebotes vorgegeben sind. Zugleich umfasst das Angebot auch informelle Anteile, denn auch bei den angeleiteten Schülerlaborsituation können nicht-intendierte Prozesse stattfinden. Die drei Begriffe sind allerdings zu unscharf und zu wenig trennscharf gegeneinander, um einerseits die Angebote z. B. im Gegensatz zu schulischen zu charakterisieren und um andererseits die im Schülerlabor ablaufenden Prozesse im Detail zu modellieren. Denn die Begriffe beziehen sich auf eine generelle, äußere Struktur von Angeboten und auf Intentionen, aber nicht auf fachdidaktische Strukturen und kognitive Prozesse.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Begriffe formal, non-formal und informell eher als Heuristiken anzusehen sind, die für detaillierte Analysen von Schülerlaborangeboten nicht brauchbar sind.

3.2 Zwölf Dimensionen zur Charakterisierung von Lernangeboten in Schülerlaboren

Um die Idee des Informellen im Verhältnis zum Formalen beizubehalten, aber begrifflich differenzierter hinsichtlich der Erfassung von kognitiven Prozessen und von Gegebenheiten der Schülerlabore zu werden, wird ausgehend von 3.1 als nächster konzeptueller Schritt ein Begriffssystem entwickelt, das zwölf Begriffspaare umfasst. Diese bilden als psychologisch-didaktische Analysedimensionen jeweils eine Gegensätzlichkeit oder auch eine Komplementarität ab. Der Vorteil eines solchen Systems von Analysedimensionen ist, dass relativ schnell ein Profil der Ausprägung eines Schülerlaborangebots aufgestellt werden kann, mit dem eine vorläufige Bewertung des Angebots und der dadurch wahrscheinlich angeregten Prozesse ermöglicht ist. Auch Ableitungen für Änderungen der Angebotsstruktur sind auf einer generellen Ebene relativ leicht möglich, denn die Dimensionen stehen für „Stellschrauben“, mit denen Änderungen der Angebote vorgenommen werden können. Von Nachteil erscheint, dass die zwölf Dimensionen nicht unabhängig voneinander sind und sich die Charakterisierung in mehreren Dimensionen gleichzeitig ändern kann, wenn man etwas an der didaktischen Struktur ändert (vgl. Sajons & Komorek, 2018).

Dimension Aktivierung und Einbezug von Vorwissen. Mit dieser Dimension ist gemeint, inwieweit ein Schülerlaborangebot auf Vorwissen der Schüler/innen aufbaut und dieses explizit einbezieht (vgl. Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018). Ist ein Angebot unabhängig vom expliziten Einbezug des Vorwissens der Schüler/innen strukturiert, so kann es nicht

flexibel auf tatsächlich geäußerte fachliche Vorstellungen der Schüler/innen reagieren. Ist es dagegen so strukturiert, dass diese Vorstellungen bzw. das fachliche Vorwissen flexibel einbezogen werden, so ist es weniger determiniert und stärker reaktiv. In dieser Dimension ergeben sich also folgende Pole:

- *Angebot bezieht Vorwissen/fachliche Vorstellungen explizit ein:* Das (Experimentier-)angebot setzt Vorwissen voraus und baut darauf auf. Das Vorwissen wird durch explizite Nachfragen erhoben und es wird gestaltend miteinbezogen.
- *Angebot bietet notwendiges Wissen an:* Im Gegensatz dazu ist das Angebot nicht auf das Vorwissen der Schüler/innen angewiesen. Notwendiges Wissen wird aktiv bereitgestellt, sodass auch Schüler/innen ohne explizit erhobenes Vorwissen am Angebot teilhaben können.

Dimension Umgang mit Heterogenität. Hier geht es darum, inwiefern ein Lernangebot auf Heterogenität und individuelle Voraussetzungen eingestellt ist und als Reaktion differenziert vorgeht. Z. B. kann ein Angebot darauf setzen, die Heterogenität der Schüler/innen zu diagnostizieren und Unterschiede als Potential für die Aktivitäten nutzen (vgl. Vock & Gronostaj, 2017) (→ Bezug zur Dimension *Autonomieorientierung*). Die Pole sind hier:

- *Differenzierendes Angebot:* Das Angebot reagiert auf die Heterogenität und Diversität der Schüler/innen, indem z. B. Methoden der Differenzierung wie gestufte Hilfen oder Aufgabenstellungen, die individuelle Lösungswege unterstützen, eingesetzt werden.
- *Einheitliches Angebot:* Alle Schüler/innen tun zu jeder Zeit das Gleiche und bearbeiten Aufgaben auf die gleiche Weise. Auf unterschiedliche Voraussetzungen wird nicht eingegangen. Dafür kann aber in der immer gleichen Weise strukturiert vorgegangen werden.

Dimension Zielgerichtetheit. Diese Dimension bezieht sich darauf, ob eine Aktivität im Schülerlabor auf ein bestimmtes, für die Schüler/innen erkennbares Ziel hinausläuft oder aber eine Zieloffenheit besteht. Beispielsweise kann eine Aufgabenstellung mit dem festen Ziel verbunden sein, ein bestimmtes Problem zu lösen (→ Bezug zur Dimension *Problemorientierung*). Im Gegensatz dazu kann ein Angebot Schüler/innen anregen, ihre Ziele selbst zu definieren (→ Bezug zur Dimension *Autonomieorientierung*).

- *Vorgegebenes Ziel:* Die Angebote/Experimentierangebote steuern ein bestimmtes, vorgegebenes Ziel an, z. B. den Bau eines bestimmten Windrades, das ggf. als Muster vorgegeben ist. Es wäre dann zu fragen, ob das vorgegebene Ziel klar und transparent formuliert ist und wer genau dieses Ziel festgelegt hat. Risiko: Unterbewertung der Ideen der Schüler/innen.
- *Selbstgewähltes Ziel:* Die Ziele der Aktivitäten im Schülerlabor werden durch die Schüler/innen selbst gesteckt. Sie verfolgen z. B. ein eigenes Konstruktionsziel oder eine eigene Untersuchung. Es wäre dann zu fragen, ob den Schüler/innen klar wird, dass sie diese Ziele selbst setzen dürfen und auch sollen. Risiko: Überforderung einzelner.

Dimension Kontextorientierung. Hier ist gemeint, ob ein Schülerlabor-Angebot auf die Orientierung und Integration von (komplexen) Kontexten (→ Bezug zur Dimension *Multiperspektivität*) setzt oder vom Konkreten abstrahiert mit dem Ziel, eine

dekontextualisierte Fachstruktur aufzubauen. Bei einer Kontextstrukturierung bestimmt der Kontext die Struktur des Angebotes (Nawrath & Komorek, 2013). Beispielsweise können in einem Angebot Probleme und Aufgabenstellungen durch den Kontext definiert sein („Antrieb eines Bootes“ → Bezug zur Dimension *Produktorientierung*). Die Pole sind:

- *kontextualisiert (kontextstrukturiert)*: Der Kontext bestimmt die Strukturierung des Angebots; durch ihn werden die Probleme und Aufgabestellungen definiert und stellen eine Stringenz her. Fachliche Elemente werden da eingespeist, wo sie zum Verständnis des Kontextes notwendig sind. Beispiel: Der Kontext Deichbau mit seinen geografischen, naturwissenschaftlichen und politischen Bezügen.
- *dekontextualisiert (fachstrukturiert)*: Die fachliche abstrahierte Sachstruktur bestimmt die Strukturierung des Angebots. Ein Angebot setzt sich z. B. mit mechanischen Kräften auseinander (Trägheit, Beschleunigung), um Erkenntnisse auf verschiedene Situationen übertragen zu können.

Dimension Mehrperspektivität. Hiermit ist gemeint, ob Themen nur aus einer einzigen fachlichen Perspektive heraus betrachtet werden oder ob Disziplingrenzen überschritten und unterschiedliche Perspektiven aufgegriffen werden. Die Pole sind:

- *multiperspektivisch*: Das Angebot/Experimentierangebot thematisiert Perspektiven unterschiedlicher Fachdisziplinen oder Schulfächer, ggf. in expliziter Weise. Ein Beispiel wäre die Meeresforschung als Thema im Schülerlabor, denn hier können die Perspektiven der Biologie, Chemie, Geografie, Geologie, Physik, Ökologie, Geophysik, ... verknüpft werden (→ Bezug zur Dimension *Kontextorientierung*). Risiko: hohe Komplexität.
- *monoperspektivisch*: Im Gegensatz dazu fokussiert das Angebot auf eine einzelne fachliche Perspektive und geht nicht darüber hinaus. Risiko: begrenzter Geltungsbereich.

Dimension Produktorientierung. Mit dieser Dimension ist gemeint, ob Schüler/innen während der Aktivitäten im Schülerlabor selbst ein Produkt, z. B. ein Fahrzeug, herstellen (→ Bezug zu den Dimensionen *Kontextorientierung* und *Selbstwirksamkeitswahrnehmung*). Beispielsweise kann an einem solchen Produkt an mehreren Stationen im Schülerlabor weitergearbeitet werden; dem Produkt wäre dann eine „globale“ Bedeutung zuzuschreiben. Im Gegensatz dazu kann das Produkt auch eine „lokale“ Bedeutung haben, wenn es nur an einer einzigen Station genutzt wird:

- *keine Produkte oder lokale Bedeutung von Produkten*: Pro Station oder Aufgabe entstehen keine Produkte oder solche mit lokaler Bedeutung, die an den anderen Stationen nicht wieder aufgegriffen werden.
- *globale Bedeutung von Produkten*: Pro Station oder Aufgabe entstehen Zwischenprodukte, die erneut aufgegriffen und in den Zusammenhang gestellt werden. So können z. B. die verschiedenen Elemente eines Solarbootes an einzelnen Stationen hergestellt werden, bevor sie zum kompletten Solarboot zusammengesetzt werden.

Dimension Ausrichtung an Kerncurricula. Mit dieser Dimension ist gemeint, ob ein Angebot thematisch oder von der Kompetenzorientierung an das Kerncurriculum angebunden ist. Hier lassen sich diese Pole definieren:

- *Enge Orientierung am KC:* Ein Angebot ist dann curriculumsnah, wenn es Kompetenzen des Fachwissens, der Erkenntnisgewinnung, der Kommunikation oder der Bewertung, wie sie die Bildungsstandards fordern, oder Forderungen der Schulcurricula unterstützt.
- *KC-überschreitend:* Die Angebote sind curriculumsfern, wenn sie z. B. Problemstellungen aus dem Bereich moderner fachlicher Forschung oder komplexe Schlüsselprobleme/-aufgaben der Gesellschaft wie Energieversorgung oder Digitalisierung aufgreifen, die das Curriculum nicht disziplinübergreifend abbildet (→ Bezug zur Dimension Multiperspektivität).

Dimension Autonomieorientierung. Diese Dimension betrifft die Frage, ob Schüler/innen selbst im Austausch mit ihren Mitschüler/innen (→ Bezug zur Dimension *Modi der Interaktion*) über ihr Vorgehen, die Zielsetzungen, Verfahren, Produkte und Kontexte entscheiden können, ihnen also eine gewisse Autonomie und Selbststeuerung (vgl. Deutsches Institut für Erwachsenenbildung, 2016) zugebilligt wird. Diese im Prinzip wünschenswerte Ausrichtung des Angebots kann allerdings mit einer hohen kognitiven Anforderung oder sogar Überforderung verbunden sein. Im Gegensatz dazu können die zentralen Entscheidungen durch die Betreuenden (→ Bezug zur Dimension *Rolle des Personals*), die Struktur des Angebots oder die Arbeitsmaterialien vorgegeben sein. Dies sichert für bestimmte Schüler/innen, dass sie nicht überfordert werden und wichtige Lernschritte tatsächlich durchlaufen. Allerdings können andere Schüler/innen dadurch kognitiv unterfordert sein (→ Bezug zur Dimension *Heterogenität* und *Unterstützung der Selbstwirksamkeitswahrnehmung*).

- *Selbststeuerung:* Die Prozesse werden durch die Schüler/innen gestaltet; der Schwerpunkt der Lernaktivitäten liegt beim Lernenden. Es wird eine eigenverantwortliche, selbsttätige und entdeckende Auseinandersetzung des Lernenden mit seiner Umgebung im Austausch mit anderen unterstützt. Dabei haben die Lernenden verschiedene Freiräume und können eigenständige Entscheidungen fällen.
- *Fremdsteuerung:* Die Prozesse werden durch die Betreuenden, durch die Struktur des Angebots und durch die Führung des Arbeitsmaterials bestimmt und gesteuert. Die Schüler/innen können nicht autonom agieren (und sich auch nicht als autonom wahrnehmen). Aber die Strukturierung kann für bestimmte Schüler/innen kognitiv gut passen.

Dimension Modi der Interaktion. Mit dieser Dimension ist gemeint, inwiefern ein Angebot explizit auf die Interaktion der Schüler/innen setzt und diese darin unterstützt, z. B. beim Experimentieren oder beim Konstruieren. Unterschiedliche Herangehensweisen der Förderung von Interaktion lassen sich in zwei Polen gegenüberstellen:

- *Kaum oder stark gelenkte Interaktionen:* Das Angebot setzt entweder auf Einzelarbeit (Schüleraktivität, aber kaum Interaktion) oder auf die Interaktion einzelner Schüler/innen oder Schülergruppen mit dem Leitenden des Angebots (mit gelenkten dyadischen Unterrichtsgesprächen unter Dominanz des Leitenden).
- *Kooperative Interaktionsprozesse:* Das Angebot unterstützt den inhaltlichen und sozialen Austausch zwischen den Schüler/innen.

Dimension Problemorientierte Aufgabenstellungen. Hierbei geht es darum, ob das Angebot offene Problemlöseaufgaben oder strukturierte, instruktional ausgerichtete Aufgaben unterstützt (Kipman, 2018). So können Aufgaben ein Problem in den Mittelpunkt stellen und einen Zielzustand beschreiben (→ Bezug zur Dimension *Zielgerichtetheit*), wobei der Weg dahin offen ist und auf unterschiedliche Weise erreicht werden kann (→ Bezug zur Dimension *Autonomieorientierung* und zur *Unterstützung der Selbstwirksamkeitswahrnehmung*). Bei instruktional-orientierten Aufgaben sind Ziel und Weg vorgegeben, so dass Unterstützung bestimmter Schüler/innen möglich ist, ohne kognitiv zu überfordern. Es ergeben sich diese Pole:

- *Problemlöseaufgaben:* Das Angebot setzt auf Problemlöseaufgaben, bei denen eine offene Problemsituation und ein definiertes Ziel existieren, der Weg dahin jedoch offen ist. Diese Aufgaben unterstützen Schüler/innen, in einer Problemsituation nach einem Lösungsweg zu suchen. Bei der Suche nach einem Lösungsweg werden spezielle Einfälle und neuartige Verbindungen vorhandener Wissensbestände benötigt.
- *Instruktional-orientierte Aufgaben:* Das Angebot unterstützt Schüler/innen, mit Hilfen und definierten Wegen, zu einem Ziel zu kommen.

Dimension Unterstützung der Selbstwirksamkeitswahrnehmung. Es geht um die Ausrichtung des Angebots, Schüler/innen die Wahrnehmung der eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten und der Wirksamkeit ihres Tuns zu ermöglichen und dies zu unterstützen (vgl. Bandura, 1977; Deci & Ryan, 2012). Dazu können bestimmte Aufgabenstellungen oder explizite Reflexionen und Feedbacks von Lösungswegen beitragen, die den Schüler/innen ihre eigene Wirksamkeit vor Augen führen. Dies ist dann der Fall, wenn sie z. B. eine Aufgabe selbst oder in der Gruppe lösen oder wenn sie merken, dass sie Wissen aufbauen und es auf neue Situationen und Probleme anwenden können:

- *Explizite Ausrichtung an der Wahrnehmung der eigenen Wirksamkeit:* Das Angebot liefert Erfolgsrückmeldungen an die Schüler/innen, die ihnen verdeutlichen, worin und wodurch sie erfolgreich sind. Es institutionalisiert das Feedback des Leitenden. Die Struktur des Angebots sichert, dass Schüler/innen weder unter- noch überfordert sind (→ Bezug zu der Dimension *Umgang mit Heterogenität*) und ihnen von den Leitenden schwierige Aufgaben zugetraut werden (→ Bezug zur Dimension *Unterstützung von Autonomie*).
- *Keine oder unsystematische Ausrichtung an der Wahrnehmung der eigenen Wirksamkeit:* Hier ist das Angebot nicht explizit darauf ausgelegt, Selbstwirksamkeit zu erfahren; sie ist aber auch nicht verhindert.

Dimension Rolle des Schülerlabor-Personals und der Lehrkräfte. Einerseits können die Leitenden die Denk- und Lernprozesse der Schüler/innen relativ eng führen, unterstützen, steuern oder hemmen (→ Bezug zur Dimension *Unterstützung von Autonomie*). Andererseits können die Leitenden im Schülerlabor individuelle, nicht vorhersehbare Ideen und Prozesse der Schüler/innen aktiv unterstützen, wodurch aber ablaufende Prozesse weniger planbar werden (→ Bezug zur Dimension *Einbezug von Vorwissen*). Die beiden Pole sind hier:

- *Leitende und Lehrkräfte führen eng:* Unter Umständen fördern diese Personen zwar die Prozesse der Schüler/innen, reflektieren sie und geben ihnen ein Feedback, allerdings beschränken sie die Entscheidungsfreiheiten der Schüler/innen, behindern oder stoppen sie, eigene Wege zu denken. Die Leitenden fungieren als „Lernbestimmer“.
- *Begleitende Personen folgen den Ideen der Schüler/innen:* Die Angebote setzen darauf, dass die begleitenden Personen die Schüler/innen darin unterstützen, ihre eigenen Ideen zu verfolgen; die Leitenden wirken als „Lernbegleiter“.

Die zwölf Dimensionen wurden für den Prozess der Analyse in Form eines Beobachtungsrasters operationalisiert. Im Raster werden dem Rater die Dimensionen bzw. die jeweiligen Pole schriftlich vergegenwärtigt, sodass der Rater eine Orientierung für seine Einträge hat. Die konkrete Gestalt des Beobachtungsrasters wird hier nicht weiter erläutert, ist aber im Anhang zu finden (vgl. Anhang 15.1.1). Mit seiner Hilfe sind in einem pilotartigen Vorgehen die Schülerlaborangebote in dieser Studie begleitend, also in der tatsächlichen Situation vor Ort, analysiert worden. Zu jeder Dimension sind auf Grundlage von Beobachtungen kurze Beschreibungen einer Situation vorgenommen worden, teilweise während der Beobachtung, teilweise ergänzend im direkten Anschluss an die Beobachtung.

Das Raster wurde pro Laborangebot von zwei bis drei Ratern eingesetzt (von der Autorin und von wissenschaftlichen Hilfskräften). Es zeigt sich, dass die Rater vertraut sein müssen mit den Dimensionen und den Polen, also sehr gut geschult. Aufgrund der zwölf Dimensionen, die nicht trennscharf sind, erfolgte teilweise eine kognitive Überforderung der Rater. Beschreibungen wurden oft mehreren Dimensionen zugeordnet. Die Dimensionen liegen zudem auf verschiedenen Ebenen. Während eine Dimension wie die problemorientierten Aufgaben eine relative Nähe zu den kognitiven Prozessen der Schüler/innen hat, ist dies bei der Fragen nach der Curriculumkonformität nicht der Fall. Damit sind nicht alle Dimensionen zielführend für die Aufklärung der didaktischen Struktur und der ablaufenden Denk- und Lernprozesse.

Dennoch leisten die zwölf Dimensionen einen Zugang zur Profilierung der Schülerlaborangebote hinsichtlich der didaktischen Strukturierungen von in der Fachdidaktik und Lernpsychologie als relevant diskutierten Aspekten. Die komplexe Handhabung des Rasters und seine noch geringe Auflösung bezüglich kognitiver und motivationaler Detailprozesse fordern einerseits eine Vereinfachung und andererseits eine größere Auflösung und Nähe zu den ablaufenden Prozessen. Im weiteren Fortgang der methodischen Justierung ist auf drei Dimensionen reduziert und kognitive Verarbeitungsprozesse sind in das Raster integriert worden.

3.3 Fokussierung auf die Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung

Aufgrund der geschilderten Schwierigkeit der Operationalisierung und der Einsetzbarkeit im Feld ist in der vorliegenden Studie auf drei der Dimensionen fokussiert worden. Es wurde entschieden, die Dimensionen der Kontextorientierung, der Orientierung an Problemlöseaufgaben und der Orientierung an der Ermöglichung autonomen Handelns der Schüler/innen auszuwählen. Für die Fokussierung auf genau diese drei Dimensionen gibt es gute Gründe. Was sich oben als Schwierigkeit abgezeichnet hat, dass die vielen

Dimensionen nicht unabhängig voneinander sind, birgt den Vorteil, sie zu clustern. Die anderen Dimensionen lassen sich den drei Dimensionen weitgehend zuordnen. Dies zeigte sich bereits in den Beschreibungen der Dimensionen in Abschnitt 3.2, wo Bezüge zwischen den Dimensionen angedeutet sind. Die Zuordnung der drei Cluster ist in der Abbildung 3.1 grafisch dargestellt. Diese zunächst aus pragmatischen Gründen vorgenommene Reduktion auf drei Dimensionen lässt sich aus zwei Perspektiven legitimieren und begründen. In Abschnitt 3.4 werden aktuelle Bildungskonzeptionen daraufhin geprüft, inwieweit sie die drei betrachteten Dimensionen als zentral für eine aktuelle, ggf. naturwissenschaftliche Bildung einstufen. Eine zweite Legitimierung wird dadurch erreicht (Abschnitt 3.5), dass die Interviews mit den Leitenden und pädagogisch Verantwortlichen der drei kooperierenden Schülerlabore daraufhin analysiert werden, welche Bedeutung die Interviewten Kontexten, Problemlöseaufgaben und der Unterstützung von Autonomie durch ihre Angebote zuweisen.

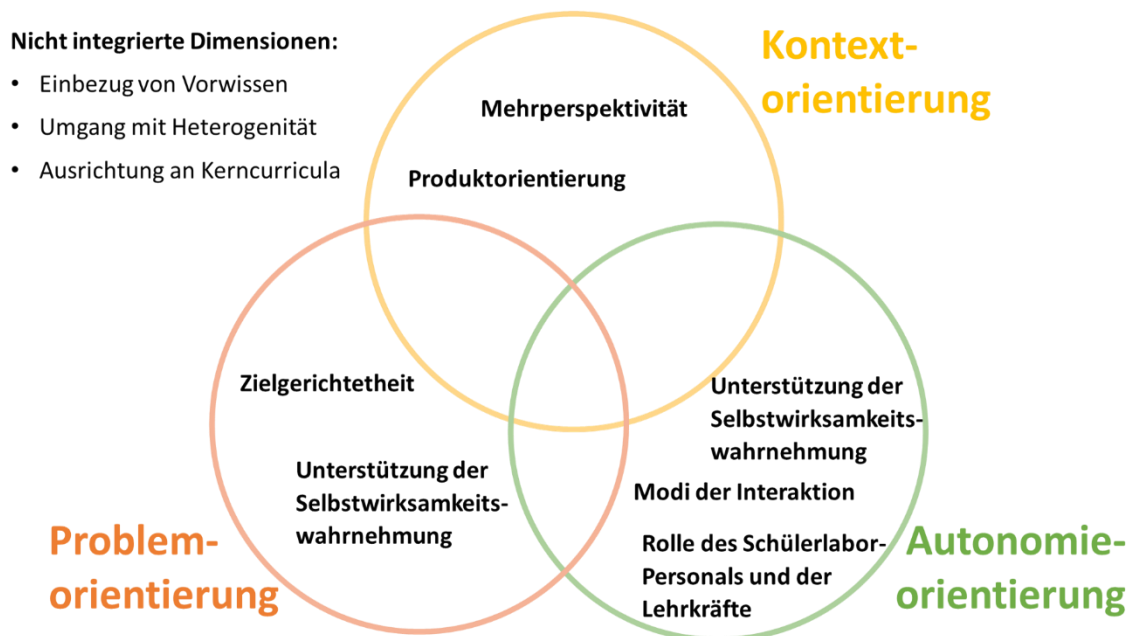


Abbildung 3.1 Integration einiger Dimensionen in den drei zentralen Dimensionen

3.4 Erste Legitimation der Fokussierung auf drei Dimensionen: Bezug zu Bildungskonzeptionen

Es sollen hier aktuelle Bildungskonzeptionen daraufhin geprüft werden, inwiefern sich dort die drei in dieser Studie herausgehobenen Dimensionen der Ausrichtung von Schülerlaborangeboten wiederfinden lassen und welche Bedeutung ihnen dort zugewiesen wird. Die hier herangezogenen Bildungskonzeptionen sind:

- Naturwissenschaftliche Grundbildung zum einen im Sinne von Scientific Literacy des PISA Frameworks 2018 (OECD, 2019) als internationale Perspektive auf MINT-

- Bildung sowie im Sinne der Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte Bildungskommission (GDNÄ, 2010),
- die Ziele, die den Bildungsstandards und den Kerncurricula der Länder zugrunde liegen (hier exemplarisch Niedersachsen und Sachsen sowie der Lehrplan 21 der Schweiz),
 - das Konzept Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (BNE) als von der UNESCO (2008) deklariertes Bildungsziel,
 - die in international, vor allem in den USA, viel diskutierte Bildungsinitiative „Deeper Learning Movement“ (American Institute for Research, 2014),
 - Ziele zur Nachwuchsförderung (acatech & Körber-Stiftung, 2014),
 - Ziele des außerschulischen Lernens, wobei hier zum einen die Überlegungen von Cathleen Grunert (2012) genauer betrachtet werden, die theoretische und empirische Perspektiven auf außerschulische Handlungsfelder zusammenfasst, und zum anderen Ziele des Vereins „LernortLabor“ der Schülerlabore.

Dabei soll es hier nicht um eine ausführliche Darstellung der Zielkonzeptionen gehen, sondern darum, herauszustellen, inwieweit die drei Dimensionen sich dort widerspiegeln und welche Rolle sie dort spielen.

3.4.1 Problemorientierung

Grundbildung: In der Diskussion um die Ziele von MINT-Bildung ist die Bildungskonzeption scientific literacy, die weitgehend deckungsgleich zum Konzept naturwissenschaftlicher Grundbildung ist, viel diskutiert und bildet den wissenschaftlichen Rahmen insbesondere für die PISA-Studien (vgl. *Scientific Framework*, OECD, 2019). Sie wird wie folgt definiert: „Scientific literacy is the ability to engage with science-related issues, and with the ideas of science, as a reflective citizen. A scientifically literate person, therefore, is willing to engage in reasoned discourse about science and technology“ (OECD, 2019, S. 100). In diesem Sinne wird der Problemorientierung ein hoher Stellenwert zugeschrieben, die u.a. für eine flexible Nutzung von fachlichem Wissen sorgen und das Agieren in komplexen Kontexten ermöglichen soll:

„Dieses Verständnis naturwissenschaftlicher Grundbildung zielt nicht nur auf das Wiedergeben des in der Schule erworbenen Wissens. Vielmehr steht im Mittelpunkt, inwieweit Jugendliche dieses Wissen in unterschiedlichen, alltagsnahen Kontexten, in denen Naturwissenschaften und Technik eine Rolle spielen, sinnvoll und problemlösend anwenden können (Bybee & McCrae, 2011). Eine solche Grundbildung befähigt Schülerinnen und Schüler, aktiv an gesellschaftlichen Prozessen teilzuhaben und ihre Lebensumwelt mitzugestalten (Prenzel et al., 2001). Sie bildet außerdem das Fundament für lebenslanges Lernen.“ (Schiepe-Tiska, Rönnebeck & Neumann, 2019)

Das Problemlösen wird hier als eine wesentliche Fähigkeit beschrieben, die Schüler/innen durch den Unterricht erlangen sollen, weil es im Arbeits- als auch im Privatleben immer Problemsituationen gibt und die Fähigkeit zur Lösung derselben somit zum Erfolg gesellschaftlicher Teilhabe beiträgt:

„Students need to prepare for careers that require the ability to work effectively in groups and to apply their problemsolving skills in these social situations (Brannick and Prince, 1997; Griffin, Care and McGaw, 2011; National Research Council, 2011a; Rosen and Rimor, 2012). There has been a marked shift from manufacturing to information and knowledge services. Much of the problem-solving work carried out in the world today is performed by teams in an increasingly global and computerised economy. However, even in manufacturing, work is seldom conducted by individuals working alone. Moreover, with the greater availability of networked computers, individuals are increasingly expected to work with diverse teams spread across different locations using collaborative technology (Kanter, 1994; Salas, Cooke and Rosen, 2008).“ (OECD, 2017, S. 132)

Dieser hohe Stellenwert wird auch in der Diskussion der Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften von der GDNÄ Bildungskommission hervorgehoben, die das Problemlösen als eine der fünf wichtigsten allgemeinwissenschaftlichen Fertigkeiten für naturwissenschaftliches Arbeiten auflistet (GDNÄ, 2010). Sie beschreiben das Problemlösen als die „anspruchsvollste und komplexeste kausalanalytische Fertigkeit“ (ebd., S. 144). Zusammen mit weiteren Fertigkeiten sei das Problemlösen „von so hohem Rang, dass man durchaus berechtigt sei, die Naturwissenschaften als eine ‚Kultur sui generis‘ des Homo sapiens zu bezeichnen.“ (ebd., S. 141)

Bildungsstandards: Auch die von der Kultusministerkonferenz verabschiedeten Bildungsstandards sehen im Problemlösen ein wichtiges Bildungsziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In Niedersachsens Kerncurricula findet das Problemlösen bei allen Schularten eine ähnlich große Bedeutung, wie etwa beim Sachunterricht: „Derartige Strategien sind Elemente zur Erlangung übergreifender Methodenkompetenz, die Schülerinnen und Schüler dazu befähigt, Aufgaben und Problemstellungen selbstständig und lösungsorientiert bearbeiten zu können.“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1-4 Sachunterricht, 2006, S. 7) Im Kerncurriculum für integrierte Gesamtschulen wird z. B. im Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung das Problemlösen hervorgehoben: Die Schüler/innen „benennen Arbeitsverfahren in ihren Grundzügen und wenden sie mit angemessener Sorgfalt auf experimentelle Probleme an.“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule Schuljahrgänge 5-10 Naturwissenschaften, 2012, S. 40) Für die Hauptschulen wird ebenfalls im Kerncurriculum das Problemlösen aufgeführt, wie z. B. die Beschreibung der Bedeutung des experimentellen Arbeitens zeigt: „Ihre Rolle beim Kompetenzerwerb können sie am besten erfüllen, wenn sie in alltäglichen Situationen zur Problemlösung herangezogen werden. So werden Anwendung und Wirkung von physikalischen Gesetzen im Alltag deutlich.“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für die Hauptschule Schuljahrgänge 5-10 Naturwissenschaften, 2007, S. 16) Im Kerncurriculum für das Gymnasium der Schuljahrgänge 5-10 wird ebenfalls das Problemlösen aufgegriffen, um den Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften zu beschreiben: „Sie [Elemente der in den Naturwissenschaften aufgebauten Methodenkompetenz] dienen Schülerinnen und Schülern dazu, sich Informationen zu beschaffen, zu interpretieren und kritisch zu bewerten und fördern die Fähigkeit, Aufgaben und Problemstellungen selbstständig und lösungsorientiert zu bearbeiten.“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für das

Gymnasium Schuljahrgänge 5-10 Naturwissenschaften, 2015, S. 8)

Im Kerncurriculum für das Gymnasium (Physik) wird ausgeführt, dass das erfolgreiche Lösen von Problemen im Physikunterricht dazu beitrage, dass die Schüler/innen eine fragende Haltung herausbilden, die lebenslanges Fragen, daraus resultierendes Streben nach Weiterbildung und somit erst Bildung im eigentlichen Sinne ermöglicht (vgl. ebd., S. 14). Aus diesem Grund wird das Problemlösen als eine wichtige anzuzielende prozessbezogene Kompetenz im Kerncurriculum aufgeführt (vgl. ebd., S. 16). Dadurch ergibt sich auch eine bestimmte Aufgabenkultur, die im Kerncurriculum gefordert wird. So sollen zum Beispiel Gruppen- und Projektarbeiten eingesetzt werden, um die Schüler/innen zum eigenständigen erfolgreichen Problemlösen zu bringen. Dies sei deswegen so wichtig, weil die „[...] Fähigkeit, Probleme zu lösen, [...] sehr anspruchsvoll [ist]. Sie entwickelt sich nur, wenn die Lernenden sich bei der Problemlösung immer wieder als erfolgreich erleben.“ (ebd., S. 19) Daraus folgend, wird im Kerncurriculum argumentiert, sind verschiedene Formen von Problemlöseaufgaben in den Unterricht zu integrieren:

„Zur Unterstützung der Entwicklung dieser Fähigkeit können genaue Anleitung und feste Strukturierung hilfreich sein, wenn die Probleme aus Sicht der Lernenden neuartig oder komplex sind. Offene Problemstellungen können eher in bekannten Zusammenhängen für Schülerinnen und Schüler eine angemessene Herausforderung darstellen.“ (ebd., S. 19)

Auch bei allen anderen aufgeführten Prozesskompetenzen wird das Problemlösen mit aufgeführt und so die Bedeutung hervorgehoben. So wird zum Beispiel die Prozesskompetenz „Mit Modellen arbeiten“ mit Bezug zum Problemlösen dargestellt und ein angemessener Umgang mit Modellen in Problemsituationen als Ziel beschrieben: „Die Schüler/innen ziehen Modellvorstellungen als Hilfsmittel zur Problemlösung heran.“ (ebd., S. 22) Darüber hinaus werden auch bei den inhaltsbezogenen Kompetenzen im Kerncurriculum Verbindungen zum Problemlösen hergestellt. So wird zum Beispiel im Themenbereich Energie für den Doppeljahrgang 9/10 nicht nur das reine Fachwissen aufgeführt, sondern auch hier die Anwendung in Problemsituationen gefordert: „Die Schüler/innen formulieren den Energieerhaltungssatz und nutzen ihn zur Lösung einfacher Aufgaben und Probleme.“ (ebd., S. 39) Während in der Unter- und Mittelstufe oftmals noch von einfachen Problemen gesprochen wird, wird dies im Kerncurriculum für die Oberstufe weiter vertieft und auch angezielt, dass die Schüler/innen zur Problemlösung zusätzlich ausgewählte Fachliteratur bei komplexeren Problemsituationen heranziehen und Experimente selbstständig zur Problemlösung nutzen (vgl. Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe Physik, 2009, S. 22).

Schaut man in Lehrpläne anderer Bundesländer, setzt sich dieses Bild fort. So wird z. B. im sächsischen Lehrplan das Problemlösen als Beitrag des Physikunterrichts zur allgemeinen Bildung in der Mittelschule beschrieben: „Der Physikunterricht trägt zur Persönlichkeitsentwicklung bei. Gemeinsames Experimentieren und Problemlösen fördern sowohl Kommunikations- und Teamfähigkeit als auch Kreativität und Fantasie.“ (Sächsisches Staatsinstitut für Bildung und Schulentwicklung, Lehrplan Mittelschule - Physik, 2009, S. 2) Dies führt der Lehrplan für das Gymnasium noch weiter aus und beschreibt den Problemlöseprozess wie folgt als wichtiges Bildungs- und Erziehungsziel von Physikunterricht:

„Sie lernen, planvoll zu beobachten und zu beschreiben, zu analysieren, zu ordnen und zu synthetisieren. Sie entwickeln die Fähigkeit, problembezogen deduktiv oder induktiv vorzugehen, Hypothesen zu bilden sowie zu überprüfen und gewonnene Erkenntnisse zu transferieren. Sie lernen in Alternativen zu denken, Phantasie und Kreativität zu entwickeln und zugleich Lösungen auf ihre Machbarkeit zu überprüfen. (Problemlösestrategien)“ (Sächsisches Staatsinstitut für Bildung und Schulentwicklung, Lehrplan Gymnasium Physik, 2011, S. VIII)

Der schweizerische Lehrplan 21 (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2016a) beschreibt in Form von fachlichen und überfachlichen Kompetenzen, was Schüler/innen wann in ihrer Schullaufbahn können und wissen sollen. Dieser kontinuierliche Aufbau von fachlichen und überfachlichen Kompetenzen basiert darauf, dass kein reines Faktenwissen, sondern ein „Verstehen, Analysieren und Strukturieren von Informationen hin zum Lösen von Problemen und zur Anwendung des erworbenen Wissens in neuen Zusammenhängen“ (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2016b., S. 8) im Lehrplan 21 gefordert wird. Hier rücken also die für den Kompetenzerwerb notwendigen Aneignungs-, Lern- und Problemlöseprozesse der Schüler/innen in den Fokus des schulischen Unterrichts. So werden Schüler/innen im Lehrplan 21 dann als kompetent beschrieben, wenn sie unter anderem „über fachbedeutsame (wahrnehmungs-, verständnis- oder urteilsbezogene, gestalterische, ästhetische, technische ...) Fähigkeiten und Fertigkeiten zum Lösen von Problemen und zur Bewältigung von Aufgaben verfügen“ (ebd., S. 7). Dem Problemlösen wird somit eine wichtige Rolle zugeschrieben, denn die Schüler/innen sollen im Laufe ihrer Schullaufbahn im Bereich Natur und Technik zunächst vor allem „explorieren (spielerisch an einer Problemlösung arbeiten)“, dann „laborieren (angeleitet Versuche durchführen) und Phänomene der belebten und unbelebten Natur untersuchen“, um letztendlich „vollständige Experimentierabläufe zu absolvieren (Fragen stellen, Hypothesen bilden, Untersuchung oder Experimente planen, durchführen und auswerten, schlussfolgern, Ergebnisse darstellen und reflektieren)“ (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2016a, S. 11).

Bildung für eine nachhaltige Entwicklung: Neben den Kerncurricula wurden von der Kultusministerkonferenz der Länder zusammen mit der UNESCO auch Ziele hinsichtlich einer Bildung für eine nachhaltige Entwicklung formuliert, um die Vision von Bildung und Erziehung zu erreichen, „die allen Menschen helfen soll, die Welt, in der sie leben, besser zu verstehen und im Sinne der Nachhaltigkeit zu verändern.“ (KMK & DUK, 2007, S. 2) So soll sichergestellt werden, dass die Schüler/innen befähigt werden, eine ökologische, wirtschaftliche und soziale Umwelt zu gestalten und die Schlüsselqualifikationen der BNE, die so genannte Gestaltungskompetenz (de Haan, 2006), aufzubauen. Diese Gestaltungskompetenz setzt sich aus sechs Schlüsselqualifikationen zusammen, von denen eine die „System- und Problemorientierung“ ist, die von Kompetenzen zur Informationsgewinnung und des vernetzenden Denkens ausgeht (BLK, 1998). Um dieses abstrakte Ziel greifbarer zu machen, wurden im Rahmen des Programms *Transfer 21* drei Unterrichts- und Organisationsprinzipien zum Erwerb von Kompetenzen zum Umgang mit Schlüsselproblemen abgeleitet. Diese greifen die Schlüsselqualifikation der System- und Problemorientierung auf und gehen von der „Notwendigkeit ‚vernetzten Denkens‘, insbesondere der Vernetzung von Natur- und Kulturwelt und der Entwicklung entsprechender Problemlösungskompetenzen

aus.“ (ebd., S. 5)

Im „Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung“ wird ebenfalls ein Fokus auf das Problemlösen gelegt, zu dem die einzelnen Fächer beitragen sollen:

„Kernkompetenzen des Lernbereichs Globale Entwicklung sind insgesamt als übergreifende (transversale) Kompetenzen erforderlich, nicht nur auf dem Arbeitsmarkt, sondern auch im privaten und politischen Leben. Sie verbinden sich untereinander sowie mit bestimmten Teilkompetenzen verschiedener Fächer zu komplexen Kompetenzen im Sinne der Definition von Franz E. Weinert (Weinert 2001a, S. 27 f.): Kompetenzen sind ,die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (Siege & Schreiber, 2015, S. 88)

Wie bei Scientific Literacy und den Kerncurricula wird mit Bezug zum globalen Lernen von einer bestimmten anzuzielenden Aufgabenkultur gesprochen, die „komplexe (Entscheidungen zwischen alternativen Möglichkeiten) und (individuell und gesellschaftlich) bedeutungsvolle Aufgaben/Probleme“ (ebd., S. 117) umfasst; die Bearbeitung von Problemlöseaufgaben wird somit im Sinne einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung als relevant eingestuft.

Deeper Learning: Auch andere Bildungsinitiativen schreiben dem Problemlösen eine große Bedeutung zu wie zum Beispiel die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte „Deeper Learning Initiative“, die an der Heidelberg School of Education angesiedelt ist und eine Pädagogik verfolgt, die Menschen in der Welt des 21. Jahrhunderts gerecht werden soll:

„Das Deep Learning ist ein Lernen für das 21. Jahrhundert in dem Sinne, in dem es Wissen einerseits und Kompetenzentwicklung andererseits als gleichermaßen wichtige und komplementäre Bestandteile eines zeitgemäßen Lernens erkennt. Deep Learning bedeutet zentrale Wissenskonzepte nicht an der Oberfläche, sondern tiefgreifend zu durchdringen und zu verstehen. Beim Deep Learning folgt auf eine Phase der anspruchsvollen Wissensvermittlung (auch durch die direkte Instruktion) eine Phase der ko-konstruktiven Verarbeitung des Wissens. Kritisches Denken, das Lösen von komplexen Problemen, Teamwork und kreatives Arbeiten stehen dabei im Vordergrund (Gonring/Ramsey 2016).“ (Sliwka, 2018, S. 87)

Dabei werden sechs Kompetenzen beschrieben, die im Sinne des Deep Learning gefördert werden sollen (Chow, 2010; Hewlett Foundation, 2013, S. 2-4). Dazu gehören (1) das Verstehen von fachlichen Kerninhalten, (2) das kritische Denken und die Fähigkeit zum Lösen komplexer Probleme, (3) die Fähigkeit zur Zusammenarbeit in Teams, (4) die Fähigkeit zur effektiven Kommunikation, (5) das Lernen zu lernen sowie (6) die Entwicklung einer lernorientierten Haltung (Schüler/innen sollen sich als Lernende selbstwirksam wahrnehmen). Hier wird das Problemlösen als eines der zu fördernden Fähigkeiten in den Fokus gerückt und gefordert: „Die Jugendlichen sollen in die Lage versetzt werden, Strategien und Methoden, die sie im Fachunterricht erlernen, zum Erkennen und Lösen von Problemen einzusetzen.“ (Sliwka, 2018, S. 90) Dabei seien Fähigkeiten wie Kreativität, Querdenken und

Beharrlichkeit notwendig, die im 21. Jahrhundert von besonderer Bedeutung sind; aber auch anspruchsvolles Fachwissen ist unabdinglich. Die Schüler/innen sollen erkennen, „[...] dass es beim Lernen nicht darauf ankommt, Wissen kurzfristig auswendig zu lernen, um es in Tests wiederzugeben, sondern vor allem darauf, das Neuerlernte später in komplexen Handlungssituationen anwenden zu können, um Probleme zu lösen, Aufgaben zu bewältigen oder Projekte zu realisieren.“ (ebd., S. 93) Deswegen wird hier weiter argumentiert, dass Phasen der Instruktion, in denen die Lehrkräfte kognitive Wissensstrukturen vermitteln, und Phasen der Ko-Konstruktion, in denen Jugendliche das Wissen anwenden, zwei Seiten einer Medaille sind, die beide in effektiven Unterrichtsdesigns immer mitgedacht werden müssen: „Wer mit anspruchsvollem Wissen selbst kreativ oder problemlösend arbeiten möchte, braucht substantielles fachliches Vorwissen und muss die grundlegenden Konzepte, um die es geht, erfasst und verstanden haben (Schneider & Stern, 2010).“ (Sliwka, 2018, S. 95) Ein reiner Aufbau von Fachwissen greife zu kurz und werde nur dann gerechtfertigt, wenn man diesen in einer anschließenden Ko-Konstruktionsphase problemlösend anwende.

Ziele der Nachwuchsförderung (acatech): Diese hohe Bedeutung der Problemlösefähigkeit ist auch in Diskussionen zur Förderung des Nachwuchses für technische und naturwissenschaftliche Berufsfelder präsent und wird als elementar für die Anforderungen der Arbeitswelt von heute dargestellt:

„Infolge des Strukturwandels, des technologischen Fortschritts und der Internationalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft verändern sich die Tätigkeitsfelder und somit die Anforderungsprofile der Erwerbstätigen in nahezu allen Sektoren und Berufsfeldern. Während manuelle Fertigkeiten an Bedeutung verlieren, werden in einer Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft z. B. analytisches Denken, Kommunikations- und Problemlösungskompetenzen stärker gefordert. Hierauf muss das (Aus-) Bildungssystem reagieren.“ (Autorengruppe Bildungsberichtserstattung, 2012, S. 22)

In diesem Zusammenhang werden Schulen in Form von Handlungsempfehlungen aufgefordert, den Schüler/innen im Unterricht zu ermöglichen, ihre Kreativität und ihre Wahrnehmungs- und Gestaltungsfähigkeit zu entwickeln und diese z. B. in Problemlösesituationen einsetzen zu können, um die Schüler/innen an MINT-Berufe heranzuführen:

„Besonders im Elternhaus, im Kindergarten und in der Schule sollten Kinder und Schüler die Möglichkeit haben, ihre kreativen Kräfte zu entdecken und ihre Wahrnehmungs- und Gestaltungsfähigkeit (weiter) zu entwickeln. [...] Das kann je nach Schulart so etwas wie technische Geschicklichkeit (etwa im Kunst- oder Werkunterricht), Problemlösefähigkeit (zum Beispiel bei fachübergreifenden Projekten) oder analytische Fähigkeit (ebenfalls bei fachübergreifenden Projekten) sein.“ (acatech, 2009, S. 12)

Die Schule wird weiter aufgefordert, verstärkt Situationen zu schaffen, in denen die Schüler/innen die Möglichkeit haben, ihre naturwissenschaftlich-technischen Talente unter Beweis zu stellen und technisches Geschick, Problemlösefähigkeit oder analytische Fähigkeiten wahrzunehmen (vgl. ebd., S. 12). „Die dabei eher beiläufig gewonnenen Erfahrungen über die Funktionsweisen von Technik und Aufbauprinzipien der physischen Welt stellen

einen wichtigen Beitrag zur Förderung technischer beziehungsweise mathematisch-naturwissenschaftlicher Begabungen dar.“ (ebd., S. 12) Diese „Stärkung kognitiver Voraussetzungen und Motivationen“ (ebd., S. 12) sollen den Nachwuchs im MINT-Arbeitsfeld unterstützen.

Ziele außerschulischer Bildung: Die außerschulischen Lernorte machen sich nach Grunert (2012) als Teil der Bildungslandschaft die aktuell diskutierten Bildungsziele zu Eigen. Auch im außerschulischen Bereich wird also für den Aufbau der Fähigkeit, Probleme zu lösen, argumentiert:

„[...] dann müssen Lernorte mehr sein als Instanzen der Wissensvermittlung. Die Differenzierung zwischen Wissen und Kompetenz verweist zum einen darauf, dass Kompetenz nicht allein über die Aneignung von Wissen zu fassen ist, sondern allererst in dessen problemlösender Anwendung zum Ausdruck und zur Entfaltung kommt. Lernorte müssten vor diesem Hintergrund also sowohl Anlässe zum Wissenserwerb als auch zu dessen selbsttätiger und eigenverantwortlicher Anwendung bieten.“ (ebd., S. 206)

Davon ausgehend formuliert Grunert auf Grundlage von Befunden (Heath, 2001; McLaughlin, 2000; Eccles & Templeton, 2006) zentrale Ausrichtungen, die organisierte außerschulische Lernorte anstreben sollten, um als positive Lernumwelten wahrgenommen zu werden. So soll zum Beispiel eine Jugendzentriertheit der jeweiligen Aktivitäten in den Lernorten zugesichert werden, indem eine eigenständige Problembewältigung ermöglicht wird: „[Die Lernorte sollen] eigenständige Problembewältigung in einen Rahmen von Anerkennung und auch Evaluation stellen, da darüber Selbstwirksamkeitserfahrungen gemacht werden können, die ausschlaggebend für das weitere eigenständige Handeln und künftige Prozesse des Kompetenzerwerbs sind.“ (Grunert, 2012, S. 212) Dabei sollen die Schüler/innen vorhandene Wahrnehmungs-, Deutungs- und Handlungsmuster anwenden, diese aber auch überschreiten können, um neue Handlungsspielräume zu eröffnen (vgl. Kreher & Oehme, 2003). Die Programmstruktur müsse dementsprechend auf die Vorerfahrungen der Schüler/innen angepasst werden und passende, zu bewältigende Problemsituationen gestalten (vgl. Grunert, 2012, S. 208).

3.4.2 Autonomieorientierung

Grundbildung: In dem von der OECD definierten Konzept der Scientific Literacy (OECD, 2019) wird naturwissenschaftliche Grundbildung, wie oben dargestellt, dadurch definiert, dass Entscheidungen auf Grundlage von naturwissenschaftlichem Wissen gefällt werden können. Ziel ist es dementsprechend, planvoll zu handeln und dabei Entscheidungen fachlich untermauern zu können. Das selbstgesteuerte Lernen wird deshalb als besonders wichtig dargestellt, weil das dynamische Modell des lebenslangen Lernens zu Grunde gelegt wird:

„OECD/PISA beruht auf einem dynamischen Modell des lebenslangen Lernens. Nach diesem Modell müssen neue Kenntnisse und Fähigkeiten, die für die erfolgreiche Anpassung an veränderte Gegebenheiten erforderlich sind, kontinuierlich über die gesamte Lebensspanne hinweg erworben werden. Nicht alles, was sie als Erwachsene benötigen werden, können Schülerinnen und Schüler in der Schule lernen. [...]“

Die Jugendlichen müssen befähigt werden, ihren eigenen Lernprozess zu organisieren und zu regulieren, selbstständig und in Gruppen zu lernen und Schwierigkeiten im Lernprozess zu überwinden.“ (Baumert, 2000, S. 11)

Hier wird deutlich, dass die Schüler/innen befähigt werden sollen, im späteren Leben selbstständig erfolgreich weiter zu lernen. Deswegen spielt das selbstgesteuerte Lernen natürlich eine wichtige Rolle, um flexibel mit Lerninhalten umgehen und Gelerntes selbstständig auf neue Situationen zu transferieren zu können.

Bildungsstandards: Schon in der Grundschule wird dem selbstständigen Arbeiten ein großer Stellenwert zugeschrieben. So wird im Kerncurriculum für den Sachunterricht in Niedersachsen gefordert, dass Schüler/innen fächerübergreifend Strategien aufbauen sollen, die „die Schülerinnen und Schüler dazu befähigen, Aufgaben und Problemstellungen selbstständig und lösungsorientiert bearbeiten zu können.“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1-4 Sachunterricht, 2006, S. 7) Ausgehend davon wird für die Unterrichtsgestaltung gefordert, dass Lernsituationen derart gestaltet werden, dass dort die Schüler/innen zum einen eigenständig arbeiten können und zum anderen Lernen durch eigene Erfahrungen ermöglicht wird:

„Unterrichtsgestaltung in Grundschule: Das Formulieren und Bearbeiten von Fragestellungen, das eigenständige und gemeinsame Überprüfen von Vermutungen, das Mitteilen und Klären von Erfahrungen helfen beim Erwerb von Wissen und beim Erkennen von Sachverhalten. Und Lernen durch Erfahrung als eine an Aktivitäten des Kindes gebundene Lernform bildet die Basis des Lernprozesses.“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1-4 Sachunterricht, 2006, S. 8)

Diese Forderung der Selbsttätigkeit der Schüler/innen setzt sich auch im Kerncurriculum für das Gymnasium fort: „Die jungen Menschen werden durch den Unterricht befähigt, selbstständig Sachverhalte zu erschließen und sich zu orientieren sowie Verantwortung für sich, für andere und für die natürliche Umwelt zu übernehmen.“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5-10 Naturwissenschaften, 2015, S. 7) Dabei soll ein handelnder Wissenserwerb durch den Unterricht unterstützt werden, der eine individuelle und aktive Wissensaneignung sowie selbstgesteuertes, kooperatives und kreatives Lernen unterstützt (vgl. ebd., S. 6). Dabei sollen die Schüler/innen in unterschiedlichen Bereichen Kompetenzen aufbauen, die eine selbstgesteuerte Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Themen ermöglicht. Diese lassen sich in prozessbezogene und inhaltsbezogene Kompetenzbereiche unterteilen. In allen prozessbezogenen Kompetenzen wird als Ziel eine immer selbstständigere Arbeitsweise angestrebt, z. B. „Die Schülerinnen und Schüler arbeiten zunehmend selbstständig unter Hinzuziehung von Konstruktionen, linearen Gleichungen und proportionalen Zusammenhängen.“ (ebd., S. 19) Beispielhaft soll dieses hier an der prozessbezogenen Kompetenz *Planen, experimentieren, auswerten* gezeigt werden. Dort wird zum Beispiel die Wichtigkeit eines angemessenen Offenheitsgrads von Aufgaben und somit einer angemessenen Selbststeuerung der Schüler/innen gefordert:

„In einem neuen Sachgebiet sollten die Lernenden in der Regel zunächst angeleitet experimentieren. Mit zunehmender Sicherheit dürfen Fragestellungen und Anleitungen schrittweise offener werden, um in einem anderen Sachgebiet zunächst wieder verengt zu werden. Sie sind dabei stets so zu gestalten, dass die Lernenden Experimente als Mittel erleben, wesentliche Fragen zu beantworten oder neue Phänomene kennen zu lernen. Arbeitsaufträge müssen so angelegt sein, dass die Lernenden den erlebten Erfolg in erster Linie dem eigenen Tun zuschreiben können.“ (ebd., S. 20)

Der Grad der Selbststeuerung soll sich aber nicht nur innerhalb einer Unterrichtseinheit entwickeln, sondern auch über die Schullaufbahn hinweg. So sollen die Schüler/innen am Ende von Schuljahrgang 6 zunächst „[...] einfache Experimente in bekanntem Umfeld selbst [planen]“, zusätzlich am Ende der 8. Klasse dann „einfache, auch quantitative Experimente nach zunehmend knapperer Anleitung durch[führen]“ sowie am Ende von Jahrgang 10 bereits „einfache Experimente zur Untersuchung ausgewählter, auch eigener Fragestellungen selbst [planen]“ (ebd., S. 20). In der Oberstufe sollen die Schüler/innen dann ganz alleine Anforderungssituationen bewältigen können, indem sie auf „vorhandenes Wissen zurückgreifen“, „sich erforderliches Wissen beschaffen“ und „angemessene Handlungsschritte durchdenken und planen“ bzw. „Handlungsentscheidungen treffen“, um „Lösungsmöglichkeiten kreativ [zu] erproben“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe Physik, 2009, S. 5).

Ähnliches gilt auch für die Integrierte Gesamtschule. In ihrem Kerncurriculum wird für eine bestimmte Aufgabenkultur plädiert, in dem Lernen als Handlungsprozess verstanden wird: „Zu diesen Bedingungen gehört es, mit dem inhaltlichen Angebot und mit der Aufgabenstellung möglichst vielfältige Zugänge zu einem Thema zu eröffnen und Arbeitsformen zu wählen, die die Fähigkeit zur Selbststeuerung von Lernprozessen durch die Lernenden fördern.“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule Schuljahrgänge 5-10 Naturwissenschaften, 2012, S. 14 f., Lernen als Handlungsprozess). Der Unterricht müsse die Fähigkeit des selbstständigen Handelns stärken und dabei den Schüler/innen immer eine aktive Rolle zukommen lassen. Je nach Lernausgangslage der Schüler/innen sind Aufgaben deswegen so zu konstruieren, dass diese zum selbstständigen Handeln anregen (vgl. ebd., S. 15).

Im sächsischen Lehrplan werden ebenfalls verschiedene Kompetenzen aufgeführt, die als Bildungs- und Erziehungsziele durch die Schule aufgebaut werden sollen. Diese sind sowohl bei der Mittelschule (Realschule) als auch im Lehrplan für das Gymnasium sehr ähnlich. Dazu gehören zum Beispiel die oben genannten Problemlösestrategien aber auch die Methodenkompetenzen:

„Die Schüler der Mittelschule nutzen zunehmend selbstständig Methoden des Wissenserwerbs und des Umgangs mit Wissen. Sie wenden zielorientiert Lern- und Arbeitstechniken an und lernen, planvoll mit Zeit, Material und Arbeitskraft umzugehen und Arbeitsabläufe effektiv zu gestalten. (Methodenkompetenz)“ (Sächsisches Staatsinstitut für Bildung und Schulentwicklung, Lehrplan Mittelschule - Physik, 2009, S. VII)

In dieser aufzubauenden Kompetenz, aber auch in anderen hier aufgeführten Bildungs-

und Erziehungszielen wird das selbstständige und zielorientierte bzw. planvolle Handeln der Schüler/innen beschrieben, wie beispielsweise auch die „Lernkompetenz“ zeigt: „Die Schüler sind zunehmend in der Lage, sich individuelle Ziele zu setzen, das eigene Lernen selbstständig und in Zusammenarbeit mit anderen zu organisieren und zu kontrollieren.“ (ebd., S. VII) In den Lehrplänen werden darauf aufbauend Aspekte zur Gestaltung des Bildungs- und Erziehungsprozesses aufgeführt. Im Lehrplan für das Gymnasium wird zum Beispiel immer wieder deutlich gemacht, dass die Schule ein Erfahrungsraum sein muss, in dem die Schüler/innen die Möglichkeit erhalten sollen, selbstständig, selbstverantwortlich und selbstbestimmt zu handeln (Sächsisches Staatsinstitut für Bildung und Schulentwicklung, Lehrplan Gymnasium Physik, 2011). Die Unterrichtsgestaltung müsse deshalb mit einer veränderten Schul- und Lernkultur einhergehen. Der Lernende soll in seiner Individualität angenommen werden, indem seine Leistungsvoraussetzungen, seine Erfahrungen und seine speziellen Interessen und Neigungen berücksichtigt werden. „Dabei sind die Schüler als handelnde und lernende Individuen zu aktivieren sowie in die Unterrichtsplanung und -gestaltung einzubeziehen.“ (ebd., S. VIII)

Die Selbsttätigkeit und Selbstständigkeit der Schüler/innen soll sich wie auch laut dem niedersächsischen Kerncurriculum im Laufe ihrer Schullaufbahn immer weiter verstärken. Während in der 5. und 6. Klasse zunächst gefordert wird, dass die Schüler/innen „zunehmend selbstständig“ arbeiten sollen, soll sich die Selbsttätigkeit in den Klassenstufen 7 bis 10 bereits intensivieren: „Sie übernehmen zunehmend Verantwortung für die Gestaltung des eigenen Lernens. Der Unterricht knüpft an die Erfahrungs- und Lebenswelt der Jugendlichen an und komplexere Themen und Probleme werden zum Unterrichtsgegenstand.“ (ebd., S. X). In der Oberstufe sollen die Schüler/innen dann fast ausschließlich Arbeitsformen anwenden, die sie zum selbstgesteuerten, problemorientierten und kooperativen Lernen anregen:

„Der Eintritt in die gymnasiale Oberstufe ist durch das Kurssystem nicht nur mit einer veränderten Organisationsform verbunden, sondern auch mit anderen, die Selbstständigkeit der Schüler fördernden Arbeitsformen. Der systematische Einsatz von neuen und traditionellen Medien fördert das selbstgesteuerte, problemorientierte und kooperative Lernen. Unterricht bleibt zwar lehrergesteuert, doch im Mittelpunkt steht die Eigenaktivität der jungen Erwachsenen bei der Gestaltung des Lernprozesses.“ (ebd., S. X)

Der Lehrplan 21 der Schweiz basiert wie oben beschrieben, auf dem Aufbau der fachlichen und überfachlichen Kompetenz der Schüler/innen. Deswegen wird eine Aufgabenkultur gefordert, bei der die Schüler/innen mit herausfordernden, aber nicht überfordernden Problemstellungen zum Denken und aktiven Handeln angeregt werden (vgl. Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2016b, S. 9). In diesem Sinne werden im Lehrplan 21 auch die kognitive Aktivierung der Schüler/innen sowie die Förderung von Selbststeuerung und von Lernstrategien als zwei von 13 Qualitätsmerkmalen eines wirksamen kompetenzorientierten Unterrichts beschrieben. Im Fachbereich Natur, Mensch, Gesellschaft wird dies so aufgegriffen, dass hier die aktive Mitgestaltung ihrer Umwelt und das verantwortungsvolle Handeln als Ziel gesetzt werden (vgl. Deutschschweizer

Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2016a, S. 4). Die Schüler/innen sollen eigene Entscheidungen treffen und reflektiert handeln, wobei u.a. die Eigenständigkeit betont wird:

„Schülerinnen und Schüler treffen Entscheidungen und handeln reflektiert. Sie setzen Erkenntnisse kreativ und konstruktiv um, wirken an der Gestaltung ihrer Umwelt mit und übernehmen Mitverantwortung für sich selbst, für die Gemeinschaft und für die Gesellschaft. Dabei werden auch Eigenständigkeit, Dialogfähigkeit und Zusammenarbeit mit Blick auf ein kompetentes und zukunftsorientiertes Handeln in der Welt gefördert.“ (ebd., S. 5).

Deswegen wird die Bedeutung von produktiven Lernaufgaben betont, die unter anderem ein aktives und entdeckendes Lernen ermöglichen, Raum für Mitbestimmung und eigene Steuerung bei Lerninhalten und Lernwegen lassen sowie das eigene Entwickeln, Gestalten und Mitwirken bei Vorhaben fördern (vgl. ebd., S. 8).

Bildung für nachhaltige Entwicklung: Ein wichtiges Ziel einer Bildung für nachhaltige Entwicklung ist gemäß Transfer 21 Programms, dass Schüler/innen selbstständig handeln. So werden das „selbstständig Planen und Handeln können“ und „gemeinsam mit anderen Planen und Handeln können“ sowie das „vorausschauende Denken und Handeln“ und „interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen und Handeln“ als wichtige Teilkompetenzen formuliert (Transfer-21, 2008, S. 12). Daran anknüpfend wird dem selbstorganisierten und weitgehend selbstgesteuerten Bildungsprozessen in der Schule eine entscheidende Rolle zugeschrieben.

Dies wird auch im Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung deutlich, in dem auch Empfehlungen für Schulen als Orientierungshilfe zur Umsetzung von BNE zu finden sind:

„Selbstorganisierte und möglichst weitgehend selbstgesteuerte Bildungsprozesse gewinnen in der schulischen Bildung als Vorbereitung auf lebenslanges Lernen herausragende Bedeutung. Das gilt für Unterricht ganz allgemein und für die Komplexität des Lernbereichs Globale Entwicklung, den hohen Orientierungsbedarf angesichts schnellen globalen Wandels und der Entwicklung entsprechender Kompetenzen zur Gestaltung des persönlichen und beruflichen Lebens sowie der Mitwirkung in der Gesellschaft in besonderem Maße.“ (Siege & Schreiber, 2015, S. 104)

Daraus folge, dass die Schüler/innen im Unterricht immer wieder in variable Anwendungssituationen gebracht werden, in denen sie ihr Wissen anwenden können (vgl. ebd., S. 105). Im Orientierungsrahmen Globale Entwicklung werden keine spezifischen Lernarrangements zur Umsetzung der Ziele formuliert, aber bestimmte Prämissen des handlungsorientierten Unterrichts nach Meyer (2006) gefordert. Hier werden Aspekte wie das „Lernen durch und im Handeln“ und die „selbstständige Wissensentwicklung“ aufgegriffen und eine Rollenverteilung gefordert, bei der die Schüler/innen als lernendes Subjekt im Mittelpunkt stehen und das teiloffen gestaltete Unterrichtsmaterial immer wieder von den Lernenden selbst gesteuert werden kann, während die Lehrenden eher die Rolle von Lernhelfern einnehmen und die Schüler/innen anleiten, sich selbstständig Wissen anzueignen (vgl. Siege & Schreiber, 2015).

Deeper Learning: Schon in der oben aufgeführten Definition des Deeper Learnings wird die Autonomie der Schüler/innen als bedeutend herausgestellt. Hier soll immer einer instruktiven Phase zur Wissensvermittlung eine Phase der Ko-Konstruktion folgen, in der die Schüler/innen das Wissen aktiv anwenden und das selbstständige und kreative Arbeiten im Team zur Lösung von Problemen im Vordergrund stehen (vgl. Sliwka, 2018). Dieser Phase wird dabei ein interaktionistischer Ansatz zur Gestaltung von Bildungsprozessen zu Grunde gelegt, bei dem die Schüler/innen im Team arbeiten und Ziele und Prozesse des Lernens selbst klären und aushandeln (vgl. ebd.). Besonders in der Phase der Ko-Konstruktion wird dem selbstständigen Arbeiten mit Mitschüler/innen also ein großer Stellenwert zugeschrieben. Allerdings wird in der Definition vom Deeper Learning auch der instruktiven Phase große Bedeutung beigemessen, in der die Lehrkraft stärker steuert und neue Lerngegenstände präsentiert bzw. zentrale Konzepte erklärt:

„Instruktion und Ko-Konstruktion gegeneinander auszuspielen ist ein großer Fehler. Zu einem gelungenen Lernprozess gehören Phasen, in denen eine Lehrkraft vorstrukturiert, erklärt, modelliert und veranschaulicht, genauso wie Phasen, in denen Schülerinnen und Schüler mit dem Wissen eigenständig arbeiten.“ (ebd., S. 95)

Dieser Stellenwert von Phasen, in denen Schüler/innen eigenständig arbeiten sollen, wird auch bei der Betrachtung der im Sinne des Deeper Learnings zu fördernden Kompetenzen deutlich. Hier wird unter anderem die Fähigkeit zur Zusammenarbeit in Teams genannt, die wie folgt beschrieben wird: „Schüler, die ergebnisorientiert im Team arbeiten können, schaffen es, komplexe Projekte und Problemlösungen auf die Beine zu stellen und Termine einzuhalten.“ (ebd., S. 91) Darunter wird unter anderem verstanden, dass die Schüler/innen „Ziele aus der Perspektive der Gruppe formulieren“ sowie „mit ihrem Team die Lösung einer Aufgabe planen und dabei erkennen, welche Ressourcen benötigt werden, um das Gruppenziel zu erreichen“ (ebd., S. 19). Eine weitere zu fördernde Kompetenz, in der die Selbststeuerung als Ziel formuliert wird, ist, dass Schüler/innen altersangemessen Verantwortung für ihr eigenes Lernen übernehmen und so ihren Lernprozess steuern. Hier wird unter anderem das eigenständige Arbeiten angezielt, bei dem die Schüler/innen entscheiden, wann sie welche Art der Hilfe nutzen möchten. So solle durch die Autonomie der Schüler/innen auch eine höhere Motivation unterstützt werden: „Dass sie aktive Gestalter sein können, gibt ihnen ein Gefühl von Selbstwirksamkeit und stärkt ihren in dieser Lebensphase so wichtigen Identitätsbildungsprozess.“ (ebd., S. 97) Auch hier wird also der Selbststeuerung der Schüler/innen eine große Bedeutung zugeschrieben.

Ziele der Nachwuchsförderung (acatech): Im Rahmen der Nachwuchsförderung wird die Autonomie als ein entscheidender Aspekt diskutiert. So wurden Studierende gefragt, was ihnen persönlich wichtig an einem Beruf ist und über alle Fächergruppen hinweg dominierte der Aspekt der Autonomie bei allen Studierenden. Es besteht der Wunsch, im Beruf eigene Ideen zu verwirklichen, selbstständig Entscheidungen zu fällen und immer neue Aufgaben anzugehen (vgl. acatech & Körber-Stiftung, 2014, S. 68). Auf dieser Studie basierend wird im Nachwuchsbarometer gefordert, Schüler/innen schon in der Schule im naturwissenschaftlichen Unterricht die Möglichkeit zum autonomen Handeln zu geben, um den Schüler/innen zu zeigen, dass man in den Naturwissenschaften die Möglichkeit hat, eigene Ideen zu verwirklichen und selbstständig Entscheidungen zu fällen (vgl. ebd., S. 68). Dadurch soll schon in der Schule das Interesse für eine spätere Studienentscheidung

unterstützt werden. So werden Schulen durch Handlungsempfehlungen im Sinne einer Nachwuchsförderung aufgefordert:

„Der Unterricht in den MINT-Fächern muss ansprechend und attraktiv ausgerichtet werden, er sollte die Neugier und die Experimentierfreude der Jugendlichen aktiv miteinbeziehen und die Beiträge von Wissenschaft und Technik zur eigenen Lebenswelt veranschaulichen. Zum Zweiten ist es notwendig, die Didaktik in den MINT-Fächern zu modernisieren: weg vom rein lehrerzentrierten Unterricht hin zu einer selbstgesteuerten, neugiergetriebenen Vermittlung von Natur sowie der kreativen Gestaltung der Umwelt durch Technik.“ (acatech & Körber-Stiftung, 2014, S. 90)

Diese Forderung wird auch in anderen Strategien zur Nachwuchsförderung unterstützt. So wird zum Beispiel mit Bezug auf Studien zur Auswirkung der Art und Weise der Unterrichtsgestaltung in Bezug auf die individuelle Kompetenz- und Motivationsentwicklung (vgl. Kobbarg, Altmann, Wittwer, Seidel & Prenzel, 2008) argumentiert, dass beste Ergebnisse in Bezug auf Motivation und Wissen dann erlangt werden, wenn Phasen des selbstständigen Experimentierens eingebettet sind in Phasen, in denen die Lehrkraft Fachliches erklärt und die Experimente nachbesprochen werden (vgl. acatech, 2009, S. 26). Auf Basis dieses Erkenntnis wird gefordert, dass die Schüler/innen im Unterricht phasenweise immer wieder Möglichkeiten haben, sich in den Naturwissenschaften als autonom wahrzunehmen und ihre kreativen Kräfte dort zu entdecken sowie ihre Wahrnehmungs- und Gestaltungsfähigkeiten zu entwickeln (vgl. acatech, Strategie zur Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft - Handlungsempfehlungen für die Gegenwart, Forschungsbedarf für die Zukunft, 2009).

Ziele außerschulischer Bildung: Außerschulische Lernorte als Teil der Bildungsregion sollten nach Grunert (2012) auch die aktuell diskutierten Bildungsziele wie Scientific Literacy verfolgen und den Kompetenzaufbau von Schüler/innen unterstützen, der für eine gesellschaftliche Teilhabe notwendig ist. Das selbstgesteuerte Lernen stellt somit auch ein Ziel des außerschulischen Lernens dar: „[...] Lernorte [müssen] mehr sein als Instanzen der Wissensvermittlung. [...] Lernorte müssten vor diesem Hintergrund also sowohl Anlässe zum Wissenserwerb als auch zu dessen selbsttätiger und eigenverantwortlicher Anwendung bieten.“ (ebd., S. 206)

Grunert (2012) stellt für die „Jugendzentriertheit“ heraus, dass Selbstaktivität und Selbststeuerung der Schüler/innen dabei zentral sind. So sollen Lernorte an die Vorerfahrungen und Interessen der Schüler/innen anknüpfen und sie „durch die aktive Teilnahme und selbstständige Bewältigung [...] über das Gegebene hinausführen.“ (ebd., S. 207)

„[...] Jugendzentriertheit bedeutet darüber hinaus aber auch eine Förderung der jugendlichen Selbstorganisationsfähigkeiten und setzt auf die selbständige Übernahme und Ausführung von Leitungs-, Koordinations- und Planungsaufgaben (vgl. etwa McLaughlin 2000; Heath 2001).“ (ebd., S. 208)

Lernort Labor e. V. hebt bei seiner Definition des Konzepts Schülerlabor den Aspekt der Selbsttätigkeit besonders hervor, kleinster gemeinsamer Nenner aller Labore soll sein: „Die Jugendlichen experimentieren selbst.“ (Schülerlabor-Atlas 2019 - Schülerlabore im deutschsprachigen Raum, 2019, S. 12) Das eigene Experimentieren, Forschen und

Ausprobieren wird also als entscheidendes Merkmal für alle Schülerlabore herausgearbeitet.

3.4.3 Kontextorientierung

Grundbildung: Die Explikation von Scientific Literacy (OECD, 2017) dreht sich nicht nur um das naturwissenschaftliche Verständnis, sondern auch darum, dieses in verschiedenen Situationen anzuwenden und die Zusammenhänge zwischen naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Themen zu erkennen. Deswegen schreibt die OECD Kontexten eine große Bedeutung zu, in denen fachliches Wissen eine Rolle spielt. Dieses Verständnis der naturwissenschaftlichen Grundbildung drückt sich unter anderem in den Testaufgaben der PISA-Studien so aus, dass alle Testaufgaben durch Situationen bzw. verschiedene Kontexte präsentiert werden (vgl. Scientific Framework in OECD, 2019). Die Kontextualisierung der Aufgabenstellungen wird im Scientific Framework bei PISA zum integralen Bestandteil naturwissenschaftlicher Bildung erhoben.

Die Bildungskommission der GDNÄ (s.o.) fordert für Bildungsaktivitäten ebenfalls eine Kontextualisierung und neben einem Einbezug von Situationen der Lebenswelt auch den Bezug zu verschiedenen Fachdisziplinen, da gesellschaftliche Probleme, die auch Kontexte darstellen, meist über enge Fächergrenzen hinaus gehen und einen komplexen interdisziplinären Zugang benötigen:

„Gemeint ist damit ein Unterricht, der aus dem Fach heraus sowohl in Nahbarbereiche vorstößt als auch abstrakte Meta-Ebenen und praktische Anwendungsbereiche mit einbezieht. Er vernetzt also Fachinhalte einerseits ‚zur Seite hin‘ mit verwandten Inhalten benachbarter Disziplinen (Biologie und Chemie miteinander, Chemie und Physik miteinander, usw.), andererseits ‚nach oben hin‘ mit abstrakten Denkfiguren aus Philosophie, Mathematik, Systemtheorie, Wissenschaftstheorie und ‚nach unten hin‘ mit konkreten, anschaulichen Beispielen aus dem täglichen Leben.“ (GDNÄ, 2007, S. 11).

Dies verlangt vom Unterricht und von Lehrkräften in einem stärkeren Maße als bisher, dass technische Anwendungen der Fächer im Alltag sowie ihre sozialen und soziologischen Implikationen und ethischen Bezüge im Fachunterricht thematisiert werden (vgl. ebd., S. 30). Eine wesentliche Forderung der GDNÄ-Kommission ist deswegen eine stärkere Kontextorientierung der Rahmenpläne in Form von fächerübergreifenden Themenkreisen: „Bei der Konkretisierung von Empfehlungen zur Gestaltung von Rahmenplänen wählt die Kommission als zentrales Element zur Strukturierung von Unterrichtsinhalten die Auswahl von fachübergreifenden Themenkreisen im Gegensatz zur Orientierung an einer wie auch immer gearteten Systematik der einzelnen Fächer.“ (ebd., S. 31)

Die Bedeutung, die einer Kontextualisierung zugewiesen wird, spiegelt sich auch in anderen Referenzrahmen für naturwissenschaftliche Bildung wider. So wird zum Beispiel im Gemeinsamen Referenzrahmen für Naturwissenschaftliche Bildung „GeRRN“ vom Bundesverband zur Förderung des MINT-Unterrichts (Eisner, Kattmann, Kremer, Langlet, Plappert & Ralle, 2017) der Stellenwert von Kontexten hervorgehoben, weil es Ziel sein soll, es Bürgerinnen und Bürgern auf Basis von naturwissenschaftlichen Grundkenntnissen zu ermöglichen, politische Entscheidungen über technische Fragen in einem demokratischen Staat

mit zu fällen (vgl. ebd., S. 4). Der naturwissenschaftliche Unterricht muss es deswegen leisten, die Relevanz naturwissenschaftlicher Inhalte für Alltagskontexte und Erfahrungskontexte der Lernenden zu verdeutlichen:

„Es gilt, zwischen der ‚Erfahrungswelt des Lernenden‘ und der ‚Welt der Naturwissenschaft‘ Brücken zu schlagen. Dabei ist es für Lehrerinnen und Lehrer unerlässlich, sich mit den aktuell ausgebildeten kognitiven Strukturen, den persönlichen Erfahrungen und alltagssprachlichem Vorwissen auseinanderzusetzen.“ (ebd., S. 41)

Bildungsstandards: Der Bildungsbeitrag der Naturwissenschaften u. a. durch das Erkennen, Bewerten und Beherrschen vom Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Anwendung, der zum Fortschritt, aber auch zu Risiken und Gefahren beiträgt (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule Schuljahrgänge 5-10 Naturwissenschaften, 2012, S. 7 f.), wird in den Bildungsstandards vielfältig hervorgehoben. Die Anwendung von Wissen in einem Kontext wird explizit genannt:

„Dabei ist zu beachten, dass Wissen ‚träges‘, an spezifische Lerninhalte gebundenes Wissen bleibt, wenn es nicht in verschiedenen Kontexten genutzt werden kann. Die Anwendung des Gelernten auf neue Themen, die Verankerung des Neuen im schon Bekannten und Gekonnten, der Erwerb und die Nutzung von Lernstrategien und die Kontrolle des eigenen Lernprozesses spielen bei der Kompetenzentwicklung eine wichtige Rolle.“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5-10 Naturwissenschaften, 2015, S. 8)

Die Kontexte sollen dabei so gewählt werden, dass das zu Lernende für die Schüler/innen Bedeutung hat und in sinnstiftende Situationen (Muckenfuß, 2004) eingebunden ist, die einen Bezug zur Lebenswelt herstellen. Dabei wird auch die interessefördernde Wirkung von Kontexten hervorgehoben: „Interesse für physikalische Betrachtungsweisen durch Behandlung altersgemäßer Kontexte wecken“ (Niedersächsisches Kultusministerium, Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5-10 Naturwissenschaften, 2015, S. 9). So wird zum Beispiel in der Elektrizitätslehre gefordert: Schüler/innen „erkennen einfache elektrische Stromkreise und beschreiben deren Aufbau und Bestandteile. [Die Schüler/innen] wenden diese Kenntnisse auf ausgewählte Beispiele im Alltag an.“ (ebd., S. 27)

Auch im sächsischen Lehrplan wird die besondere Bedeutung von Kontexten in Bezug auf den Aufbau von anwendbarem Wissen und der Interessenssteigerung der Schüler/innen als didaktische Grundsätze des Physikunterrichts thematisiert:

„Diese Verbindung von Begriffen und Gesetzen der Physik mit ihrem konkreten exemplarischen Hintergrund bestimmt maßgeblich, wie verstanden und anwendbar das Wissen der Schüler ist. Es müssen solche Kontexte gewählt werden, die zum Erfahrungsbereich sowohl der Jungen als auch der Mädchen gehören und die ihrer Interessenlage entsprechen.“ (Sächsisches Staatsinstitut für Bildung und Schulentwicklung, Lehrplan Gymnasium Physik, 2011, S. 4)

Der Lehrplan 21 zielt darauf, Schüler/innen fachlich und überfachlich kompetent zu machen, also fachbedeutsames Wissen sowie Lernerfahrungen und Methoden- bzw.

Strategiewissen aufzubauen, welches sich auf neue Lernzusammenhänge und Anforderungen übertragen lässt. Dabei spielen Kontexte eine sehr wichtige Rolle:

„Erst wenn den Schülerinnen und Schülern zahlreiche ähnliche Lerngelegenheiten in variablen Sachzusammenhängen, mit unterschiedlichem Komplexitätsgrad und wechselnden Schwerpunkten angeboten werden, bauen sie beweglich nutzbares Wissen und damit verbundene Kompetenzen auf.“ (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz, 2016b, S. 8)

Unter den variablen Sachzusammenhängen sind die Kontexte zu verstehen, die für den Kompetenzaufbau eine wichtige Rolle spielen, indem sie Neugier wecken und Motivation hervorrufen. Im Fachbereich Natur, Mensch, Gesellschaft des Lehrplan 21 sollen „[d]urch den naturwissenschaftlichen Unterricht [...] Phänomene aus Alltag und Technik besser verstanden und eigene Erfahrungen mit der Umwelt erklärt werden können.“ (ebd., S. 5) Für die Unterrichtsgestaltung wird deswegen der didaktische Hinweis gegeben, dass sich dieser an Themen und Lerninhalten orientieren soll, die für die Schüler/innen bedeutsam sind (Alltagsbezug, Aktualitäten, Mehrperspektivität) (vgl. ebd., S. 7). Auch Lernaufgaben sollen die Bedeutung von Kontexten berücksichtigen, indem sie bei einer Frage mit „aktuellem, lebensweltlichem Bezug oder mit einer Begegnung einer interessanten Sache“ (ebd., S. 8) ansetzen.

Bildung für nachhaltige Entwicklung: Der Aufbau von Gestaltungskompetenz wird nach Siege und Schreiber (2015, S. 86) dadurch als erreichbar angesehen, dass der Fachunterricht eine Kontext- und Lebensweltorientierung realisiert und durch fachübergreifende Abstimmung und zunehmend selbstorganisierte Lernformen einen zukunftsorientierten Realitätsbezug herstellt:

„Der kontext- und lebensweltorientierte Ansatz verbindet den Lernbereich Globale Entwicklung mit den didaktischen Konzepten des Fachunterrichts. Die Berücksichtigung relevanter individueller, gesellschaftlicher und beruflicher Anwendungsaspekte wirkt für die Lernenden sinnstiftend. Dabei gibt die Ausrichtung auf Nachhaltigkeit und eine globale Dimension diesem Konzept in der schulischen Bildung eine erweiterte Bedeutung.“ (ebd., S. 88)

Es gilt also Kontexte so zu wählen und kontextorientierte Aufgaben so zu formulieren, dass die fachbezogenen Teilkompetenzen und Themen mit den Kernkompetenzen des Lernbereichs *Globale Entwicklung* verknüpft werden können. Dazu ist es erforderlich, dass der globale Wandel und die gesellschaftlichen Veränderungen sowie Gestaltungsmöglichkeiten als Kontexte bzw. „sinnstiftende Anwendungspakete“ (ebd., S. 89) erkannt und für die Organisations- und Lernprozesse leitend werden. Durch diese Kontextorientierung sollen die Schüler/innen das fachliche Wissen also nutzen können, um sich in einer dynamisch verändernden globalisierten Lebenswelt zurechtzufinden und fachliches Wissen in gesellschaftlich relevanten Themen anwenden, um sich dort einbringen zu können.

Deeper Learning: Das Konzept des Deeper Learnings nach Sliwka (2018) „[...] basiert auf der Annahme, dass Wissen im Sinne eines »tiefen Lernens« verinnerlicht wird, wenn es in einem anderen Kontext als dem gelehrtten angewendet werden kann“ (ebd., S. 92 f.). Deswegen sollen im Laufe des Unterrichts verschiedene Kontexte gewählt werden,

insbesondere authentische:

„Jugendliche nehmen authentische Aufgaben als sinnstiftend wahr, weil sie spüren, dass diese Art von Arbeit mit ihrer eigenen Zukunft zu tun hat. Im Lösen echter Probleme und kreativer Arbeiten mit Wissen merken sie, dass sie zukunftstaugliche Kompetenzen entwickeln, die es ihnen ermöglichen werden, sich im offenen Kontext des 21. Jahrhunderts beruflich erfinden zu können.“ (ebd., S. 97)

Dabei sollten authentische Kontexte aus der Umwelt der Schüler/innen gewählt werden, denn „[d]as Entdecken und Erkunden der Lebenswelt ist ein natürliches Grundbedürfnis von Jugendlichen.“ (ebd., S. 100) Die Wahl eines Kontextes kann auch den Schüler/innen überlassen werden, um ein Gefühl der Autonomie und somit die intrinsische Lernmotivation zu erhöhen: „So kann eine Gruppe die Bewegung und Beschleunigung eines Rennautos untersuchen, eine andere entscheidet sich für die Bewegung von Reitpferden. Jugendliche erhalten so die Möglichkeit, ihre eigenen Interessen mit dem Unterrichtsgegenstand zu verknüpfen.“ (ebd., S. 106)

Ziele der Nachwuchsförderung (acatech): Um den Nachwuchs im MINT-Bereich zu fördern, soll deutlich gemacht werden, dass die MINT-Bildung eine wichtige Voraussetzung ist, um komplexe Vorgänge in der Natur, der Gesellschaft oder der Wirtschaft nachzuvollziehen, und dass dieses Wissen im Alltag nützlich ist (acatech & Körber-Stiftung, 2014, S. 18). Deswegen werden praxisbezogene und zukunftsfähige Kontexte gefordert: „Der Unterricht sollte Praxisbezüge aufzeigen, indem er MINT in seinen wirtschaftlichen und kulturellen Zusammenhängen vermittelt und Bezüge zu neuen Technologien und zu neuen Entwicklungen in Wirtschaft und Gesellschaft (etwa Digitalisierung) herstellt.“ (ebd., S. 10) Technische Anwendungen und Fragestellungen, als für die Schüler/innen relevante und interessante Kontexte, sollen dabei Ausgangspunkte darstellen, die motivieren, sich genauer mit den naturwissenschaftlichen Aspekten zu befassen:

„Das Interesse von Mädchen an der Biologie als Türöffner für das Interesse an anderen MINT-Fächern nutzen. Die Brückenfunktion der Biologie als vermittelnde interdisziplinäre Wissenschaft zwischen Naturwissenschaften und Technik könnte beispielsweise durch eine bewusste Thematisierung von biotechnologischen Verfahren sowie der Bionik für eine attraktivere MINT-Strategie genutzt werden, um gezielt Mädchen anzusprechen.“ (ebd., S. 14)

Dies wird deshalb in der Nachwuchsförderung als besonders wichtig erachtet, weil das Interesse der Schüler/innen an den naturwissenschaftlichen Fächern erhöht werden muss, welches derzeit bei den meisten Schüler/innen im Laufe der Schullaufbahn sinkt. So wird in den Forderungen argumentiert, dass das Interesse unter anderem sehr mit den aufgezeigten Anwendungskontexten zusammenhängt und der Unterricht deswegen so gestaltet werden muss, dass die Beiträge von Wissenschaft und Technik zur eigenen Lebenswelt veranschaulicht werden (vgl. ebd., S. 90). Besonders in der Sekundarstufe II wird relevanten Kontexten ein besonders großer Stellenwert zugeschrieben, da hier das intrinsische Interesse an abstrakten Lehrstoffen stark abnimmt: „Gerade diese Altersstufe eignet sich besonders für einen technikzentrierten Unterricht, bei dem vor allem Techniken aus dem Alltagsleben der Schüler thematisiert werden können.“ (acatech, 2009, S. 19)

Ziele außerschulischer Bildung: Kontexte werden, wenn es um die Ziele außerschulischer Bildung geht, meist implizit thematisiert, ggf. weil die Kontextualisierung an außerschulischen Lernorten als ein wesentliches Charakteristikum der Angebote gesehen wird. Grunert (2012, S. 208) weist dem spezifischen Thema, unter dem die Aktivität am außerschulischen Lernort stattfindet, einen wichtigen Einfluss zu. Sie fordert, dass die Aktivitäten an die vorhandenen Erfahrungen und Interessen der Jugendlichen anknüpfen sollen, was als Kontextorientierung verstanden werden kann. In den Selbstdarstellungen der Schülerlabore und beim Verband LeLa e.V. wird der Umgang mit Fachwissen in verschiedenen Kontexten nicht explizit als Ziel formuliert, aber durchgängig wird die Bedeutung von Kontexten umschrieben:

„Heutzutage gibt es in immer kürzeren Zeitintervallen bedeutsame technische Fortschritte, die auf unser Alltagsleben und damit auf die Schülerinnen und Schüler enorme Auswirkungen haben.“ (Lernort Labor, 2019, S. 15)

„Um die Bedeutung der Experimente und der Fragestellungen zu vermitteln, sollten die Schüler ihren eigenen Alltag bzw. ihre Lebenswelt darin wiederfinden oder sich selbst davon betroffen sehen.“ (Parrisius et al., 2018, S. 22)

3.4.4 Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass die gängigen Bildungskonzeptionen, jedenfalls im Bereich der MINT-Bildung, folgende wichtige Ziele erkennen, die naturwissenschaftlich-technische Bildungsaktivitäten erreichen sollen: Schüler/innen und generell Jugendliche sollen in die Lage versetzt werden, komplexe Problemstellungen zu identifizieren und Problemlösungen zu finden, die Aufgabenstellungen sollen in relevante Kontexte eingebettet werden, um sinnstiftend zu wirken. Und die Aktivitäten sollen Eigenaktivität erlauben, um eine Selbständigkeit der Schüler/innen zu fördern. Weitgehend übereinstimmend werden diese drei Zielbereiche als Kennzeichen einer zukunftsorientierten Bildung eingestuft. Somit besteht hier eine Legitimierung, das zu entwickelnde Analyseinstrument auf diese drei Dimensionen zu fokussieren. Auch wenn die Bildungskonzeptionen weitere Zielbereiche thematisieren, werden diese nie mit höherer Gewichtung als die hier betrachteten drei Dimensionen beschrieben.

3.5 Zweite Legitimation der Fokussierung auf drei Dimensionen: Bezug zu Bildungszielen der Schülerlabore

Mit dem gleichen Suchraster wird der Frage nachgegangen, inwieweit sich die drei Dimensionen in den Zielen der Leitenden und der pädagogisch Verantwortlichen der drei Schülerlabore wiederfinden, mit denen in dieser Studie kooperiert wird. Dieser Abschnitt hat also eine empirische Ausrichtung.

3.5.1 Methodisches Vorgehen zur Erhebung der Sicht des Personals der Labore

Um die Sicht der Betreibenden der außerschulischen Lernorte zu erheben, wurde ein fokussierendes, teilstrukturiertes Leitfadeninterview durchgeführt. Um ein breiteres Spektrum von Zielvorstellungen zu erhalten, wurden pro Lernort jeweils zwei pädagogische Mitarbeiter oder studentische Mitarbeiter, die die Angebote durchführen, sowie der oder die Leitende des Lernortes befragt. Somit ergibt sich eine Stichprobengröße von $n=9$. Dem

Leitfaden liegen drei Forschungsfragen zugrunde:

1. Welche generellen Ziele verfolgen die Lernorte?
2. Welche konkreten Ziele verfolgen die Lernorte durch den Einsatz bestimmter Angebote und Mittel und wie und wodurch sollen diese Angebote und Mittel dazu beitragen, die generellen Ziele zu erreichen?
3. Welche Potentiale bezüglich der Anregung, Aufrechterhaltung und des Abschlusses von Lernprozessen oder weiterer Ziele erkennen die Befragten an ihren Lernorten und wie nutzen sie diese Potentiale?

Im ersten Teil des Interviews werden Fragen zu den Zielen des Lernortes und eines exemplarisch ausgesuchten Angebotes gestellt. Der zweite Teil wird durch Impulse zu den zwölf charakterisierenden Dimensionen (vgl. 3.2) strukturiert, zu denen die Befragten sich positionieren sollen. Der vollständige Interviewleitfaden ist im Anhang 15.1.2 zu finden.

Erster Interviewteil (zu Forschungsfragen 1 und 2): Hier werden folgende Fragen gestellt: „Was sind die Ziele Ihres Lernortes ganz generell? Was ist Ihnen wichtig? Was wollen Sie erreichen?“ sowie „Welche Potentiale, also Möglichkeiten, die den Lernort von der Schule oder anderen Lernorten abhebt, bietet Ihr Lernort? Was motiviert, den Lernort zu besuchen? Welche Möglichkeiten bietet der Lernort den Schülerinnen und Schülern?“. Den Befragten wird eine leere Mindmap an die Hand gegeben, in der sie ihre Antworten stichpunktartig festhalten können. Dabei wird darauf geachtet, abstraktere Antworten wie „begeistern“ durch Nachfragen wie „Was bedeutet es für Sie, die Schüler/innen zu begeistern?“ genauer aufzuschlüsseln. Anschließend geht es um das Angebot des Lernortes, das im Rahmen dieser Studie begleitet wurde. Hier werden diese Fragen gestellt: „Wie passen die Ziele des Angebots zu den generellen Zielen, die Sie mit dem Lernort erreichen wollen?“. Dabei stellen die Notizen in den Mindmaps aus dem ersten Teil eine Hilfestellung dar, indem im Verlauf des Interviews auf die dort genannten allgemeinen Ziele und Potentiale zurückgegriffen werden kann.

Zweiter Interviewteil (zu Forschungsfrage 3): Im zweiten Teil geht es darum, dass die Befragten ihre Angebote im Lichte der zwölf Dimensionen (siehe Abschnitt 3.2) einschätzen. Jede Dimension wird zunächst mit Hilfe einer vorformulierten Erklärung nahegebracht. Z. B. wird bei der Dimension der Fremdsteuerung vs. Selbststeuerung folgende Erläuterung gegeben:

Wenn ein Angebot die Schüler/innen in die Lage versetzt, selbst über Ziele und über das Vorgehen zu entscheiden, wenn also eigene Entscheidungsspielräume gegeben sind, kann das das Denken und Lernen und auch die Motivation steigern. Damit ist aber auch ein höheres Maß an kognitiven Fähigkeiten erforderlich.

Im Gegensatz dazu kann ein Angebot durch die Betreuer oder die Struktur an sich auch eher fremdgesteuert sein. Das kann den Vorteil haben, dass durch eine enge Führung Schüler/innen kognitiv nicht überfordert werden und bestimmte Lernschritte tatsächlich durchlaufen werden.

Es folgt die eigentliche Frage:

Inwieweit arbeiten Schüler/innen bei dem Angebot selbstbestimmt, können selbst über

Ziele und Wege entscheiden? Inwieweit ist das Angebot als offen zu bezeichnen? Und wieso?

3.5.2 Auswertung der Interviews hinsichtlich der Sicht des Personals der Schülerlabore

Das Ziel der Auswertung besteht darin zu klären, inwieweit sich die Dimensionen Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung als Ziele der Leitenden und weiteren pädagogisch Verantwortlichen wiederfinden lassen. Der erste Teil des Interviews wurden mit Blick auf die generellen Ziele der Befragten und deren Wichtigkeit ausgewertet; hier werden induktive Kategorien gebildet. Beide Interviewanteile zusammen wurden dann hinsichtlich der Frage nach den drei hier in Rede stehenden Dimensionen analysiert. Das heißt, dass hier mit deduktiven Kategorien an das Material herangegangen wird.

3.5.2.1 Generelle Ziele der drei begleiteten Schülerlabore

Die transkribierten Interviews wurden mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2014) ausgewertet und induktive Kategorien von Zielen aufgestellt, denen die drei Schülerlabore einen großen Stellenwert zuschreiben. Es lassen sich acht induktive Kategorien von Zielen als besonders relevant herausstellen, die von den Leitenden als Ziele formuliert und auf der Mindmap als besonders relevante Ziele nach vorne gestellt wurden. Diese werden im Folgenden kurz dargestellt.

Ziel Motivation erzeugen: Mit dem Angebot des Schülerlabors sollen die Besuchenden anregt werden, sich aus eigenem Antrieb entweder im Lernort oder nach dem Lernortbesuch mit Fragen und Aufgaben zu beschäftigen, die im Angebot vorgestellt werden. Dabei können intrinsische Motivation z. B. durch das Wecken von Interesse oder extrinsische durch Belohnungen angesprochen werden.

Ziel Berufliche Orientierung unterstützen: Mit dem Angebot des Schülerlabors sollen die Besuchenden darin unterstützt werden, sich mit der eigenen Berufswahl zu beschäftigen und für eine konkrete Berufswahl Hinweise und Anschauungsmöglichkeiten vorzufinden. Dies kann Studienorientierung einschließen.

Ziel Wissenschaftskommunikation unterstützen: Besuchende sollen an aktuelle Forschung und Wissenschaft herangeführt und deren Ausrichtungen und ggf. auch gesellschaftliche Bedeutung verdeutlicht werden.

Ziel Technische Arbeitsweisen kennenlernen: Das Schülerlabor soll durch das Angebot den Besuchenden technische Arbeitsmethoden und ein technisches Verständnis nahebringen.

Ziel Kontextorientiertes Lernen fördern: Besuchende sollen durch das Schülerlabor an bestimmte technische, gesellschaftliche und anwendungsbezogene Fragestellungen herangeführt werden, um die Bedeutung von naturwissenschaftlich-technischem Wissen zu verdeutlichen. Dabei kann auf disziplinübergreifende Perspektiven Bezug genommen werden, die die Komplexität des Kontextes verdeutlichen sollen.

Ziel Wahrnehmung der Selbstwirksamkeit fördern: Mit dem Angebot des Schülerlabors sollen sich die Besuchenden als kompetent bzw. selbstwirksam wahrnehmen

können. Sie sollen wahrnehmen, dass sie Aufgaben aus eigener Kraft heraus bewältigen können.

Ziel Selbstgesteuertes Lernen fördern: Die Besuchenden des Schülerlabors sollen angeregt werden, sich auf einem Lernweg selbsttätig und aktiv mit den Lerngegenständen auseinanderzusetzen und bestimmte Entscheidungen, die Organisation der Zusammenarbeit in der Gruppe etc. selbst zu bestimmen. Dabei kann Bezug darauf genommen werden, dass die Aneignung von Wissen und der Erwerb von Fähigkeiten sowie Fertigkeiten in einer sozialen Aushandlungssituation geschieht, für die der Befragte explizit Raum lässt. Auch kann Bezug darauf genommen werden, dass ein *offenes Lernumfeldes* zu gestalten ist, das eigenverantwortliche, aktive, entdeckend-lernende Auseinandersetzung mit einem Thema erlaubt.

Ziel Begriffsbilden (Fachwissen aufbauen): Mit dem Angebot des Schülerlabors sollen die Besuchenden angeregt werden, bestimmte fachliche Begriffe, Konzepte, Prinzipien aufzubauen (zu lernen). Es kann hier auf Prototypen (zentrale Beispiele) oder kritische Attribute eines Begriffs (Merkmale) Bezug genommen werden.

3.5.2.2 Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung als Zielkategorien

Es fällt auf, dass die Unterstützung des kontextorientierten Lernens sowie des Selbstgesteuerten Lernens explizite Ziele der befragten Leitenden und pädagogisch Verantwortlichen sind, die sie als sehr wichtig erachten. Das Problemlösen ist allerdings keine Kategorie, die sich induktiv aus dem Material des ersten Interviewteils aufstellen lässt. Für die folgende deduktiv angelegte Analyse des gesamten Transkriptmaterials wird das Fördern von Problemlösekompetenz als weitere Kategorie hinzugenommen:

Problemlösekompetenz fördern: Das Schülerlaborangebot soll die Besuchenden unterstützen, Problemsituationen zu erkennen und Lösungsvarianten selbst zu überlegen und zu erproben. Diese Probleme können dadurch gekennzeichnet sein, dass ein Ausgangszustand (das Problem) genannt oder dargestellt wird und ebenso ein Zielzustand, dass aber der Weg zum Zielzustand nicht bekannt ist und die Schüler/innen diesen Weg selbst finden sollen.

Unterkategorien zur Kategorie „Kontextorientiertes Lernen fördern“:

- a) **Relevanzwahrnehmung der Schüler/innen durch Kontexte unterstützen:** Dieses Ziel der Befragten bedeutet, dass sie Schüler/innen durch eine Kontextualisierung die Notwendigkeit vor Augen führen wollen, sich mit naturwissenschaftlichen und technischen Inhalten zu befassen. Darunter ist auch gefasst, dass die Schüler/innen durch den Kontext ein Bedürfnis verspüren sollen, sich mit fachlichen Inhalten auseinanderzusetzen und von sich aus Fragen zu fachlichen Inhalten zu formulieren. Dabei kann ein Kontext auch durch ein zu fertigendes Produkt gegeben sein. So soll den Schüler/innen während des Schülerlaborbesuches klar werden, warum man sich in einem bestimmten Kontext genauer mit speziellen Inhalten auseinandersetzen muss.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- „Es muss doch einen inneren Zusammenhang geben. Das heißt die Schüler müssen die Notwendigkeit erkennen, warum ich mich jetzt ausgerechnet an dieser Stelle

damit beschäftigen muss. Warum muss ich jetzt Schaltungen aufbauen? Weil ich wissen will, wie ich die Solarzellen nachher [für das Solarboot] zusammenlöten soll. Sonst bräuchte ich das ja jetzt nicht zu machen.“ (SL3-3-60)

Hier wird das Ziel der Relevanzwahrnehmung deutlich. Die Schüler/innen sollen laut Befragtem erkennen, wieso ihre aktuellen Handlungen relevant sind und wie diese mit dem Kontext des Solarbootes zusammenhängen.

- *„Also erstmal zur Motivation und um das Bedürfnis zu entwickeln, sich damit beschäftigen zu wollen. Wir wollen das jetzt wissen, warum der eine so fährt und der andere so. Weil der eine sich ja ungerecht behandelt fühlt, weil sein Fahrzeug immer langsamer war als das andere. Ja? Warum war das so? Ist ja eigentlich gemein. Also um sie hier so ein bisschen zu motivieren, sich damit zu beschäftigen.“ (SL3-3-28)*

Diese Aussage betont den motivationalen Aspekt der Kontextualisierung. Der Kontext eines Autorennens soll Schüler/innen motivieren, sich mit den elektrischen Schaltungen zu befassen.

- b) Bezug zwischen Wissenschaft und Lebenswelt durch Alltagskontexte erkennen:** Dieses Ziel der Befragten bedeutet, dass die Schüler/innen einen Bezug zwischen Themen der Wissenschaft und ihrer Lebenswelt erkennen sollen. Durch den Bezug zu Alltagskontexten soll an das Vorwissen und die Vorerfahrungen der Schüler/innen angeknüpft werden. Dabei sollen auch komplexe fachliche Inhalte durch Analogien zu Alltagssituationen besser verstanden werden.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- *„Also wir versuchen denen die Forschung ganz nah zu bringen, dass es nicht sowas ist, was jetzt sehr schwierig wird oder sehr abstrakt, sondern wir stellen immer den Bezug her zu deren alltäglichen Leben. Wo kommen die Sachen bei denen im Alltag vor?“ (SL1-1-31)*

In diesem Beispiel einer Aussage dieser Unterkategorie wird deutlich, dass die Lernortleitenden es für wichtig halten, dass die Schüler/innen einen Zusammenhang zwischen ihrer Lebenswelt und der abstrakt und fremdartig scheinenden Welt der Wissenschaft erkennen.

- *„Und deswegen [damit sich alle Schüler direkt einbringen können] ist meist so ein, wie es üblich ist, ein Bezug zum Alltag und zu dem, was man so weiß und glaubt zu wissen oder erfahren hat oder einfach sagen möchte, am Anfang ganz wichtig.“ (SL2-1-52)*

In dieser Aussage wird die Bedeutung des Bezugs zur Alltagswelt der Schüler/innen dadurch begründet, dass dies die Einbringung von Vorwissen ermöglicht. So sollen die Schüler/innen durch den Bezug zu ihrer Alltagswelt die Möglichkeit haben, sich zu abstrakten Wissenschaftsthemen zu äußern, indem sie Alltagserfahrungen einbringen können.

- *„[...] und dann auch das mit dem Luftballon, was ja schon mal für die Schüler diese Alltagserfahrung auch ist. Also ich mein einen Luftballon hat jeder schon mal durch den Raum fliegen lassen. Und denn mal drüber nachdenken was passiert da. [...]*

Und wenn die Schüler das verstanden haben, dann ist es ja im Prinzip schon Rückstoßprinzip.“ (SL1-1-279)

Diese Beispielaussage zeigt einen weiteren Aspekt dessen, was mit einem Alltagsbezug bezweckt wird. Durch Analogiebildungen soll unterstützt werden, schwierige fachliche Inhalte zu verstehen. Hier wird eine Situation geschildert, in der die Schüler/innen Analogien zwischen dem aus dem Alltag bekannten Verhalten eines aufgeblasenen Luftballons und einem Raketenstart erkennen sollen, um das Prinzip des Rückstoßes zu erschließen.

- c) Durch geeignete Kontexte Schüler/innen für Nachhaltigkeit sensibilisieren:** Ziel ist es, durch geeignete Kontexte Aspekte einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung zu thematisieren. Dabei soll die Bedeutung von Naturwissenschaften und Technik für gesellschaftliche Schlüsselprobleme deutlich gemacht werden. Auch die Stärkung einer Identifizierung mit der Region als Lebensraum im Sinne von BNE soll durch die Kontexte unterstützt werden.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- *„Aber wir haben ja auch, ich sag mal, eine gewisse gesellschaftliche Verpflichtung, uns mit Dingen zu beschäftigen, die in die Zukunft weisen, was ja BNE verlangt.“ (SL3-3-64)*
- *„Ja wir wollen ja versuchen [beim Bootsbau] ressourcenschonend zu arbeiten. Verbrennungsmotor. Dann wird ja meistens auch schonmal problematisiert. Brauchen wir einen Verbrennungsmotor hier? Dann hätten wir die ganzen Abgase. Und dann kommen sie irgendwann Richtung Elektromotor und Solarzellen.“ (SL2-2-23)*

In diesen zwei Beispielaussagen wird deutlich, dass bestimmte Kontexte geeignet sind, um BNE in ein naturwissenschaftlich-technisches Schülerlabor zu integrieren. Die Kontexte sollen so gewählt werden, dass aktuelle Themen im Umgang mit Schlüsselproblemen der Gesellschaft aufgegriffen werden können.

- *„Das bedeutet, wir möchten, dass Dinge aus der Lebenswelt oder aus der Erfahrungswelt aufgegriffen werden der Schüler aus dem regionalen Lebensraum. Also eben diese Geschichte, wie mit Deichbau, Gezeiten, solche Dinge. Die möchten wir auch gerne stärker greifen fördern bei den Schülern. Also so einen regionalen Bezug herstellen.“ (SL3-1-22)*

Durch die Kontexte sollen die Schüler/innen auch einen anderen Bezug zu ihrem Lebensraum erlangen, um diesen im Sinne von BNE als einen schützenswerten Raum zu erfahren. Deswegen sollen Kontexte gewählt werden, die Aspekte der Region aufgreifen, wie das angeführte Zitat zeigt.

Unterkategorien zur Kategorie „Selbstgesteuertes Lernen fördern“

- a) Selbsttätigkeit der Schüler/innen unterstützen:** Die Schüler/innen sollen im Angebot selbsttätig sein können. Mit Selbsttätigkeit ist hier das aktive Selbermachen gemeint, also dass die Schüler/innen Dinge selber tun oder ausprobieren können, also aktiv sind. Dazu gehört auch, dass die Schüler/innen mit Experimentiergegenständen interagieren und Werkzeuge, Maschinen und andere technische Geräte selbst betätigen können.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- „Die Möglichkeit zu geben, Dinge selber zu tun oder selber auszuprobieren. Also ein hoher, einen höheren Praxisanteil zu machen.“ (SL3-1-18)
- „Handlungsorientiert ist, dass die Schüler selber an Experimentierboards arbeiten können. Das Löten, wie gerade schon erwähnt. Dass sie ihr Boot selber bauen, konstruieren.“ (SL2-2-35)

In vielen Aussagen der Leitenden wie diesen wird immer wieder betont, dass die Schüler/innen im Schülerlabor selbst aktiv sein sollen, also viel selbst machen sollen.

- „Ne, also das mit dem Schalter betätigen ist auch was, was erstmal ja nicht viel Verständnis sozusagen erfordert, aber was auch zu diesem Selbermachen, sich selber erleben, Umgang mit technischen Geräten und sowas schon 'ne wichtige Rolle spielt.“ (SL1-1-303)

Zu der Aktivität der Schüler/innen werden auch Aspekte wie der Umgang mit elektrischen Geräten gezählt. Auch wenn dies nur die Betätigung eines Knopfes an einer Maschine ist, wird dieser Aktivität ein großer Stellenwert zugeschrieben, wie die zuvor angeführte Aussage zeigt.

- b) Selbstwirksamkeit der Schüler/innen durch Selbsttätigkeit unterstützen:** Die Schüler sollen selbst aktiv werden, um sich als wirksam wahrzunehmen und festzustellen, dass sie technische und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen nutzen oder selbst etwas herstellen können. Die Schüler/innen sollen sich dabei durch Erfolgserlebnisse beim Selbermachen positiv selbst erleben. So sollen sie merken, dass sie Dinge können, bezüglich derer sie vorher eventuell gewisse Hemmungen hatten.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- „Also auf der Handlungsebene auf jeden Fall so, ich kann Dinge selbst, also ich kann Wissenschaft betreiben, ich kann selbst etwas herstellen, was dann auch funktioniert. Also zum Beispiel irgendwie die Rakete oder sowas. Also oder die Roboter, ich habe das programmiert. Das habe ich getan.“ (SL1-2-22)

Die Leitenden beschreiben immer wieder wie wichtig es ist, dass die Schüler/innen sich in der Schülerlaborsituation durch ihre aktive Rolle als wirksam wahrnehmen. Dadurch, dass die Schüler/innen feststellen, dass sie naturwissenschaftliche und technische Aufgaben bearbeiten können, sollen sie stolz auf sich sein können.

- „Dann find ich's wichtig, dass die Schüler sich positiv selbst erleben, dass die. Die sollen ja bei uns viel selber machen und auch Erfolgserlebnisse haben. Also ist ein Teil dieser Begeisterung natürlich, die wir wecken wollen.“ (SL1-1-9)

In dieser Aussage wird deutlich, dass es den Lernortbetreibenden besonders wichtig ist, dass die Schüler/innen letztendlich immer am Ende ein Erfolgserlebnis haben.

- „Und da möchte oder da möchte da Lernort generell, dass nicht nur Mädchen, aber gerade auch Mädchen, sich daran trauen, dass sie auch wieder diese Geschichte selber. Okay, habe ich geschafft. Hab mich erst davor so ein bisschen, gedrückt ist

das falsche Wort, vielleicht eine gewisse Scheu oder eine gewisse Distanz, eine ängstliche Distanz vielleicht gehabt. Bin dann nachher aber umso froher oder stolz auf mich selber, dass ich das dann geschafft habe.“ (SL3-1-18)

Diese Aussage betont, dass die Leitenden durch die Erfolgserlebnisse erwarten, dass bestimmte Hemmungen gegenüber naturwissenschaftlichen oder technischen Dingen und Zusammenhängen abgebaut werden können.

- c) Wissen durch Selbsttätigkeit aufbauen:** Die Schüler/innen sollen Fachinhalte durch eigenständiges Experimentieren selbst aufbauen. Das aufgebaute Wissen soll durch die selbst gemachten Erfahrungen so verankert werden, dass dieses mit Selbstsicherheit vertreten werden kann.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- *„[...] dass es [Selbermachen] einen sehr hohen Aufforderungscharakter hat, etwas selber zu tun und sich dann auch mit den Dingen anders zu beschäftigen und vor allem, was wichtig ist, die Sachen werden anders abgespeichert.“ (SL3-1-29)*

Diese Beispielaussage zeigt, dass die Leitenden einen sehr großen Stellenwert darin sehen, fachliches Wissen durch eigene Aktivität selbst aufzubauen, um kein träges Wissen zu erzeugen.

- *„Wo man sagt, ne da kann ich jetzt auch standhaft bleiben. Da weiß ich, dass ist so und so. Das hilft mir vielleicht ein bisschen mehr Verantwortung zu übernehmen, aber auch mehr Rückgrat zu haben und nicht so schnell einzuknicken, wenn jemand mal anderer Meinung ist, weil es ist, man knickt schneller ein, wenn man im Rücken nur eine schwache Quelle hat, vom Hörensagen, sag ich mal, als wenn man sagt, das sind Erfahrungen. Da habe ich mich tatsächlich ein paar Stunden mit beschäftigt. Und das ist so.“ (SL2-1-14)*

Hier wird deutlich, dass die Schüler/innen durch ihre eigenen Erfahrungen befähigt werden sollen, selbst aufgebautes Wissen selbstbewusst zu vertreten.

- d) Die Schüler/innen sollen selbstständig mit Unsicherheiten und Fehlern umgehen:** Die Schüler/innen sollen selbstständig arbeiten und Fehlerquellen selbst lokalisieren. Damit ist auch gemeint, dass die Schüler/innen bei Schwierigkeiten selbstständig Möglichkeiten der Unterstützung wie Bilder, Infotexte etc. nutzen, um sich Hilfe zu holen. Außerdem sollen die Schüler/innen auch beim Scheitern, selbst nach ihren Fehlern suchen und diese selbstständig angehen.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- *„Das ist eine gewisse Selbstständigkeit durch Selbsttätigkeit. Das bedeutet, sie sollen mit möglichst geringem Aufwand an Vorwissen, an Unterstützungsmaterial oder an so aufbereiteten Unterstützungsmaterial ihre Arbeit möglichst selbstständig durchführen. Und sollen dann also auch selbstständig Fehlerquellen lokalisieren und sollen sich mit dem Nachbarn besprechen bevor sie eigentlich an uns zurückgehen oder sie Fragen an die Dozenten führen.“ (SL3-1-7)*

- *„Durch entsprechende Fehlversuche eben selber festzustellen, aha das war jetzt falsch.“ (SL3-3-46)*

An diesen Aussagen wird deutlich, dass es Ziel der Schülerlabore ist, die Angebote so zu gestalten, dass die Schüler/innen möglichst selbstständig arbeiten können. Dabei sollen sie nicht bei jeder Sache die leitende Person um Hilfe bitten, sondern Unsicherheiten oder Fehler stattdessen kollaborativ mit ihren Mitschüler/innen angehen.

- *„[...] es besteht so ganz leicht der Hang bei Kollegen immer hinter den Schülern zu stehen und sobald die kleinste Schwelle an Stolpermöglichkeiten auftaucht sofort hinzuspringen und zu unterstützen. Und ich glaube das nimmt ganz ganz viel Erfahrungspotential, was die Schüler selber machen könnten, weil ich der Meinung bin, dass man eigentlich durch, ich will es nicht übertreiben, mit Trial and Error auch zum Ziel kommt.“ (SL3-1-11)*

Diese Beispielaussage zeigt, dass mit einer Selbstständigkeit der Schüler/innen auch ein gewisses Rollenverständnis der Leitenden zusammenhängt. Die Leitenden sollen die Schüler/innen dabei zwar unterstützen, jedoch sollte es das Ziel sein, dass diese eher die Rolle eines Coaches einnehmen, der die Schüler/innen motiviert, zunächst selbstständig mit den Problemen umzugehen.

- e) Die Schüler/innen sollen eigene Ideen einbringen:** Die Schüler/innen sollen während des Schülerlabortages kreativ agieren und eigene Ideen miteinbringen. Dabei sollen die Schüler/innen ggf. auch zwischen verschiedenen Möglichkeiten entscheiden können.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- *„[...] dann gibt es Phasen und da merkt man, da fangen die Augen an zu glühen bei den Schülern, jetzt kann ich das machen, was ich will. Also im positiven Sinne. Dann werden Teile gebaut und dann wird das Fahrzeug aufgemotzt und dann kommen da manchmal ganz wahnsinnig interessante Dinge dabei raus.“ (SL3-3-48)*
- *„Auch das Kompetenzerleben, also selbst, wenn die jetzt nicht verstanden haben, ob ich da jetzt drei Flossen dran machen muss oder zwei, eine oder wie viele und warum die Spitze jetzt schief ist, aber die haben ja trotzdem sich da selber mit eingebracht, selber viel zu beigetragen. Und selbst wenn die da jetzt irgendwelche Herzchen aufgeklebt haben oder sowas, sind die da stolz drauf.“ (SL1-1-249)*

Diese Aussagen zeigen, dass die Schüler/innen eigene Ideen im Schülerlabor einbringen können und dadurch auch motiviert werden sollen. In diesem Sinne werden in den Interviews, wie hier, verschiedene Situationen beschrieben, in denen die Schüler/innen eigene Ideen einbringen können oder etwas gestalten können.

- f) Begründete Entscheidungen fällen können:** Die Schüler/innen sollen befähigt werden, sich begründet zwischen verschiedenen Möglichkeiten zu entscheiden, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Diesbezüglich sollen Schüler/innen fachliche Kenntnisse abwägen und Entscheidungen nicht leichtfertig treffen. Dabei sollen die Schüler/innen die Entscheidungen fundiert begründen können.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- „Ganz am Ende, das ist das größte Ziel, was obendrüber steht, ist, sich fundiert zu entscheiden für das eine oder für das andere. Entweder schaffen wir es, jedem Kind die Erfahrung zu ermöglichen, sich fundiert entscheiden zu können später. Das ist das Ziel.“ (SL2-1-56)
- „Und dann nachher letztendlich dahingehend, dass die Schüler eine Entscheidung treffen können für sich, was brauche ich. Das heißt, sie erarbeiten sich ihr Handwerkszeug selber und sind letztens als Entscheidungsträger gefragt, wie arbeite ich weiter.“ (SL2-2-23)

Diese Beispielaussagen zeigen, dass die Schüler/innen befähigt werden sollen, Entscheidungen auf der Basis von Fachwissen zu fällen. Dabei wird der Begründung der Entscheidung ein großer Stellenwert zugeschrieben.

Unterkategorien zur Kategorie „Problemlösekompetenz fördern“

- a) Technisches Grundverständnis als Problemlösung vermitteln:** Durch den technischen Zugang im Schülerlabor soll den Schüler/innen vermittelt werden, dass technische Konstruktionen meist eine Lösungssuche für ein gegebenes Problem darstellen.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- „Also das fängt erstmal schon damit an, dass man ihnen überhaupt erstmal aufzeigt, was es gibt. Was es gibt und was machbar ist. Wir haben es häufig erlebt, dass Schüler so in der siebten oder achten Klasse so gesagt haben Technik sind nur Computer. [...] Also da [in der Technik] wird nicht einfach etwas aus im blauen Dunst erfunden, sondern da besteht ein Bedürfnis, ein Problem und das muss gelöst werden. Ich brauche Feuer, zum Beispiel. Oder ich will mit jemanden kommunizieren oder ich will irgendwo hin. So, wie mache ich das? Das heißt Technik ist immer eine Problemlösung.“ (SL3-3-4)
- „Viele Schüle kommen damit [Konstruktion eines Solarbootes] viel schneller an Problematiken ran. Erkennen Probleme selber und sind auch eher geneigt, Lösungen zu finden, als wenn man sowas irgendwie versucht, theoretisch dann zu thematisieren.“ (SL2-2-15)

Zum einen wird hier beschrieben, dass die Schüler/innen das Problemlösen als ein gängiges Vorgehen in der Technik erkennen sollen. Durch die technische Konstruktion eines Produktes wie z. B. eines Solarbootes soll im Umkehrschluss aber auch das Problemlösen unterstützt werden.

- b) Schüler sollen Wege finden, um ein Ziel zu erreichen:** Die Schüler/innen sollen etwas entwickeln, um ein definiertes Ziel zu erreichen. Dabei ist der Weg dahin offen und soll von den Schüler/innen gestaltet werden.

Beispielaussagen aus den Interviews:

- „[...] aber dass es jedem Schüler ermöglicht wird, quasi seinen Weg zu finden.“ (SL2-2-25)

- „[...] es gibt ja auch diesen so ‘n Versuch, wo die ein Ei so verpacken müssen, dass es einen Sturz im Treppenhaus überlebt. [...] Und in der Regel kriegen die auch nicht so viele Vorgaben, wie die jetzt die Materialien nutzen müssen. Also die könnten mit den Strohhalmen könnten die Landebeine bauen. Die können aber auch oben den Fallschirm irgendwie noch verstärken mit so einer Art Gerüst oder sowas und ja. Das ist dann natürlich auch eine technische Herausforderung.“ (SL1-1-321)

Auch wenn das Problemlösen nicht als solches benannt wird, beschreiben die Leitenden hier als Ziel, dass die Schüler/innen einen Weg finden sollen, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen.

3.5.3 Zusammenfassung

Die Befragten an den drei Schülerlaboren dieser Studie verbinden mit den Angeboten ihrer Schülerlabore vielfältige Ziele. Eine Reihe von Ziele können sie explizieren und begründen. Weitere können sie nicht explizieren oder sie stehen bei ihnen nicht im Vordergrund. Fachwissen zu vermitteln, für Naturwissenschaft und Technik zu interessieren, für Berufe zu motivieren, werden genannt, aber auch die Anwendbarkeit in Kontexten des Alltags oder des Berufs. Ebenso wird die Unterstützung von selbstgesteuertem Lernen und von der Erfahrung von Selbstwirksamkeit angeführt. Zwei der hier interessierenden drei Dimensionen werden also explizit als Zieldimensionen angesprochen. Zahlreiche Teilziele können hier herausgearbeitet werden. Die Förderung von Problemlösefähigkeit wird hingegen nicht als ein vordringliches Ziel angegeben. Auf Nachfrage ist diese Zieldimension für die Befragten zwar nachvollziehbar, aber sie verbinden damit wenige Vorstellungen und es lassen sich kaum Unterkategorien bilden. Ggf. zeigt sich hier ein Entwicklungsbedarf bezüglich der Ziele. Insgesamt aber lassen sich die deduktiven Kategorien für Ziele in den Dimensionen der Kontext-, Autonomie- und Problemorientierung als Kategorien rekonstruieren und somit für das weitere Vorgehen legitimieren.

3.6 Entwicklung eines Analyseinstruments

Um die Denk- und Lernprozesse von Schüler/innen in Schülerlaboren modellieren zu können und begründete Vorschläge für die Weiterentwicklung der Angebote zu machen, ist ein Analyseinstrument notwendig, das die fachdidaktische Struktur der Angebote und gleichermaßen die Prozesse der Nutzung der Angebote zu erfassen vermag. Ein Raster mit zwölf Dimension, die eine Differenzierung des Begriffspaares formal-informell erlauben sollten, hat sich als zu uneinheitlich und als zu wenig fokussierend dargestellt. Es wurde auf drei Dimensionen reduziert, wobei einige der zwölf ursprünglichen Dimension in den dreien aufgehen konnten (Abbildung 3.1). Die Dimensionen der Problemorientierung, der Kontextorientierung und der Autonomieorientierung konnten für die vorliegende Studie dadurch legitimiert werden, dass sie in aktuellen Bildungskonzeptionen und auch bei den Leitenden der beteiligten Schülerlabore als wichtige Dimensionen eingestuft werden, die es mit Bildungsangeboten anzuzielen gilt.

Im Folgenden werden die drei Dimension mit Bezug zu verschiedenen theoretischen Ansätzen genauer dargestellt. Es wird darüber hinaus argumentiert, dass die drei Dimensionen mit kognitiven und motivationalen Prozessen verknüpft sind, die hier näher

ausgeführt werden. Am Ende des Abschnitts steht ein differenziertes Instrument zur fachdidaktischen Analyse der Schülerlaborangebote und der ablaufenden Prozesse auf Seiten der Schüler/innen, wenn sie in den Angeboten aktiv sind und sie in ihrem Sinne nutzen.

3.6.1 *Didaktisch-pädagogische Klärung der Konzepte Problem-, Kontext- und Autonomieorientierung*

Die drei Dimensionen sind jeweils als Komplementaritäten zu verstehen, also als Dimensionen mit zwei Polen, die für sich genommen unter bestimmten Zielvorstellungen jeweils erstrebenswerte Ausrichtungen darstellen. So ist bei der Dimension „Kontextorientierung“ der eine Pol die Orientierung an Kontexten sowie die Integration von Kontexten in die Angebote der Schülerlabore. Der Gegenpol ist aber nicht einfach die Abwesenheit einer Kontextualisierung, sondern die Dekontextualisierung, also eine Ausrichtung mit dem Ziel zu abstrahieren, um Erkenntnisse auf andere Situationen transferierbar zu machen oder um eine allgemeine Sachstruktur zu konstruieren. Die Pole dieser Dimension sind also keine Gegensätze, sondern stehen in einer komplementären Beziehung zueinander. Ein Schülerlaborangebot kann dadurch charakterisiert werden, an welcher Stelle es in einer solchen dynamischen Dimension einzuordnen ist. Auch kann sich die Ausrichtung eines Angebots während eines Vormittagsangebots verändern, und zwar aus bestimmten expliziten oder impliziten didaktischen Überlegungen heraus. So können sich innerhalb eines Angebots Prozesse der Kontextualisierung und der Dekontextualisierung abwechseln oder ineinander geschachtelt sein.

Bei der Dimension der „Problemorientierung“ sind die Pole die offene Problemsituation bzw. Problemlöseaufgabe, die sich Schüler/innen stellen, und auf der anderen Seite Aufgabenstellungen, die durch Instruktion ausgerichtet sind, also einen einheitlichen Handlungsablauf vorgeben mit der positiven Absicht, für kognitiv weniger leistungsfähige Schüler/innen angepasst zu sein. Die Dimension „Autonomieorientierung“ umfasst die Pole einer ausgeprägten Selbstbestimmung bei der Nutzung des Schülerlaborangebots bzw. einer ausgeprägten Fremdbestimmung, insbesondere durch die Leitenden im Schülerlabor. Hier sind Schülerlaborangebote denkbar, bei denen sich beide Ausprägungen nach einem bestimmten didaktischen Konzept abwechseln oder bei denen eine Ausrichtung durchgängig überwiegt. Da in allen Dimensionen die jeweiligen Pole bestimmte Vorteile bieten, besteht die Aufgabe einer didaktischen Strukturierung darin, eine begründete Balance oder einen dezidierten Wechsel in den jeweiligen Ausprägungen zu erreichen. Das hier entstehende Analyseinstrument soll in der Lage sein, die Position eines Angebots in einem bestimmten Segment zu rekonstruieren und die Prozesse der Schüler/innen als Reaktion auf die Ausrichtung des Angebots in den drei Dimensionen zu erheben.

Im Folgenden werden die Pole der drei Dimensionen genauer betrachtet und da die hier begleiteten Schülerlaborangebote eine fachliche Nähe zur Physik haben, werden an vielen Stellen Erkenntnisse der Physikdidaktik herangezogen.

Dimension Kontextorientierung

Kontextorientierung spielt sich zwischen den Polen der Kontextualisierung von fachlichen Inhalten und der Dekontextualisierung, also der Abstraktion von Einbettungen, ab. Dabei ist zunächst zu klären, was unter einem Kontext zu verstehen ist. Ein Kontext im Rahmen von schulischen oder außerschulischen Vermittlungsabsichten bedeutet das Herstellen eines technischen Anwendungsbezugs, eines Bezugs zum Alltag der Lernenden oder eines gesellschaftlichen oder wissenschaftlichen Bezugs des angebotenen Wissens (Nawrath, 2010, S. 21). Oftmals schließe dies einen Fächerübergriff zu anderen Fächern oder anderen Disziplinen ein (vgl. z. B. Aikenhead, 1994), weil Kontexte multiple Perspektiven aufgreifen wie die naturwissenschaftliche, technische, ökologische, ökonomische, politische, technische, kulturelle, historische oder soziologische Perspektive. Ziman (1994), Layton (1994) sowie Bennett et al. (2007) verweisen darauf, dass noch nicht einheitlich geklärt ist, was einen kontextorientierten Unterricht im Detail ausmachen sollte, denn es liegen vielfältige Perspektiven und Definitionen von Kontexten vor. Insgesamt lässt sich zumindest für den Physikunterricht festhalten, dass es die Funktion einer Kontextualisierung ist, technische, gesellschaftliche und anwendungsbezogene Fragestellungen in den Physikunterricht zu integrieren (z. B. Glynn & Koballa, 2005). Kontexten wird im Lernprozess eine wichtige Rolle zugeschrieben:

„Wissensinhalte sind immer bis zu einem gewissen Grad an die Kontexte gebunden, in denen sie erworben worden sind. Ausschließlich dekontextualisiert vermitteltes Wissen läuft fast zwangsläufig Gefahr, «träge» und in Anwendungssituationen schlecht nutzbar zu sein (Gruber, Mandl & Renkl, 2000), weil die Kontexte ihres Erwerbs sich stark von jeglichen Anwendungssituationen unterscheiden.“ (Reusser, 2005, S. 162)

Eine Kontextualisierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts wird deswegen in Bezug auf eine Qualitätsverbesserung des Unterrichts immer wieder gefordert, um eine Lehr-Lern-Kultur zu unterstützen, die an den „Alltagserfahrungen und -vorstellungen anknüpft“ (Müller, Mikelskis-Seifert, Duit & Euler, 2005, S. 1). Eine Möglichkeit die Kontextualisierung umzusetzen ist der sozial-konstruktivistische Anchored Instruction-Ansatz zum Situierten Lernen (Vanderbilt, 1996; Kuhn, 2010). Hier schaffen reale Situationen in Form von Ankermedien wie Videos, Zeitungsartikeln oder Bildern einen Makrokontext, die ein komplexes Problem exponieren, dessen Lösung man sich im Unterricht annimmt. Dieser Anker soll das Arbeiten an den Problemen leiten und herausfordern, sodass sie die Sinnhaftigkeit und Relevanz der Lerninhalte erkennen. Im Gegensatz dazu wird bei deiner dekontextualisierten Fachstrukturierung oft eine „synthetische Wirklichkeit“ kreiert, die von der Lebenswelt der Schüler/innen abgekoppelt ist:

„Eines der Hauptprobleme im naturwissenschaftlichen Unterricht und vor allem im Physikunterricht, ist die synthetische Wirklichkeit (vgl. Müller, 2006a, S. 103). Dabei schafft sich der Unterricht seine eigene Realität, weil die Alltagsbezüge oftmals weit weg vom außerschulischen Umfeld der Schülerinnen und Schüler sind und zu stark elementarisiert werden, sodass die Lernenden die Motivation schnell wieder verlieren. Dadurch wird der physikalische Inhalt in einem reinen Schulkontext erlebt, der mit der Alltagswelt außerhalb der Schule nichts zu tun hat.“ (Micic, 2015, S. 2)

So werden im Physikunterricht Materialien verwendet, die man außerhalb des Unterrichtes nie sieht, und Wörter genutzt, die man sonst nie braucht oder teilweise sogar im Alltag ganz anders verwendet wie z. B. der Begriff Energie oder Kraft. Auch die Handlungen wie z. B. das Zählen der Schwingungen einer Kugel am Faden würde man außerhalb des Physikunterrichts nicht machen (vgl. Müller, 2006). Dies führt dazu, dass es für Schüler/innen schwierig ist, Verbindungen zu alltäglichen Begriffen, Erfahrungen und Vorstellungen herzustellen, was zu nichtübertragbarem „trägen Wissen“ führt: „Wissen, das abgelöst von seinen Anwendungen gelehrt und gelernt wird, ist in Situationen, wo es gebraucht würde, oft nicht verfügbar, weil seine praktische Nutzung nicht mitgelernt wurde.“ (ebd., S. 104). Weinert (1998) beschreibt dies wie folgt:

„Wissen wird in der Regel mit einer gewissen sachlogischen Systematik vermittelt und erworben. Lange Zeit galt es als unumstritten, ob die auf diese Weise aufgebauten schulischen Kenntnisse auch im alltäglichen oder beruflichen Leben genutzt werden können. Inzwischen gibt es gravierende Zweifel. Systematisch erworbenes Wissen – so die These – ist anders strukturiert, anders organisiert und anders abrufbar als es die meisten praktischen Anwendungssituationen erfordern. Prinzipiell verfügbares Wissen bleibt deshalb oft tot, träge und ungenutzt, obwohl man es eigentlich zur Lösung bestimmter Probleme braucht. Die Diskrepanz zwischen Lern- und Anwendungsbedingungen ist in der Regel sehr groß.“ (S. 24)

Deswegen wird hier eine stärkere Kontextualisierung gefordert wie z. B. durch Reinmann und Mandl (2006) argumentiert:

„Ausgangspunkt von Lernprozessen sollten authentische Probleme sein, die aufgrund ihres Realitätsgehalts und ihrer Relevanz dazu motivieren, neues Wissen oder neue Fertigkeiten zu erwerben. Die Lernumgebung ist so zu gestalten, dass sie den Umgang mit realistischen Problemen und authentischen Situationen ermöglicht und anregt. Der Vorteil: Situiertheit und Authentizität sichern einen hohen Anwendungsbezug beim Lernen.“ (S. 640)

Ein weiterer Aspekt, der sich bei einer weitgehenden Dekontextualisierung als problematisch erweisen kann, ist das mangelnde Interesse der Schüler/innen am Fach Physik. Mehrere Studien zum Interesse am Physikunterricht (vgl. auch Seelig, 1968 und Hoffmann & Lehrke, 1986) zeigen, dass Schüler/innen im Laufe ihrer Schulkarriere das Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen verlieren und das Fach an sich sehr unbeliebt ist. So haben unter anderem die IPN-Interessenstudie Physik (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998) sowie die Programme „Physik/Chemie/Biologie im Kontext“ (z. B. Parchmann & Gräsel, 2004; Mikelskis-Seifert & Duit, 2010) gezeigt, dass das Interesse am Fach Physik zum Großteil an der Einbettung der behandelten Themen in Kontexte aus Alltag und Technik abhängt. Anwendungsorientierte und kontextbezogener Unterricht, in dem die Relevanz der Lerninhalte für die Schüler/innen erfahrbar gemacht worden ist, wirkte sich positiv auf Motivation und lernförderlich aus (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Parchmann & Gräsel, 2004).

Der Kontextualisierung wird sowohl in der deutschsprachigen physikdidaktischen Literatur (z. B. Behrendt, 2000; Labudde, 2001; Müller, 2006; Mikelskis-Seifert & Duit, 2007) als auch in der Unterrichtspraxis (z. B. Dreyer et al., 1999; Boysen et al., 2007) ein großer

Stellenwert bei der Vermittlung anwendbaren Wissens zugeschrieben, da dies zur Interessens- und Motivationssteigerung der Schüler/innen führt.

Allerdings kann eine Kontextualisierung auch eine höhere Komplexität als eine dekontextualisierte Fachstrukturierung darstellen: „Das Lernen in authentischen Lernsituationen ist nicht einfacher, sondern schwieriger als das Lernen der schon ‚destillierten‘ Lerninhalte des traditionellen Wegs. Die Gegenstände des wirklichen Lebens sind eben oft ‚sperrig‘ und fügen sich nicht zwanglos in die Struktur der physikalischen Begrifflichkeiten ein.“ (Müller, 2006, S. 112) So kann es für Schüler/innen einfacher sein, der Fachsystematik zu folgen, in der zunächst Grundlagen aufgegriffen werden und dann darauf aufgebaut wird. Authentische Kontexte sind dagegen meist nicht nach einer bestimmten Fachstrukturierung aufgebaut, sondern beinhalten oftmals verschiedenste Fachinhalte, die für ein Verständnis nötig sind. Dies führt dazu, dass vermeintlich authentische Kontexte meist wie ein „Feigenblatt“ fungieren, um die Lernsituation interessanter zu gestalten, dann aber wegen der größeren Komplexität schnell wieder verlassen werden, um Schüler/innen nicht zu überfordern (vgl. ebd., S. 109).

Eine weitere Problematik stellt der episodenhafte Charakter der Lernsituation dar. Um tragfähiges Wissen aufzubauen, ist es wichtig, dass Gelerntes mit dem bereits vorhandenen Wissen vernetzt wird. Dies ist jedoch schwierig, wenn Fachinhalte immer nur in einem Kontext, also situiert, gelernt werden und nicht vom Kontext des Gelernten abstrahiert wird: „Das Abstrahieren des Gelernten vom Kontext und das Herstellen von Querverbindungen sind bei dieser Zugangsweise natürlich erschwert.“ (ebd., S. 110). Eine dekontextualisierte Fachsystematik stellt ein höchst effizientes Wissensnetzwerk dar, das durch seine Abstraktion auch Zusammenhänge zwischen verschiedenen Phänomenen zu erkennen ermöglicht, die auf der Ebene der Kontexte zunächst gar nicht sichtbar sind. Dies ist ein nicht zu verkennender Vorteil der Dekontextualisierung, die die Physik zum großen Teil ausmacht. Deswegen wird eine Verbindung von kontexthaften und dekontextualisierten Darstellungen gefordert:

„Inzwischen lässt sich die wissenschaftlich fundierte Schlussfolgerung ziehen, dass Lernen sowohl sachsystematisch als auch situiert erfolgen muss. Mit anderen Worten: Neben einem wohl organisierten disziplinären Wissenserwerb bedarf es von Anfang an einer Nutzung des erworbenen Wissens in lebensnahen, transdisziplinären, sozialen und problemorientierten Kontexten. Die Förderung sowohl des situierten als auch des systematischen Lernens ist eine wesentliche Bedingung für den Erwerb intelligenten, flexibel nutzbaren Wissens. [...] Nur wer neben der sachlogischen Systematik des Wissens auch die situativen Kontexte seiner möglichen Anwendung mitgelernt hat, erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass es in lebenspraktischen, variablen Kontexten kreativ angewandt wird.“ (Weinert, 1998 zitiert nach Müller, 2006, S. 111)

Auch Häußler et al. (1998) argumentieren für die Einstellung einer geeigneten Balance zwischen den beiden Gegenpolen statt für eine reine Fokussierung auf nur einen Pol:

„In manchen fachdidaktischen Diskussionen kommt die Fachsystematik nicht besonders gut weg. Sie gilt vielen als eine Art Bollwerk, hinter dem sich unbelehrbare Lehrkräfte verschanzen, um sich gegen eine Modernisierung des Unterrichts zu

wehren. Wir sind dagegen der Auffassung, dass sich eine Erneuerung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, die ausschließlich innerhalb der fachsystematischen Grenzen erfolgt, ebenso erschwert ist wie bei einem Verzicht auf die Fachsystematik. Würde sich der Unterricht nämlich nur an der Fachsystematik orientieren, so wäre der Zugang für den überwiegenden Teil der Schülerschaft versperrt [...]. Würde die Fachsystematik dagegen zugunsten einer Orientierung an der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler gänzlich verbannt werden, so käme ein Unterricht heraus, der wegen seines episodenhaften Charakters ebenfalls nicht besonders effektiv wäre. Es geht vielmehr darum, Unterricht so zu gestalten, dass sowohl eine systematische Entwicklung der Begrifflichkeit als auch eine Anbindung an die Lebens- und Erfahrungswelt der Schülerinnen und Schüler möglich ist.“ (Häußler, 1998 zitiert nach Müller, 2006, S. 111)

Wie eine Kontextualisierung und eine systematische Entwicklung von Begrifflichkeiten gemeinsam umgesetzt werden können, wird in vielen Definitionen nicht benannt oder es werden unterschiedliche Ideen geäußert. Ausgehend von verschiedenen diskutierten Ansätzen bezeichnet Nawrath (2010) die Kontextualisierung in Bezug auf den Physikunterricht als ein Vorgehen, im Zuge dessen verschiedene alltagsweltliche Kontexte für die Vermittlung physikalischer Begriffe, Gesetze oder Theorien nutzbar gemacht werden. Er schlägt ein kontextstrukturiertes Vorgehen vor, bei dem der Kontext den Ausgangspunkt der Unterrichtsstruktur bildet und den Prozess der Unterrichtsstrukturierung sowie die Entwicklung der genutzten Sachstruktur steuert und Fachliches herangezogen wird, um den Kontext zu erschließen. Dieses Vorgehen kann auch auf eine Schülerlaborsituation bezogen werden und wird dort auch oft verwendet. So können beispielsweise für die Erschließung des Kontexts eines Solarbootes dekontextualisierte Experimente an einem elektrischen Steckboard zur Reihen- und Parallelschaltung herangezogen werden. Das Steckboard hat hier also etwas Modellhaftes, an dem man etwas über die reale Situation des Kontexts Solarboot lernen kann. Allerdings ist diese Zuordnung nicht absolut, sondern im Verhältnis zueinander, also relativ zu etwas anderem. Denn das Steckboard mit den Experimenten zur Reihen- und Parallelschaltung ist im Verhältnis zu einer Schaltskizze der Schaltungen etwas sehr Reales. In diesem Verhältnis wären die Schaltzeichen etwas Modellhaftes für den Kontext des Steckboards. Gleichzeitig ist das Solarboot ein Modell für den Kontext der regenerativen Energieträger. Dies zeigt, dass es verschiedene Kontextebenen gibt und es sich bei der Kontextorientierung nur um eine scheinbare Dichotomie handelt. Stattdessen muss eher von einer Kontinuität zwischen den beiden Gegenpolen gesprochen werden, in der sich die fachdidaktische Strukturierung im Laufe des Angebots hin und her bewegen kann.

Dimension Problemorientierung

Bei der Dimension der Problemorientierung stellen instruktionsbasierte Aufgaben, die sich durch eine starke Strukturiertheit auszeichnen und durch Instruktionen dominiert sind, und Problemlöseaufgaben, bei denen das Ziel klar und der Weg offen ist, dar. Um den Unterschied dieser Ausrichtungen zu klären, ist das Konstrukt „Problem“ genauer zu betrachten. Was ein Problem aus Sicht der Lernforschung ausmacht, darüber gibt es keinen allgemein akzeptierten Konsens wie eine Zusammenstellung von Kipman (2018) verschiedener

Definitionen zeigt. Klix (1971, S. 640) spricht zum Beispiel dann von einem Problem, wenn es einen Anfangs- und einen Zielzustand gibt und das Überführen vom Anfangs- zum Zielzustand nicht unmittelbar gelingt. Dörner (1976, S. 10) definiert in ähnlicher Weise: „Ein Individuum steht einem Problem gegenüber, wenn es sich in einem inneren oder äußeren Zustand befindet, den es aus irgendwelchen Gründen nicht für wünschenswert hält, aber im Moment nicht über die Mittel verfügt, um den unerwünschten Zustand in den wünschenswerten Zustand zu überführen.“ Er ergänzt aber noch eine Unterscheidung zwischen einer Aufgabe und einem Problem in seiner Definition: „Wenn die Transformation des IST-Zustands in den SOLL-Zustand produktives Denken erfordert, dann stehen wir vor einem Problem. Andernfalls handelt es sich nur um eine Aufgabe.“ (ebd., S. 10) Diese Unterscheidung wird u.a. auch durch Schoenfeld (1989) aufgegriffen und unterstützt, der die Unterscheidung zwischen einer Aufgabe und einem Problem an den Wissensstand der Lernenden knüpft. Fuchs (2006, S. 72) spricht in seiner Definition von einer personenspezifischen Barriere zwischen einem unerwünschten Anfangszustand und dem erwünschten Zielzustand. An diesen Aussagen wird deutlich, dass das Vorwissen und die Vorerfahrungen der Lernenden festlegen, ob eine Fragestellung subjektiv ein Problem oder eine Aufgabe darstellt. Das heißt also, ein Problem kennzeichnet, dass eine Suche nach einem Lösungsweg erforderlich ist, bei dem spezielle Einfälle, neuartige Verbindungen vorhandener Wissensbestände benötigt werden, wobei ein inhaltliches Verständnis des Sachverhaltes unabdingbar ist. Kipman (2018) fasst diese unterschiedlichen Definitionen zusammen und definiert darauf basierend die Problemlöseaufgabe wie folgt:

„Kurz zusammengefasst sind Problemaufgaben Aufgaben, bei denen der Sollzustand nur durch die Überwindung einer Barriere mittels produktiven Denkens erreicht werden kann. Dies ist unabhängig von der Offenheit der Fragestellung, die den Problemtyp bestimmt, da kein Problem wie das andere ist (dabei ist zu beachten, dass es immer vom Vorwissen der Person abhängt, ob es sich überhaupt um ein Problem handelt oder ob es sich für diese Person um eine Aufgabe handelt).“ (S. 32)

Wie in den Definitionen eines Problems deutlich wird, sind Problemlöseaufgaben von anderen Aufgaben durch die Art und Weise des Vorwissens der Lernenden abzugrenzen, weil dies darüber entscheidet, inwieweit die Lösung eine Herausforderung darstellt. Ist der Lösungsweg klar, handelt es sich um eine reguläre Aufgabe, deren Bearbeitungsweg dem Lernenden klar ist. Dies kann natürlich auch stark durch die Art und Weise der Aufgabenformulierung beeinflusst werden. So können klare Lösungswege auch durch die Instruktion innerhalb der Aufgabe selbst kommen, sodass die kognitive Herausforderung geringer ist. Wenn in der Aufgabe mehr Hilfen gegeben werden und einzelne Schritte vorgeplant sind, wird der Lösungsweg stärker strukturiert. Hier wird bereits der fließende Übergang zwischen den beiden Polen deutlich. So können Aufgabenstellungen zwischen den beiden Gegenpolen verschoben werden, indem man mehr oder weniger Instruktionen gibt und in die Aufgabenstellungen einarbeitet. Im Extremfall erhält man Aufgaben, die als instruktionsbasiert bezeichnet werden können, die alle Schritte der Aufgabenlösung vorgeben, den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe gegenüber einer Problemlöseaufgabe reduzieren, aber gleichzeitig die Offenheit nehmen.

Beide Pole weisen Vor- und Nachteile für bestimmte Lernende auf. Oftmals werden strukturierte bzw. instruktionsbasierte Aufgaben als Routineaufgaben bezeichnet, die zum Üben eines bekannten Aufgabentyps dient. Das Bundesinstitut für Bildungsforschung und Innovation beschreibt, dass es dem Lernenden bei einer Routineaufgabe möglich ist, „eine verfügbare Lösungsprozedur abzurufen, der Lösungsweg erscheint klar“ (BIFIE, 2013, S. 9). Dies führt dazu, dass ein „rezeptartiges Abarbeiten einer bekannten Prozedur“ (ebd., S. 9) möglich ist und die Aufgaben „auch ohne tieferes Verständnis erfolgreich gelöst werden“ (ebd., S. 9) können. Dies kann allerdings dazu führen, dass Schüler/innen zwar einen fachlichen Sachverhalt gelernt haben, das Wissen aber nicht in der Praxis anwenden können, also „träges Wissen“ aufgebaut haben (Renkl, Mandl & Gruber, 1996). Deswegen werden Problemlöseaufgaben vermehrt gefordert. So wird das Problemorientierte Lernen zur „Grundfigur eines auf transferierbares Wissen zielenden und der häufig beobachtbaren Kluft zwischen Wissen und Handeln entgegenwirkenden Lernens“ (vgl. Reusser, 2005, der sich hierbei u.a. auf Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2001 bezieht). Reusser postuliert, dass Probleme die Schüler/innen zum Denken bringen und dieses in Bewegung halten, weil zum Problemlösen „hot cognitions“ nötig sind, die „geistiges Leben dynamisieren und unserem Suchen und Lernen Motivation und Richtung geben.“ (ebd., S. 163). Auch Salner-Gridling (2009) unterstützt dies und spricht davon, dass problemorientiertes Lernen nicht nur Wissen aufbaut, sondern auch Fähigkeiten wie z. B. Flexibilität, Kreativität und Ausdauer fördert. Auch zeigen Instruktionsansätze, in denen problemorientiertes Lernen unterstützt wird, wie z. B. der „Anchored Instruction“ Ansatz (Vanderbilt, 1997) oder der „Cognitive Apprenticeship“ Ansatz (Collins, Brown & Newmann, 1989), eine positive Wirkung beim Erwerb von anwendbarem Wissen, wie auch eine Metaanalyse von 43 Einzelstudien zum problemorientierten Lernen verdeutlicht (Dochy, Segers, Van den Bossche & Gijbels, 2003).

Des Weiteren hat sich bei dieser Metaanalyse auch ein Einfluss auf die Motivation der Schüler/innen gezeigt (vgl. den Überblick von Gräsel, 1997, S. 21-27, sowie Zumbach, 2003). Diesen positiven Effekt von Problemlöseaufgaben führen auch andere Autor/innen aus: „Das Zusammenwirken von Zielsetzung und situativen, personalen und aufgabenspezifischen Merkmalen hat einen Einfluss auf Motivation und Emotionen des Schülers“ (Gürtler et al. 2003, S. 225). Salner-Gridling führt das darauf zurück, dass offene Unterrichtsformen mit Problemlöseaufgaben den Schüler/innen die Möglichkeiten geben, Anforderungen zu bewältigen, was wiederum ermöglicht, dass die Schüler/innen ihre Selbstwirksamkeit erfahren und ihr Selbstbewusstsein gestärkt wird (vgl. Salner-Gridling 2009, S. 84). Auch Reusser (2005) bezieht sich auf das zielorientierte Arbeiten im Problemlöseprozess, welchem er einen großen Stellenwert für die Motivation der Schüler/innen zuschreibt:

„Wer von einem Problem durchdrungen ist, bemüht sich in aller Regel, eine Lösung zu finden. Es braucht keine oder nur wenige didaktische Kunstgriffe, um Lernenden einen Gegenstand oder ein Ziel mit extrinsischen Mitteln schmackhaft zu machen und ihre Such- und Denktätigkeit anzustacheln. Die motivierende Funktion von Problemen stellt allein deshalb schon einen wichtigen Grund zu einem entsprechenden Vorgehen im Unterricht dar.“ (S. 165)

Problemlöseaufgaben gelten also als motivierende, kognitiv aktivierende Lernsituationen. Allerdings gilt das Problemlösen auch als eine der anspruchsvollsten Tätigkeiten (ebd., S. 163). Es werden in verschiedenen Ansätzen vielfältige Fähigkeiten beschrieben, die vorhanden sein müssen, um ein Problem zu lösen. Die OECD definiert das kollaborative Problemlösen als „[...] die Fähigkeit, sich effektiv und zielorientiert am Lösungsprozess einer Problemsituation mit mindestens zwei Akteuren zu beteiligen, bei dem die Akteure das für die Lösung notwendige gemeinsame Verständnis herstellen und die notwendige gemeinsame Anstrengung aufbringen sowie ihr Wissen, ihre Fertigkeiten und ihre Anstrengungen vereinen“ (OECD, 2017; Übersetzung: Zentrum für internationale Vergleichsstudien). Kipman (2018, S. 12) fasst diese und weitere Ansätze so zusammen, dass „die Problemlöser einen Lösungsweg suchen und sich auf den Lösungsprozess einlassen müssen. Sie müssen bereits Gelerntes aktivieren und organisieren.“ Dabei stehen das Lernen und Anwenden von heuristischen Regeln sowie das „Eigenständig-Denken-Lernen“ im Vordergrund.

Diese hohe Eigenständigkeit im Rahmen der Problemlösung kann allerdings auch zu einer Überforderung der Lernenden führen. So haben Studien gezeigt, dass Schüler/innen bei einer komplexen und offenen Lernumgebung schlechtere Lernleistungen erzielen (Gräsel, 1997). Bei einer Überforderung neigen Lernende nämlich dazu, Probleme nur oberflächlich zu explorieren, nur wenige Hypothesen zu bilden und diese auch nicht systematisch zu prüfen, wie Sumfleth (2002) mehrere Studien zusammenfasst (z. B. Stark et al., 1995; Fischer et al., 1997; Leutner, 1992). Um eine Überforderung der Schüler/innen zu vermeiden, ergibt es deswegen Sinn, das problemorientierte Lernen zu begrenzen und die Komplexität bzw. die Offenheit teilweise zu reduzieren. Formen des gelenkten Problemlösens können unterschiedlich praktiziert werden. Eine Variante, die dafür vorgeschlagen wird, ist der Einsatz von entsprechenden Aufgaben: Zur Unterstützung erscheint es notwendig, „Schüler durch Vorgabe isomorpher Aufgaben zunächst zu nahen Transferleistungen hinzuführen und so auf einen weiten Transfer vorzubereiten“ (Sumfleth et al., 2002, S. 209). Auch Lind et al. (2004) sprechen von einer oftmals zu hohen Anforderung an die Schüler/innen, die durch eine stärkere Instruktionen profitieren. Auch sie nennen als eine Möglichkeit der Unterstützung den Einbezug von einfachen Aufgaben. Reusser (2005, S. 169) führt aus, dass die Aufgaben als eine produktive Interaktionsvorgabe gelten, wenn sie die Lernenden in bestimmten Schritten, mit bestimmten Methoden, in bestimmten Sozialformen unterstützen, auf bestimmte Zwischenziele hinarbeiten. Solche und andere Unterstützungen im Problemlöseprozess führen dazu, dass Schüler/innen deutlich bessere Transferleistungen erbringen als Schüler/innen, die ohne Anleitung Problemlöseaufgaben bearbeiten (vgl. Resing & Elliott, 2011).

Dimension Autonomieorientierung

Fremd- und Selbststeuerung stellen die Pole dieser Dimension dar. Dies beruht auf der Annahme, dass Lernen prinzipiell als eine Auseinandersetzung einer Person mit ihrer Umwelt zu verstehen ist (vgl. Edelman & Wittmann, 2012). Diese Person-Umwelt-Interaktion kann von verschiedenen Einflüssen moderiert werden und dementsprechend unterschiedliche Ergebnisse nach sich ziehen. Nach Lewins Feldtheorie kann zwischen zwei Steuerungstypen unterschieden werden, welche das gezeigte Verhalten der Person im Zuge des

Lernprozesses bedingen (ebd., S. 206). Ist das Verhalten der Person stark von äußeren Umweltreizen kontrolliert, wie zum Beispiel bei Reiz-Reaktions-Lernprozessen, so sprechen Edelman und Wittmann (ebd., S. 209) von einer *Außensteuerung des Verhaltens*. Während einer *Außensteuerung* nimmt die Lehrperson eine aktive Rolle ein und initiiert bzw. lenkt größtenteils das Verhalten der Lernenden durch Instruktionen, also direktes Anweisen, Darbieten und Vorgeben (Fremdsteuerung). Für den Lernenden bedeutet dies, dass er eine passive, reaktive Rolle einnimmt. Geht das Verhalten hingegen schwerpunktmäßig von der Person aus, wie zum Beispiel im Falle von planvollem Handeln, spricht Edelman von einer *Innensteuerung* (Selbststeuerung). Er fokussiert dabei auf die Förderung des innen- beziehungsweise selbstgesteuerten Lernens als eigenverantwortliches Handeln, wobei der Lehrende eine untergeordnete, dafür aber bei Bedarf unterstützende Rolle einnimmt. Welcher Steuerungstyp die jeweiligen Lernprozesse moderiert, ist nach Edelman von Situation zu Situation unterschiedlich und gleichermaßen für das menschliche Lernen relevant.

Diese Gegenüberstellung von Selbst- und Fremdsteuerung ist nicht als Dichotomisierung zu verstehen. Jedes absichtsvolle Lernen ist zu bestimmten Anteilen sowohl fremd- als auch selbstgesteuert. Prenzel (1993, S. 249) betont hierbei, dass „Allen neueren Lernkonzeptionen [...] ja die Auffassung zugrunde [liegt], daß Lernen ein Konstruktionsprozeß des Subjektes ist. Deshalb ist ein Lernen ohne Beteiligung des Selbst nicht denkbar. Lernen findet aber immer auch in einem sozialen/kulturellen Umfeld statt, benötigt für die Konstruktion Information von außen und unterliegt damit Fremdeinwirkung.“ (Prenzel, 1993, S. 240). Selbstgesteuertes bzw. fremdgesteuertes Lernen ist somit als Kontinuum zwischen den beiden Polen zu verstehen. Simons (1992, S. 251) fasst dies wie folgt zusammen: „Bei dieser Fähigkeit [selbständig zu lernen] handelt es sich jedoch nicht um eine ‘Alles-oder-Nichts’-Erscheinung, sondern eher um ein Kontinuum, das sich zwischen zwei Extremen erstreckt: zwischen dem völligen Unvermögen, das eigene Lernen zu steuern und zu kontrollieren, und der Fähigkeit, dies ganz ohne externe Hilfe zu tun. In ihrer Reinform kommen aber beide Extreme fast nicht vor.“

Diese Schwierigkeit, dass im Prinzip jedes Lernen immer selbstgesteuerte und fremdgesteuerte Anteile beinhaltet, spiegelt sich auch in der uneinheitlichen Explikation des selbstgesteuerten Lernens wider. So findet man je nach Fokus des Autors viele Spielarten und Begrifflichkeiten (vgl. Mandl & Kopp, 2011): autonomes Lernen, selbstständiges Lernen, strategisches Lernen, selbstorganisiertes, selbstreguliertes, selbstkontrolliertes, selbstbestimmtes oder eigenständiges Lernen. Im englischsprachigen Raum sind vor allem folgende Begriffe zu finden: *selfdirected*, *learner-controlled learning* oder auch *self-regulated learning*. Dabei unterscheiden sich die Konzeptionen meist nur in Nuancen, wodurch die Begriffe kaum voneinander abzugrenzen sind (vgl. Friedrich & Mandl, 1997; Schreiber, 1998; Straka, 2006). So kann man nicht von einer klaren einheitlichen wissenschaftlichen Definition sprechen. Deswegen werden im Rahmen dieser Arbeit die begrifflichen Unterscheidungen nicht zu weit getrieben, sondern das gemeinsame darin gesehen, dass es um relative Autonomie geht, die dort betont wird. Weinert (1982) versucht das zusammenzufassen, indem er selbstgesteuertes Lernen dadurch charakterisiert, dass der Lernende „die wesentlichen Entscheidungen, ob, was, wann, wie und woraufhin gelernt wird, folgenreich

beeinflussen kann“ (S. 102). Weinert bezieht sich in seiner Definition also auf das Ziel (wo-raufhin), die Inhalte (was), die Lernregulierung (wann, wo, wie lange) sowie den Lernweg (wie: auf welche Weise, mit welchen Hilfsmitteln, allein oder gemeinsam mit anderen ...) als zu steuernde Faktoren im Lernprozess (vgl. Dietrich & Fuchs-Bründinghoff, 1999). Schiefele und Pekrun (1996) ergänzen kognitive, motivationale und volitionale Merkmale des Lernalters und explizieren: „Selbstreguliertes Lernen ist eine Form des Lernens, bei der die Person in Abhängigkeit von der Art der Lernmotivation selbstbestimmt eine oder mehrere Selbststeuerungsmaßnahmen (kognitiver, metakognitiver, volitionaler und verhaltensmäßiger Art) erreicht und den Fortgang des Lernprozesses selbst überwacht“ (Schiefele & Pekrun, 1996, S. 258). In dieser Beschreibung wird das Kontinuum zwischen fremd- und selbstgesteuertem Lernen deutlich. Kraft (1999) hat in einer Analyse diverser Konzeptionen zum selbstgesteuerten Lernen Faktoren herausgearbeitet, anhand derer sich Formen selbstgesteuerten Lernens differenzieren lassen:

- *Lernorganisation*: Der Lernende trifft Entscheidungen über Lernorte, -zeitpunkte, -tempo, Ressourcen, Verteilung und Gliederung des Lernstoffs, sowie Lernpartner.
- *Lernkoordination*: Der Lernende übernimmt die Abstimmung des Lernens mit anderen Tätigkeiten/Anforderungen in Beruf und Familie.
- *Lernzielbestimmung*: Der Lernende wählt die Lerninhalte selbst aus und legt die Lernziele fest.
- *Lern(erfolgs)kontrolle*: Der Lernende kontrolliert selbst den Fortschritt seines Lernens und seinen Lernerfolg.
- *Subjektive Interpretation der Lernsituation*: Der Lernende sieht, definiert und empfindet sich als selbständig im Lernprozess. (S. 835)

Aus Krafts Überlegungen heraus wird deutlich, dass der Lernende zwar immer im Zentrum der Lernaktivitäten steht, dass aber die Aufgabe der Lehrenden differieren kann. Sie gestalten die Lernumgebung mit ihren Aufgaben mehr oder weniger offen, aber immer so, dass sie den Lernenden dazu anregt, Wissen und Können selbst anzueignen. „Offene Lernumfelder“ (ebd., S. 213) sind dabei so gestaltet, dass sie sich entweder durch eine „eigenverantwortliche, aktive, entdeckend-lernende Auseinandersetzung des Lernenden mit seinem Umfeld“ auszeichnen oder dass sie das Lernen „im Austausch mit anderen Personen“ ermöglichen (ebd., S. 213). Beide Ausrichtungen bedürfen unterschiedlicher Lernstrategien auf Seiten der Lernenden (z. B. Boekaerts, 1999). Wenn diese nicht vorhanden sind, können Lernende durch die Offenheit der Lernumgebungen überfordert werden:

„Die Fähigkeit selbstgesteuerten Lernens kann von den Schülern nicht unvorbereitet gefordert werden, sondern setzt die gezielte Einführung und das intensive Üben der hierzu notwendigen Kompetenzen voraus. Zum selbstgesteuerten Lernen gehört nicht nur das aktive Aneignen der Lerninhalte, sondern auch das bewusste Reflektieren des eigenen Lernprozesses, also das Lernen des Lernens. Somit gilt es, das Schülerverhalten vor allem in zwei Bereichen zu unterstützen: Zum einen Freiräume für eigenständige Lernentscheidungen zu schaffen, z. B. beim Vorbereiten des Lernens und beim Ausführen von Lernhandlungen; zum anderen das Nachdenken über das eigene Lernen anzuregen.“ (Gräber, 1999, S. 22)

Hieran wird ein Dilemma deutlich, welches Weinert so beschreibt, dass selbstgesteuertes Lernen Voraussetzung, Methode und Ziel zugleich ist (Weinert, 1996). Gräber (1999) führt dies aus: „Als Weg insofern, als wir annehmen, dass durch die Organisation verschiedener Phasen des Unterrichts in lerngesteuerter Form durch schrittweises Einführen und Trainieren erforderlicher Fähigkeiten Schüler und Schülerinnen zu aktiver zielgerichteter Interaktion motiviert werden können.“ (ebd., S. 22) Dies spricht also für den Bedarf einer gewissen Fremdsteuerung, um auch vermeintlich schwächere Schüler/innen erreichen zu können. Außerdem gilt diese Form des Lernens als durchaus effektiv und effizient, sofern sie an der richtigen Stelle eingesetzt wird (Edelmann & Wittmann, 2012). Sind die Lernumgebungen jedoch zu fremdgesteuert, mangelt es „an Flexibilität und Transfer des so erworbenen Wissens bzw. der so erworbenen Fertigkeiten“ (Edelmann & Wittmann, 2012, S. 215). Außerdem liegt bei einer starken Außensteuerung die hauptsächliche Verantwortung für Lernerfolge bei dem Lehrenden.

Zusammenfassung: Drei Dimensionen

Die genauere Betrachtung der drei Dimensionen hat zeigt, dass es sich bei ihnen nicht um *dichotome Gegenpole* handelt, sondern um ein Kontinuum zwischen *komplementären Polen* (vgl. Abbildung 3.2). Die Ausrichtung einer didaktischen Strukturierung eines Schülerlaborangebots kann insgesamt oder für ein bestimmtes Segment in den Dimensionen eingeordnet, d.h. lokalisiert werden. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für ein differenziertes Analyseinstrument. Zwar ist auch deutlich geworden, dass die drei Dimensionen nicht unabhängig voneinander sind – denn eine offene Problemlöseaufgabe fordert ja gerade eine intensive Selbststeuerung – dennoch sind Aufgabenstruktur und Autonomieunterstützung zwei verschiedene Qualitäten, die es erlauben, aus unterschiedlicher Perspektive auf ein Angebot zu sehen. Die relative Abhängigkeit der Dimensionen führt allerdings dazu, dass Änderungen in den Ausrichtungen pro Dimension ebenfalls nie unabhängig voneinander geschehen können. Hier spiegelt sich die Komplexität der betrachteten Lehr-Lern-Situationen wider, die es auszuhalten gilt.

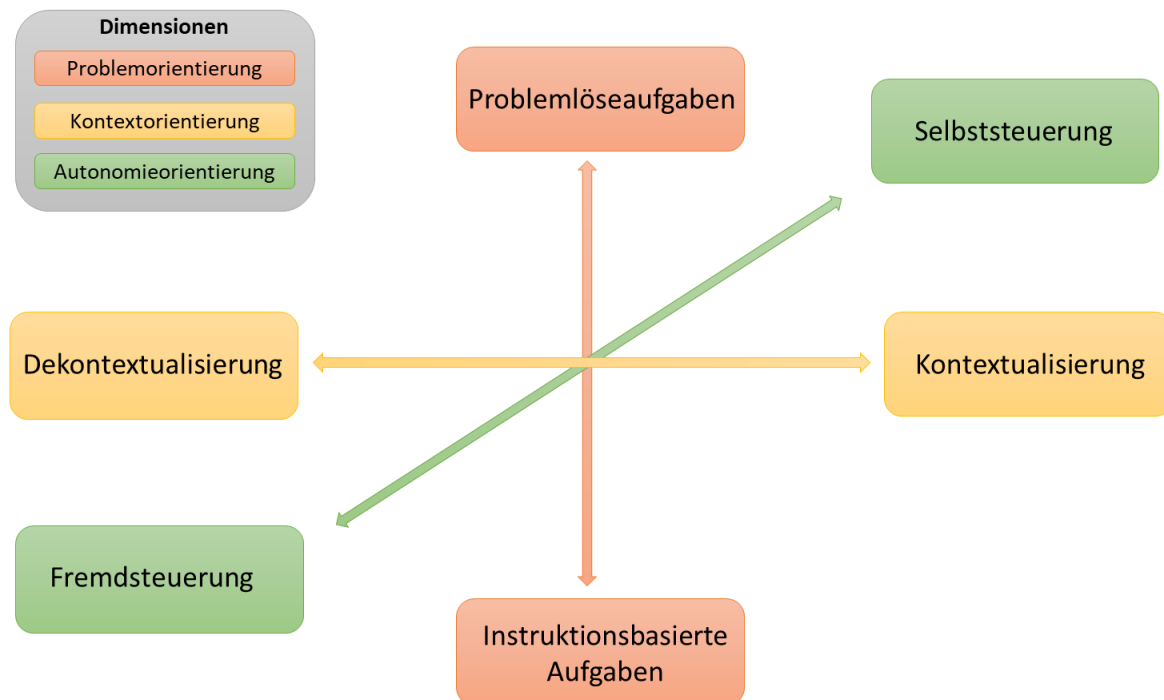


Abbildung 3.2 Gegenpole der Dimensionen der Kontextorientierung (gelb), Problemorientierung (rot) und Autonomieorientierung (grün)

3.6.2 Ausdifferenzierung der drei Dimensionen

Um ein differenziertes Instrument zur fachdidaktischen Analyse der Schülerlaborangebote und der ablaufenden Prozesse auf Seiten der Schüler/innen zu erhalten, reicht die Darstellung der Dimensionen noch nicht aus. Um die potenziell ablaufenden Nutzungsprozesse der Lernenden darstellen zu können, muss das Analyseinstrument nicht allein die „Logik der Sachstruktur“ aufklären, sondern auch die „Logik der Lernstruktur“. Somit müssen zumindest kognitive und motivationale Prozesse der Lernenden mit in den Blick genommen werden. Die obige Darstellung der Dimensionen mit ihren komplementären Polen (Abbildung 3.2) muss ausdifferenziert werden, indem kognitive und motivationale Prozesse herangezogen werden, was insgesamt eine bessere Operationalisierung erlaubt. Im vorliegenden Abschnitt werden die hier notwendigen kognitiven Verarbeitungsprozesse (Abschnitt 3.6.2.1) und die motivationalen Prozesse (Abschnitt 3.6.2.2) dargestellt und den drei Dimensionen zugeordnet (Abbildung 3.5).

3.6.2.1 Kognitive Verarbeitungsprozesse

In dieser Arbeit wird epistemologisch vom moderaten Konstruktivismus ausgegangen (vgl. Duit, 1995). Lernen wird als ein komplexer Prozess verstanden, der konstruktiv, individuell, sozial und situiert ist (vgl. z. B. Mandl, 2006, Widodo & Duit, 2004). Das bedeutet, dass Lernende Informationen nicht einfach aufnehmen, sondern Bedeutung aktiv konstruieren, wobei die Vorerfahrungen eine große Rolle spielen. Wie diese Konstruktion aussieht, kann also nicht komplett von außen determiniert werden, wobei Lernen immer in einer sozialen Interaktion und in kontextgebundenen Situationen stattfindet. Kognitive Prozesse sind Konstrukte, die es erlauben, Lernen auch unter konstruktivistischer Perspektive aufzulösen bzw. zu rekonstruieren. Während die Kognitive Psychologie darauf abzielt zu klären, wie

und wodurch Wahrnehmen, Denken und Lernen grundsätzlich hervorgebracht werden können (vgl. Anderson, 2013), fokussiert die Lernpsychologie auf die Beschreibung dieser Prozesse in expliziten Lehr-Lern-Settings (vgl. Edelmann & Wittmann, 2012). Edelman und Wittmann (2012) verstehen unter Kognitionen die folgenden Vorgänge:

„Unter Kognitionen (lat. Auf Erkenntnis bezogen) versteht man jene Vorgänge, durch die ein Organismus Kenntnis von seiner Umwelt erlangt. Im menschlichen Bereich sind dies besonders folgende: Wahrnehmung, Vorstellung, Denken, Urteilen, Sprache. Man könnte auch sagen: Durch Kognitionen wird Wissen erworben. Kognitive Prozesse lassen sich von emotionalen (gefühlsmäßigen) und motivationalen (aktivierenden) unterscheiden. Diese Trennung ist jedoch weitgehend eine analytische. In der Regel sind auf Erkenntnis bezogene (=kognitive) Prozesse eng mit emotionalen und motivationalen Prozessen verbunden. Durch kognitive Prozesse werden kognitive Strukturen (Wissensstrukturen) aufgebaut. Wissenserwerb ist ein zentraler Bestandteil der Kognitionspsychologie. Es findet häufig kein völliges Neulernen, sondern ein Umlernen bereits aufgebauter Strukturen statt.“ (S. 109)

In Anlehnung an Thoma (2009) wird in dieser Arbeit der Begriff der kognitiven Verarbeitungsprozesse gewählt, um den aktiven Charakter zu betonen. Im Fokus der Betrachtung stehen also kognitive Prozesse, die während der Verarbeitung der in der Umwelt dargebotenen Informationen stattfinden, da diese für die Betrachtung von Schülerlaborsituationen wichtig sind. Fünf kognitive Verarbeitungsprozesse werden hier herausgestellt, das Wahrnehmen, das Bilden von Begriffen und Konzepten, das Planvolle Handeln und das Problemlösen. Mit Blick auf die obige Dimension der Kontextorientierung wird hier als ein weiterer Verarbeitungsprozess das Herstellen von Zusammenhängen bzw. in der Gegenbewegung das Abstrahieren vom Konkreten und das Generalisieren als weiterer kognitiver Verarbeitungsprozess postuliert. Zwar ist dieser Prozess bei Edelmann und Wittmann (2012) oder bei Anderson (2013) nicht explizit ausgewiesen, aber er ist durchaus als eine spezifische Form der Begriffs- oder Konzeptbildung zu verstehen.

Begriffsbilden

Bei der Begriffsbildung geht es nach Edelmann und Wittmann (2012) um die Bildung von Eigenschafts- und Erklärungsbegriffen.

Eigenschaftsbegriffe entstehen durch einen Prozess der Kategorisierung, bei dem Dinge aus der Umgebung geordnet und klassifiziert werden. Diese Kategorisierung findet je nach Begriff auf Grundlage seiner abstrakten logischen Struktur (a) oder durch die Bildung von Prototypen (b) statt (ebd., S. 116).

- (a) Mit der logischen Struktur ist im Sinne der klassischen Theorie eine Art Kategorisierung gemeint, die es ermöglicht, Objekte nach bestimmten Merkmalen oder Eigenschaften zu sortieren und ihre Klassenzugehörigkeit auszumachen. Diese Eigenschaften nennt man kritische Attribute. Um einen Begriff zu bilden, muss man also verschiedene kritische Attribute herausstellen, die eine bestimmte Kategorie ausmachen. Dabei sind Begriffen meist mehrere kritische Attribute zuzuordnen, die kombiniert werden: „Eine Sache hat man dann begriffen, wenn man die Struktur der gemeinsamen Merkmale der Objekte einer Kategorie erkannt hat“ (ebd., S. 114).

- (b) Insbesondere alltagssprachliche Begriffe werden prototypisch aufgebaut, also durch typische Beispiele. So stellt ein Sperling beispielsweise einen Prototyp für den Begriff Vogel dar. Eine prototypische Begriffsbildung ist vor allem dann angezeigt, wenn Begriffe vage und kontextabhängig sind, sodass eine abstrakte logische Struktur schwieriger zu erkennen ist.

Je nach Beschaffenheit des Begriffes werden Eigenschaftsbegriffe also dem sachlogischen System oder dem Prototypensystem zugeordnet. „Es scheint Begriffe zu geben, bei denen eine abstrakte logische Struktur relativ leicht zu erkennen ist und andere, bei denen dies sehr viel schwieriger ist und die deshalb eher prototypisch erfasst werden.“ (ebd., S. 116) Dabei werden Begriffe immer in vorhandene Begriffshierarchien eingeordnet, indem sie gleichzeitig von benachbarten Begriffen unterschieden sowie zu ähnlichen Begriffen in Beziehung gesetzt werden. Wurde ein Eigenschaftsbegriff so erfolgreich aufgebaut, können andere Objekte dann auch als Bestandteil einer bereits vorhandenen Kategorie erkannt werden, indem geprüft wird, ob der Begriff bezüglich eines Objektes erfüllt ist. Edelmann und Wittmann nennen dies Begriffsidentifikation.

Erklärungsbegriffe beziehen sich auf eine Erklärung (ebd., S. 117). Diese bezieht sich nur im weitesten Sinne auf eine wissenschaftliche Theorie. Edelman und Wittmann (vgl. ebd.) führen den Erklärungsbegriff der totalen Mondfinsternis an. Betrachtet man nur das kritische Attribut, dass der Mond vollständig verdunkelt ist, handelt es sich um einen Eigenschaftsbegriff. Wird allerdings noch die Erklärung hinzugefügt, dass der Mond im Kernschatten der Erde steht, handelt es sich um einen Erklärungsbegriff.

Wahrnehmen

Anderson (2013) fasst unter Wahrnehmen nicht nur die Aufnahme von sensorischen Informationen, sondern auch deren Umsetzung in Wahrnehmungserfahrungen. Damit ist gemeint, dass bestimmte visuelle Informationen zunächst sensorisch wahrgenommen werden, dann aber auch zum Beispiel durch einen Abgleich von Mustern (vgl. ebd., S. 35) oder bei komplexeren Objekten durch eine Merkmalsanalyse (vgl. ebd., S. 37) mit bekannten Dingen abgeglichen werden müssen, um die Objekte als solche (wieder)zuerkennen. Dabei weist Anderson darauf hin, dass dieses Erkennen von Objekten stets auch durch Kontextinformationen beeinflusst ist (vgl. ebd., S. 48). Bei dieser Verarbeitung der sensorischen Informationen wird durch die Aufmerksamkeit selektiert, welche Andersson als seriellen Flaschenhals bezeichnet: „Wo immer sich ein Flaschenhals befindet, müssen unsere kognitiven Prozesse selektieren, welchen Teilinformationen sie Aufmerksamkeit widmen und welche sie ignorieren.“ (ebd., S. 53) Die Aufmerksamkeit muss also zielgerichtet auf bestimmte Aspekte gerichtet werden, um diese sensorisch wahrzunehmen. Nur wenn Merkmalsinformationen im Zentrum der Aufmerksamkeit stehen, können diese zu einem Muster kombiniert, also erkannt werden: „Hieran wird ersichtlich, dass wir nur dann in der Lage sind, Merkmale zu einer zutreffenden Wahrnehmung zu kombinieren, wenn wir unsere Aufmerksamkeit auf ein Objekt lenken.“ (ebd., S. 62)

Planvolles Handeln

Das planvolle Handeln als kognitiver Verarbeitungsprozess meint ein zielgerichtetes Handeln, welches willentlich und absichtlich eingesetzt wird (vgl. Edelmann & Wittmann, 2012,

S. 169). Dies setzt voraus, dass der Mensch ein selbstbestimmtes (autonomes) Subjekt ist, welches sich selbst Ziele setzen kann. Edelman und Wittmann (2012) charakterisieren das Planvolle Handeln durch die folgenden Teilaspekte, die selbst wiederum kognitive Verarbeitungsprozesse mit hohem Auflösungsgrad sind:

- *Innensteuerung durch ein Subjekt*: Der Handelnde setzt sich selbst ein Ziel.
- *Intentionalität*: Handlungen sind dabei Mittel zur Erreichung der Ziele, die willentlich und absichtlich eingesetzt werden.
- *Entscheiden zwischen Handlungsalternativen*: Die Handlungen sind wählbar, so dass zwischen bestehenden Handlungsalternativen entschieden werden kann.
- *Bewusstheit*: Die „Bewusstheit“ stellt ebenfalls ein Aspekt des Handelns dar, welcher den Fokus auf ein bewusstes Durchlaufen der Handlungen lenkt.
- *Verantwortlichkeit*: Ein Handelnder ist verantwortlich für sein Tun.
- *Flexibles Handlungskonzept*: Es wird ein flexibler Handlungsplan entwickelt, der die Tätigkeiten steuert.
- *Wissenserwerb*: Handlungsfolgen werden rückgemeldet an den Handelnden, so dass dieser seine Handlungen bewerten kann und daraus Wissen generiert.

Problemlösen

Das Problemlösen stellt nach Edelman und Anderson einen Spezialfall des planvollen Handelns dar, welcher dadurch gekennzeichnet ist, dass das Ziel wegen eines Hindernisses nicht auf direktem Wege erreichbar ist. Edelman und Wittmann (2012) stellen ein Modell des Problemlösens dar, das aus dem Teilprozess des Herausarbeitens eines „Problemraums“ und der „Situationsanalyse“ sowie aus dem Herausarbeiten eines „Suchraums“ und der Findung einer „Lösung und deren Evaluation“ besteht. Zunächst muss der Lernende die Problemsituation als zu lösendes Problem erkennen und die Problemsituation repräsentieren („Es geht nicht.“). Durch eine Situationsanalyse werden dann die wichtigsten Komponenten des Problemraums herausgestellt und so der Problemraum in ein wohldefiniertes Problem mit einem präzisen Anfangs- und Endzustand umstrukturiert. Den anschließenden Suchraum beschreibt Edelman wie folgt: „Aus der Verbindung von Merkmalen der Problemsituation mit den Handlungsmöglichkeiten des Problemlösers entsteht der Suchraum. Der ursprüngliche relativ umfangreiche Problemraum hat sich jetzt wieder umstrukturiert. Er beinhaltet nur noch jene Ausschnitte der Problemsituation, an denen der Problemlöser mit seinen Mitteln Veränderungen vornehmen kann („Wie könnte es geschehen?“).“ (ebd., S. 191) Es findet also eine Lösungssuche statt, bei der verschiedene Lösungswege erprobt werden, um den erwünschten Zielzustand zu erlangen. Bei der Evaluation wird die Lösung nach der Art der eingesetzten Maßnahmen und hinsichtlich ihrer Ökonomie bewertet.

Kontextualisieren und Abstrahieren

Das Kontextualisieren und das Generalisieren (Dekontextualisieren) stellen in dieser Arbeit wichtige Ausrichtungen von Angeboten dar, aber sie sind auch als kognitive Verarbeitungsprozesse zu verstehen. Der/Die Lernende im Schülerlabor muss ja die angebotene

didaktische Struktur in der Dimension Kontextualisierung kognitiv nachvollziehen. Kontextualisieren und Generalisieren sind als eigenständige Verarbeitungsprozesse zu sehen, aber sie haben eine Nähe zur Begriffsbildung. Denn auch dort wird die Generalisierung angedeutet, indem zwischen dem Bilden von Begriffen und dem Bilden von generellen, allgemeingültigeren Konzepten unterscheiden wird. Dies korrespondiert insbesondere in naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhängen mit den geforderten Verallgemeinerungen, die eine Wissenschaft zu einem stabilen System von Wissen und Regeln macht.

Zusammenfassung

Somit ergeben sich fünf zentrale kognitive Verarbeitungsprozesse (vgl. Abbildung 3.3), die in dieser Arbeit für die Modellierung von Kognitionen im Schülerlabor herangezogen werden. Diese Auswahl stellt eine begründete Reduktion aller in der kognitiven Psychologie und der Lernpsychologie diskutierten Kognitionen dar. Aber auch hier sind pragmatische Gründe (nicht alle Prozesse sind in einer Studie handhabbar) und inhaltliche Gründe (es soll auf die relevanten Prozesse fokussiert werden) ausschlaggebend.

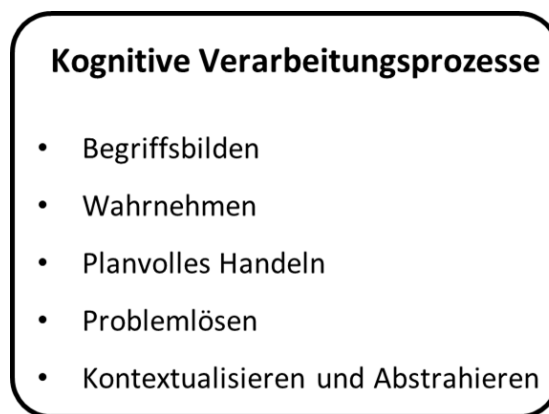


Abbildung 3.3 Zusammenstellung der hier betrachteten kognitiven Verarbeitungsprozesse

3.6.2.2 Motivationale Prozesse

Unter Motivation wird ein Prozess verstanden, der für das Ausführen oder Unterbrechen einer Aktivität bzw. das Verfolgen von Zielen und Absichten verantwortlich ist (vgl. Schiefele, 1996; Wild, Hofer & Pekrun, 2006). Daraus folgt, dass die Motivation dazu führt, dass etwas Neues gelernt wird oder bereits Gelerntes wie Strategien, aber auch Fakten angewendet werden. Nach Lewalter (2005) sind insbesondere Lernprozesse, die auf ein Verständnis der Lerninhalte und die eigenständige Bewältigung von Transferaufgaben ausgerichtet sind, eng mit der Motivation der Lernenden verbunden sind (vgl. Lewalter (2005), die hier Wild, 2000 und Schiefele, 1996 zitiert). Deswegen gilt die Motivation als lernwirksamer Faktor (u. a. Krapp, 2005). Insbesondere intrinsische Motivation in Abgrenzung zur extrinsischen Motivation wirkt sich auf die Aufmerksamkeit, Ausdauer, Kreativität und Zufriedenheit während eines Lernprozesses aus, was zu einer tieferen Verarbeitung der Lerninhalte führt (vgl. z. B. Krapp & Prenzel, 1992; Seidel, 2003). Dadurch wird vermehrt die

Verknüpfung von Vorwissen mit neu zu lernenden Informationen gestärkt und kann so längerfristig gefestigt werden.

Im Rahmen dieser Studie soll der Einfluss der Schülerlaborsituation auf die Motivation der Schüler/innen genauer betrachtet werden. Deswegen wird als motivationales Konzept hier das Konzept des Situationalen Interesses herangezogen. Dieses bezieht sich auf die Entwicklung einer inhaltspezifischen aktuellen Lernmotivation innerhalb einer Lernsituation. Es handelt sich also um eine inhaltsbezogene Motivationsqualität, die innerhalb einer Lernsituation entsteht und auch an diese gebunden ist (vgl. Krapp, 2002; Hidi & Renninger, 2006). Neben den Merkmalen der Lernsituation hängen die Entstehung sowie die Ausprägung des situationalen Interesses auch von der individuell wahrgenommenen Interessantheit des Gegenstandes ab. Dabei wird das situationale Interesse in zwei Phasen geteilt, das Situationale Interesse-Catch (SI-Catch) sowie das Situationale Interesse-Hold (SI-Hold):

„SI-Catch bezieht sich auf die Anfangsphase eines situationalen Interesses, in welcher die Aufmerksamkeit einer Person zunächst auf einen bestimmten Sachverhalt gelenkt und ihre Neugierde für diesen Inhalt bzw. Gegenstandsbereich geweckt wird (Hidi 1990; 2000; Hidi & Anderson 1992; Hidi & Renninger 2006). Die Weiterentwicklung von SI-Catch kann zu SI-Hold führen, welches eine stabilisierte, relativ dauerhafte, inhaltsbezogene Motivationsqualität während einer Lernsituation kennzeichnet (Mitchell 1993; Krapp 1998; Hidi 2000; Lewalter 2002; Hidi, Reninger & Krapp 2004; Hidi & Renninger 2006; Lewalter & Geyer, in Vorb.). Liegt SI-Hold vor, möchte sich eine Person – über eine kurzzeitige Aufmerksamkeit hinaus – mit einem Inhalt weiter beschäftigen. Sie nimmt ihn als sinnvoll wahr und möchte mehr über ihn erfahren.“ (Lewalter & Geyer, 2009)

Deci und Ryan (1993, 2002) führen in der Selbstbestimmungstheorie der Motivation aus, dass die Entwicklung eines situationalen Interesses und des motivationsrelevanten Erlebens während einer Aktivität (Lewalter & Greyer, 2009; Krapp, 2005) dann gefördert wird, wenn diese bestimmte Grundbedürfnisse (*basic needs*) der Lernenden erfüllen. Inzwischen wurde dies durch eine Vielzahl von Studien bestätigt (u. a. Prenzel & Drechsel, 1996; Deci, Ryan & Williams, 1996). Die *basic needs* sind:

Erleben von Autonomie: Das Bedürfnis nach Autonomie stellt ein generelles Prinzip der menschlichen motivationalen Funktionszusammenhänge dar. Die Autonomiewahrnehmung stellt also gewissermaßen eine Grundlage für weitere Grundbedürfnisse dar. „Das Bedürfnis nach Autonomie äußert sich im Bestreben einer Person, sich als eigenständig handelnd zu erleben und die Ziele und Vorgehensweisen des eigenen Tuns selbst bestimmen zu können.“ (Lewalter & Geyer, 2009, S. 30). Dabei ist jedoch zu beachten, dass die erlebte Autonomie der Lernenden nicht nur von der Selbstbestimmtheit der Lernenden abhängt, sondern auch von ihren persönlichen Wünschen und Zielen (vgl. Ryan, 1993). So können sich Lernende auch bei wenigen Möglichkeiten der Selbstbestimmung als autonom erleben, wenn dies mit ihren persönlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten zusammenpasst.

Kompetenzerleben: „Das Bedürfnis nach Kompetenzerleben kommt im Bestreben einer Person zum Ausdruck, Aufgaben aus eigener Kraft bewältigen zu können und sich angesichts der Anforderungen in Lern- und Arbeitssituationen als handlungsfähig zu erleben.“ (Lewalter & Geyer, 2009, S. 30) Dabei stellt der Grad der Herausforderung einen besonders

wichtigen Aspekt dar. Sind Aufgaben zu leicht, sodass Lernende unterfordert sind, nehmen sie die Aufgabe nicht als Herausforderung wahr, was das Kompetenzerleben beeinflusst. Ist die Aufgabe jedoch zu schwierig und stellt eine Überforderung der Lernenden dar, können sich die Lernenden nicht als handlungsfähig erleben. Diese Gratwanderung zeigt die Abhängigkeit des Kompetenzerlebens von den individuellen Bedürfnissen der Lernenden.

Soziale Eingebundenheit: In diesem Grundbedürfnis zeigt sich der besondere Stellenwert von Sozialkontakten. „Im Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit drückt sich das elementare Bestreben des Menschen nach sozialer Akzeptanz in einer von ihm als relevant erachteten Bezugsgruppe aus.“ (ebd., S. 30). Es beschreibt die Bedeutung von Interaktionen mit anderen Lernenden und der Lehrperson in einer Lernsituation.

Die soziale Eingebundenheit in einem Schülerlabor, welches man gemeinsam mit seiner Klasse besucht, soll hier als gegeben angesehen werden, sodass im Weiteren vor allem die Autonomiewahrnehmung und die Kompetenzwahrnehmung eine Rolle im Analyseinstrument spielen sollen. Neben diesen erlebnisbezogenen Einflussfaktoren auf die Motivationsentwicklung gibt es auch situative Einflussfaktoren wie die Diskrepanzwahrnehmung, den Überraschungseffekt oder die wahrgenommene inhaltliche Relevanz (vgl. ebd.). Letztere soll hier genauer beschrieben werden, weil gerade in den Naturwissenschaften Studien zum Interesse (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998) oder die Programme „Physik/Chemie/Biologie im Kontext“ (Parchmann & Gräsel, 2004; Duit & Mikelskis-Seifert, 2007) gezeigt haben, dass sich ein anwendungsorientierter und kontextbezogener Unterricht, bei dem die Relevanz der Lerninhalte für die Schüler/innen erfahrbar und nachvollziehbar ist, motivations- und lernförderlich auswirkt. Lewalter und Geyer (2009) beschreiben dies wie folgt: „Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor, insbesondere für SI-Hold, ist die von den Lernenden wahrgenommene inhaltliche Relevanz und Nützlichkeit der erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten (Mitchell, 1993). Dies ist u.a. auf den stärkeren Gegenstandsbezug von SI-Hold zurückzuführen.“ (S. 31) Somit ergeben sich für diese Studie drei zentrale motivationale Prozesse (vgl. Abbildung 3.4).

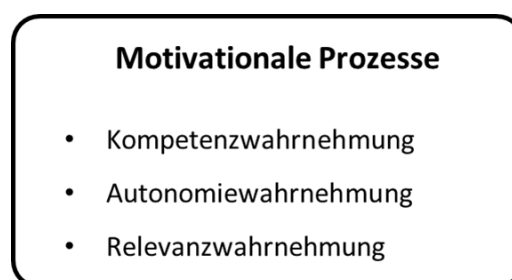


Abbildung 3.4 Zusammenstellung der hier betrachteten motivationalen Prozesse

3.6.2.3 Integriertes Analyseinstrument

Die herausgestellten kognitiven und motivationalen Prozesse müssen nun den drei Dimensionen Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung zugeordnet werden (wobei das Wahrnehmen und das Begriffsbilden jeder der drei Analysedimensionen zugeordnet wird). Die drei Dimensionen, als Analysedimensionen verstanden, haben nun folgende Gestalt:

a) Unter der **Analysedimension Kontextorientierung** werden die Operationalisierung der kognitiven Prozesse des *Kontextualisierens* und *Abstrahierens* sowie des motivationalen Prozesses der *Relevanzwahrnehmung* herangezogen. Diese werden hier zusammengeführt, da sie eng miteinander verknüpft sind. Wenn beispielsweise etwas durch die didaktische Strukturierung in einem Kontext dargestellt wird (Ausrichtung in der Dimension), haben die Lernenden die Chance, einen Zusammenhang zwischen ihren Handlungen und dem Kontext herzustellen (kognitiver Prozesse) und dadurch die Fachinhalte als relevant wahrzunehmen (motivationaler Prozess).

b) Der **Analysedimension Problemorientierung** wird der kognitive Prozess des *Problemlösens* zugeordnet. Dieses erschließt sich dadurch, da kognitive Prozesse des *Problemlösens* dann potenziell angeregt werden, wenn durch die didaktische Strukturierung Problemlösesituationen vorangelegt sind. Des Weiteren werden der Analysedimension die motivationalen Prozesse der *Relevanzwahrnehmung* sowie der *Kompetenzwahrnehmung* zugeordnet. Ersteres ist dadurch begründet, dass durch die klare Zielorientierung bei kognitiven Prozessen des Problemlösens auch unterstützt wird, dass die Schüler/innen eine Relevanz in den fachlichen Inhalten und Handlungen sehen, wenn diese dazu beitragen, ein Problem zu lösen. Gelingt es den Lernenden, das Problem zu lösen, können sie sich als kompetent wahrnehmen, weshalb auch dieser motivationale Prozess hier zugeordnet ist.

c) Der **Analysedimension Autonomieorientierung** wird schließlich der kognitive Prozess des *Planvollen Handelns* zugeordnet, da nach Edelman und Wittmann (2012) der planvoll handelnde Mensch als autonomes Subjekt verstanden wird. Somit wird der Analysedimension auch der motivationale Prozess der *Autonomie-wahrnehmung* zugeordnet, denn wenn das Angebot es unterstützt, dass ein Lernender planvoll handeln kann, nimmt er sich potenziell als autonom wahr. Des Weiteren wird die *Kompetenzwahrnehmung* als motivationaler Prozess hier zugeordnet, da die Lernenden sich als kompetent wahrnehmen können, wenn ihnen zuge-
traut wird, sich selbstständig mit Lerninhalten auseinanderzusetzen.

Kognitive Prozesse der *Wahrnehmung* und der *Begriffsbildung* sind in allen Analysedimensionen von Bedeutung. So werden Begriffe beispielsweise durch das Abstrahieren von Kontexten während des Problemlösens oder beim Planvollen Handeln aufgebaut. Auch Prozesse der Wahrnehmung sind so zentral, dass sie in allen drei Analysedimensionen eine wichtige Rolle spielen. Deshalb werden diese kognitiven Prozesse in allen Analysedimensionen aufgegriffen. Es ergeben sich somit Zuordnungen zu den drei Dimensionen, wie sie Abbildung 3.5 darstellt.

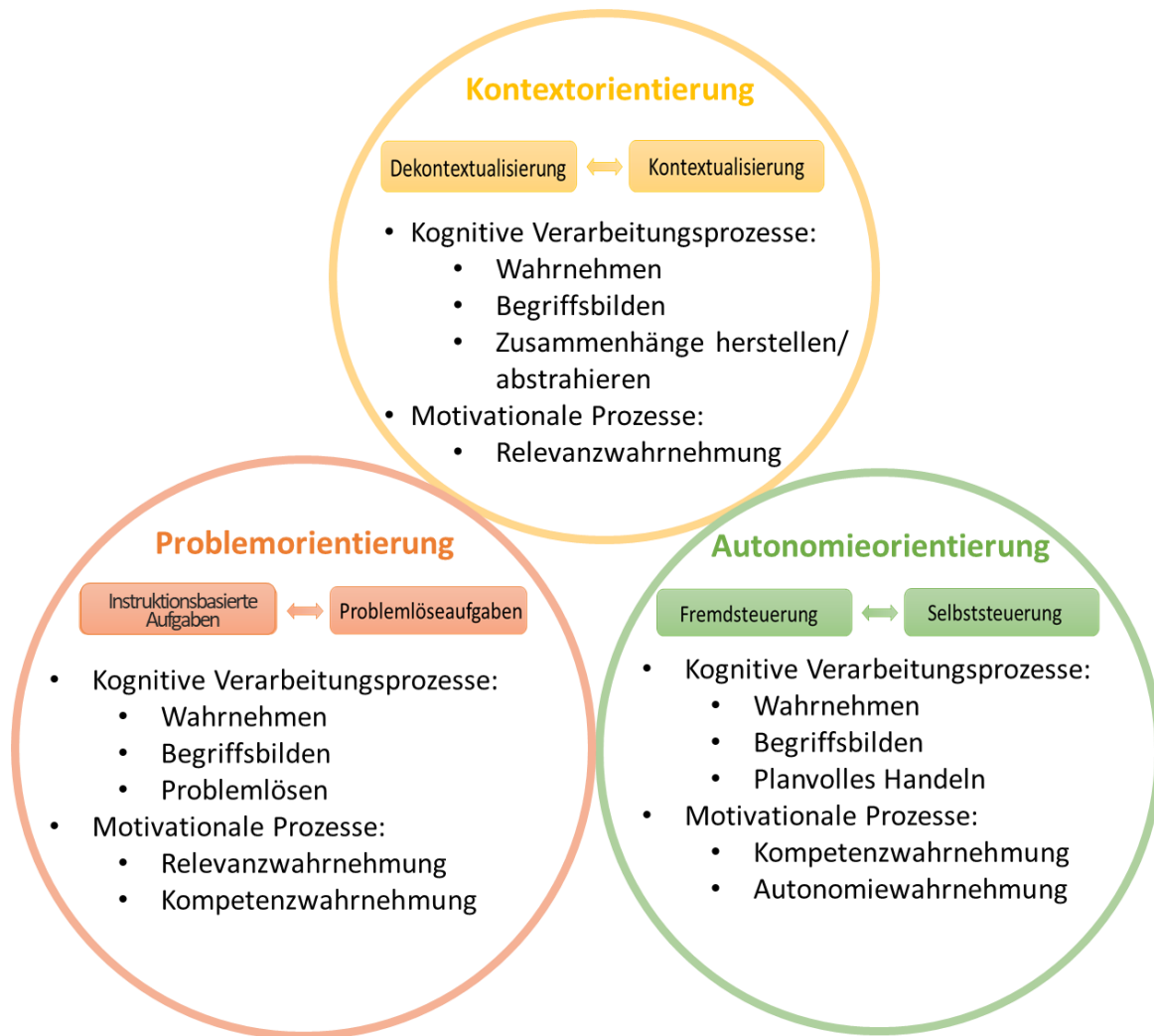


Abbildung 3.5 Integrierendes Analyseinstrument

4 Entwicklung des Forschungsdesigns

In dieser Arbeit wird in Kooperation mit drei Schülerlaboren das Ziel verfolgt, komplexe Angebots-Nutzungs-Prozesse in Schülerlaboren zu erfassen, sie zu modellieren und zu generalisieren, um auf dieser Basis die betrachteten Laborangebote gemeinsam mit den Betreibenden weiterzuentwickeln. Es wird hier der Fokus auf die drei Dimensionen der Kontextorientierung, der Problemorientierung und des selbstgesteuerten Lernens gelegt. Diese Dimensionen stellen aus lern- und motivationspsychologischer sowie aus fachdidaktischer Sicht und unter dem Blickwinkel verschiedener Bildungskonzeptionen (Scientific Literacy; Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung; Deeper-Learning) wichtige Charakteristika von MINT-Lernangeboten dar.

Im vorherigen Kapitel wurde ein Analyseinstrument theoretisch hergeleitet. Es soll in diesem Kapitel gezeigt werden, wie auf Basis dieser Überlegungen ein Forschungsprozess gestaltet worden ist und wie darin bestimmte Forschungsmodelle zur Anwendung gekommen sind. Außerdem werden die konkreten Erhebungsinstrumente vorgestellt und begründet. In Abschnitt 4.1 werden zunächst die oben skizzierten Forschungsfragen konkretisiert, was aufgrund der theoretischen Überlegungen in Kapitel 3 notwendig geworden ist. In Abschnitt 4.2 wird der Ansatz des Design-based Research (DBR) als Rahmenmodell für den Forschungsprozess vorgestellt. Er ist gewählt worden, weil er aufgrund seines rekursiven Ansatzes zum Ziel dieser Arbeit passt, aufgrund von erkannten Prozessen der Nutzung eines Angebots Veränderungen dieses Angebots herauszuarbeiten, die dann in ihrer Umsetzung erneut geprüft werden. Der DBR-Ansatz leistet es zudem, generalisiertes Wissen zu schaffen, das über die Optimierung von konkreten Angeboten hinausgeht und eine Übertragung auf andere Angebots-Nutzungs-Situationen im Kontext der Schülerlabore erlaubt. Explizit wird in Abschnitt 4.2 das Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke angeführt, um der konstruktivistischen Sicht auf Lernen und Lehren auch in Schülerlaboren Rechnung zu tragen. In den Abschnitten 4.3. bis 4.5 werden die Überlegungen zum Analyseinstrument dahingehend ausdifferenziert und operationalisiert, wie die fachdidaktischen Strukturen der betrachteten Laborangebote im Sinne einer Stärken-Schwäche-Analyse (SWOT-Analyse) untersucht und nachfolgend die ablaufenden Prozesse auf Schülerseite erhoben werden können.

4.1 Ausschärfung der Forschungsfragen

Durch die Fokussierung auf die Problem-, Kontext- und Autonomieorientierung unter Berücksichtigung kognitiver und motivationaler Prozesse müssen die Forschungsaufgaben und Forschungsfragen aus Abschnitt 2.4 reformuliert und differenziert werden:

- **Forschungsaufgabe *Angebote der Lernorte fachdidaktisch analysieren***

Welche Charakterisierungsprofile bezüglich der Problemorientierung, der Kontextorientierung und der Autonomieorientierung lassen sich in den betrachteten Angeboten aufstellen und welche erwarteten kognitiven und motivationalen Prozesse lassen sich aus der rekonstruierten didaktischen Struktur ableiten? Welche Stärken und Schwächen lassen sich auf dieser Grundlage in der Angebotsstruktur erkennen?

- **Forschungsaufgabe *Nutzung der Angebote modellieren und Überprüfung der fachdidaktischen Analyse***

Welche der Stärken und Schwächen hinsichtlich der drei Schwerpunkte lassen sich empirisch verifizieren oder falsifizieren? Wie nutzen die Schüler/innen die Angebote im Schülerlabor, also welche kognitiven und motivationalen Prozesse lassen sich bei den Schüler/innen rekonstruieren? Welche Generalisierungen sind möglich?

- **Forschungsaufgabe *Veränderungsideen entwickeln und Angebote variieren***

Wie lassen sich konkrete Angebote auf Basis der didaktischen Analyse und der empirischen Daten so variieren, dass die Potentiale der Schülerlabore bezüglich der drei Zielkonzepte ausgeschöpft werden? Welche Angebots-Nutzungs-Prozesse lassen sich hinsichtlich der veränderten didaktischen Struktur modellieren? Welche Generalisierungen sind möglich? Welche Interaktionen zwischen Forscher/innen und Lernortverantwortlichen lassen sich nachzeichnen?

4.2 Ausformung des Forschungsrahmens: Angebots-Nutzungs-Relation im Design-based Research-Ansatz

Um diese rekursiven Forschungsaufgaben anzugehen, wird in folgendem Abschnitt der Design-based Research-Ansatz (Reinmann, 2005) mit dem an Helmke (2012) und Meier (2015) angelehnten Angebots-Nutzungs-Modell verknüpft und auf die Situation im Schülerlabor bezogen. Es wird gezeigt, dass das rekursive Vorgehen des DBR-Ansatzes es besonders gut erlaubt, sowohl das vorhandene didaktische Design weiterzuentwickeln und zugleich spezifisches, generalisiertes Wissen über das Lernen und Agieren in Schülerlaboren zu schaffen. Die Verschränkung mit dem Angebots-Nutzungs-Modell betont das konstruktivistische Paradigma, indem die Relation zwischen einem Angebot und seiner kognitiven Nutzung stärker herausgestellt wird. Der Design-Begriff des DBR-Ansatzes wird somit durch den des Angebots (didaktische Strukturierung) und der Nutzung (kognitive Verarbeitungsprozesse und motivationale Effekte) konkretisiert.

4.2.1 *Design-based Research*

Der Design-based Research-Ansatz (DBR) (Design-Based Research Collective, 2003; Reinmann, 2005) reagiert auf bestimmte Kritik an der traditionellen Lehr- und Lernforschung, der vorgeworfen wird, dass ihr Vorgehen nur wenig zur Weiterentwicklung der Bildungspraxis beitrage, weil sie die Komplexität des Bildungsprozesses nicht ausreichend

berücksichtige (Bereiter, 2002; Reinmann, 2005). Weiter wird argumentiert, dass unzulässigerweise auf bestimmte Variablen reduziert und die Wirkung eines komplexeren Eingriffs in bestehenden Designs nicht erfasst wird (Reinmann, 2005; Gräsel, 2010; Reinmann & Sesink, 2011, S. 9; Euler, 2012, S. 3; Wilhelm & Hopf 2014). Auch „klassische“ Interventionsforschung wird oft als nicht praxistauglich bezeichnet, weil Erkenntnisse zur Implementierung in die Praxis fehlen. Die lerntheoretischen Erkenntnisse blieben dann oft zu allgemein, sodass das konkrete „Wie“ des Lernens und Lehrens unbeantwortet bliebe und die Ergebnisse somit für Praktiker schwer nutzbar seien (Euler, 2012, S. 35; Reinmann, 2005, S. 53). Der Design-based Research-Ansatz verfolgt im Gegensatz dazu das Ziel, gerade das Komplexen von realen Lehr-Lern-Situationen zu erschließen. Herausforderungen aus der Bildungspraxis sollen den Ausgangspunkt für Forschung darstellen, um Innovationen in der Bildungsrealität zu etablieren (Euler, 2014, S. 17; Schwartz, Chang & Martin, 2005, S. 29).

Es gibt beim Design-based Research-Ansatz eine Vielzahl von Varianten, genannt Educational Design Research (Bakker, 2018; McKenney & Reeves, 2019), Development Research (van den Akker, 1999), Education design studies (Shavelson, Phillips, Towne & Feuer, 2003), der Ansatz der Aktions- und Praxisforschung (Altrichter, 2007), der Ansatz der entwicklungsorientierten Bildungsforschung (Reinmann & Sesink, 2011) oder der Ansatz der gestaltungsbasierten Forschung (Euler, 2014). Trotz unterschiedlicher Nuancen verfolgen alle Varianten die Ziele, durch eine schrittweise Erprobung eine innovative Bildungspraxis zu gestalten und gleichzeitig transferierbare Erkenntnisse zu generieren (Tulodziecki, 2013). Die Bezeichnung Design-based Research wurde durch das Design-Based Research Collective (2003) geprägt, das als zentrale Ziel aller Ansätze formuliert, herauszufinden, „how, when and why educational innovations work in practice“ (S. 5).

Genauer führt Reinmann (2005) aus, dass aus dem Design-based Research-Ansatz „[...] sowohl kontextualisierte Theorien des Lernens und Lehrens einschließlich Wissen zum Designprozess (theoretischer Output) als auch konkrete Verbesserungen für die Praxis und die Entfaltung innovativer Potenziale im Bildungsalltag (praktischer Output)“ resultieren sollen (vgl. Cobb, Confrey, di Sessa, Lehrer & Schauble, 2003; DBRC, 2003). Wichtige Ziele des DBR-Ansatzes sind also ein praktischer Output wie theoretisch fundierte Materialien, Aktivitätsstrukturen oder bestimmte Produkte, die in Lehr-Lernsituationen umsetzbar sind, und empirisch begründeten Theorien zu entwickeln, die auf der Analyse von Lernprozessen im Zusammenspiel mit den eingesetzten Mitteln basieren (vgl. van den Akker et al., 2006, S. 4). Diese werden in verschiedenen DBR-Konzepten „lokale Theorien“ (Prediger et al., 2012), „bereichsspezifische Theorien“ (Reinmann, 2005) oder auch „Gestaltungsprinzipien“ (van den Akker, 1999; Euler, 2014) genannt. Sie sollen kontextualisiert und damit für die Praxis in einem besonderen Maße brauchbar sein, weil die Anwendungskontexte berücksichtigt wurden: „[...] one of the key types of knowledge needed about innovations includes the aspects of local contexts that affect how designed interventions played out“ (Sandoval, 2004, S. 213). Dem Designprozess kommt mit seinen kreativen, kontextualisierten Entscheidungen und der Kooperation zwischen Wissenschaftler/innen und Praktiker/innen ein großer Stellenwert im Forschungsprozess zu (Reinmann, 2005; Edelson, 2002). Gemeinsam werden die Designs mit ihren hypothetisch angenommenen Lehr-Lernprozessen in realen Kontexten erprobt und optimiert (Cobb et al., 2003, S. 10). Es ist also

von besonderem Interesse im DBR-Ansatz „how students and teachers actually respond to specific features of the design suggested by the theory” (Walker, 2006, S. 9). Dem zufolge formuliert Reinmann (2005) auf Grundlage von Edelson (2002) drei Ebenen der Generalisierung:

- **Ebene Bereichsspezifische Theorien:** Dies sind kontextbasierte Theorien, die das Verständnis von Lehren und Lernen erhöhen und Aussagen über die Wirkungen eines Designs zulassen.
- **Ebene Design Frameworks:** Sie stellen Leitlinien für die Gestaltung von Lernumgebungen dar. Diese können durch die erprobten Designs praxisnah formuliert werden, sodass diese auch auf andere ähnliche Lehr-Lernsituationen übertragen werden können.
- **Ebene Design-Methodologien:** Sie beziehen sich auf die Zusammenarbeit zwischen Forschenden und Personen der Bildungspraxis. Der Ablauf der gemeinsamen Gestaltungsprozesse und die Interaktionsprozesse stellen einen wesentlichen Teil des Forschungs- und Entwicklungsprozesses dar und dienen in ihrer Verallgemeinerung anderen Forschungs- und Entwicklungsgemeinschaften.

Bei der Analyse der im DBR-Ansatz ablaufenden Prozesse (vgl. McKenney & Reeves, 2019, S. 72 ff.; Reinmann & Sesink, 2011, S. 10; Euler, 2014, S. 19) wird herausgestellt, dass sich bestimmte Phasen erkennen lassen, die *Problemanalyse*, die *Designerstellung*, die *Implementierung*, das *Testing* und das *Re-Design*. Im Dortmunder Modell der fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Prediger, Link, Hinz, Hußmann, Ralle & Thiele, 2012) bildet ein zyklischer Prozess den Kern des Forschungs- und Entwicklungsprozesses, in dem die vier Phasen durchlaufen werden, wie in Abbildung 4.1 schematisch dargestellt. Aus dem Gesagten lassen sich für den Design-based Research-Prozess vier Charakteristika ableiten; der Prozess ist ...

- ... **integrativ**, indem Praktizierende und Forschende im Forschungs- und Entwicklungsprozess eng zusammenarbeiten,
- ... **theoriebasiert**, indem die Gestaltung der Lernumgebung auf Basis theoretischer Modelle und hypothetisch angenommener Lernprozesse stattfindet,
- ... **reflexiv**, indem Annahmen im Forschungsprozess durchgängig analysiert und im Diskurs aller Beteiligten überprüft werden und
- ... **rekursiv**, indem kontinuierliche Zyklen von Gestaltung, Durchführung, Analyse und Re-Design durchlaufen werden.

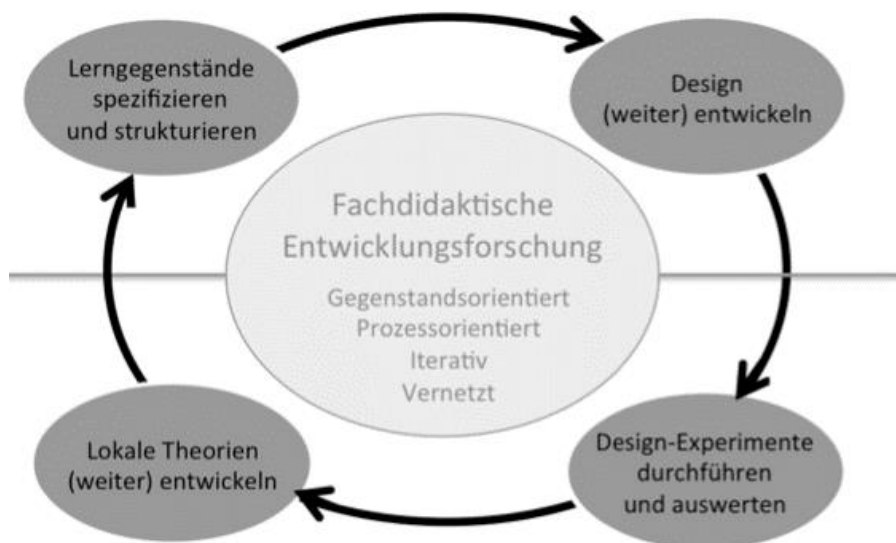


Abbildung 4.1 Modell der Fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Prediger et al., 2012)

4.2.2 Angebots-Nutzungs-Modell

Das Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2012) greift die konstruktivistische Sicht auf Lernen auf, dass man nicht von einer direkten Wirkung des Lernangebots auf das tatsächliche Lernen schließen kann, weil viele weitere Faktoren, die im Lernenden liegen, den tatsächlichen Lernprozess und Lernerfolg entscheidend mitbestimmen. Das Angebots-Nutzungs-Modell ist somit der direkte Ausdruck des konstruktivistischen Paradigmas. Das Angebots-Nutzungs-Modell systematisiert zudem die verschiedenen Einflussfaktoren. Helmke hat dabei vor allem schulische Prozesse im Blick, während Meier (2015) das Modell, auch mit Bezug auf Labudde und Möller (2012) auf außerschulische Lernorte überträgt: „Die Leitenden des außerschulischen Lernortes bereiten eine Lernumgebung vor, die von Schulklassen mit ihren Lehrpersonen genutzt wird. Die Wirkung auf individueller Ebene hängt von den individuellen Voraussetzungen, vom Angebot aber auch vom Kontext (z. B. Vor- und Nachbereitung im Schulunterricht) ab“ (Meier, 2015, S. 32). Meier unterscheidet in ihrem Modell unterschiedliche Angebots-, Nutzungs- und Wirkbereiche (vgl. Abbildung. 4.2):

Das Angebot (2) stellt die gestaltete Lernumgebung und die zur Verfügung stehenden Lehr- und Lernmaterialien dar. Dazu gehören beim außerschulischen Lernort auch die Präsentation im Raum und die zur Verfügung gestellten Gegenstände. Die Leitenden (1) bereiten diese Angebote für die Schüler/innen vor. Dadurch prägen sie mit ihren lehr-lerntheoretischen und epistemologischen Überzeugungen sowie ihren Zielen und motivationalen Orientierungen die Qualität des Lernangebotes. Bei der Nutzung (5) der Angebote durch die Schüler/innen findet ihre aktive Auseinandersetzung mit den Lerngegenständen, Materialien, Objekten statt. Diese bestimmt maßgeblich die Lernaktivitäten. Hier weist Meier auf den Einfluss der Motivation der Schüler/innen, sich auf Lernprozesse einzulassen, und auf ihr Interesse und ihre Vorerfahrungen hin, die beeinflussen, inwieweit Lernaktivitäten stattfinden. Diese individuellen Lernvoraussetzungen (7) hebt Meier als entscheidende Prädiktoren für die Verarbeitungsprozesse hervor. Wie schon Helmke (2012) verweist auch

Meier (2015) darauf, dass Interesse und Motivation nicht nur moderierende Funktion haben, sondern ihre Steigerung auch Teil der angezielten Wirkung der Angebots-Nutzungs-Prozesse sind. Die schulische Lehrperson (3) hat am außerschulischen Lernort meist eine geringe Funktion. Je nach persönlichen Voraussetzungen unterstützt sie ihre Schüler/innen oder nimmt eine passive Rolle ein. Sie spielt dennoch eine entscheidende Rolle, da sie über die Dauer sowie Ausrichtung des Besuches und über die Vor- und Nachbereitung des Besuches in ihrem Unterricht bestimmt. Mit der Lehrperson eng verknüpft spielt also auch der Unterricht (4) in der Schule eine Rolle, der den Besuch einbetten und die Nutzungsprozesse unterstützen kann.

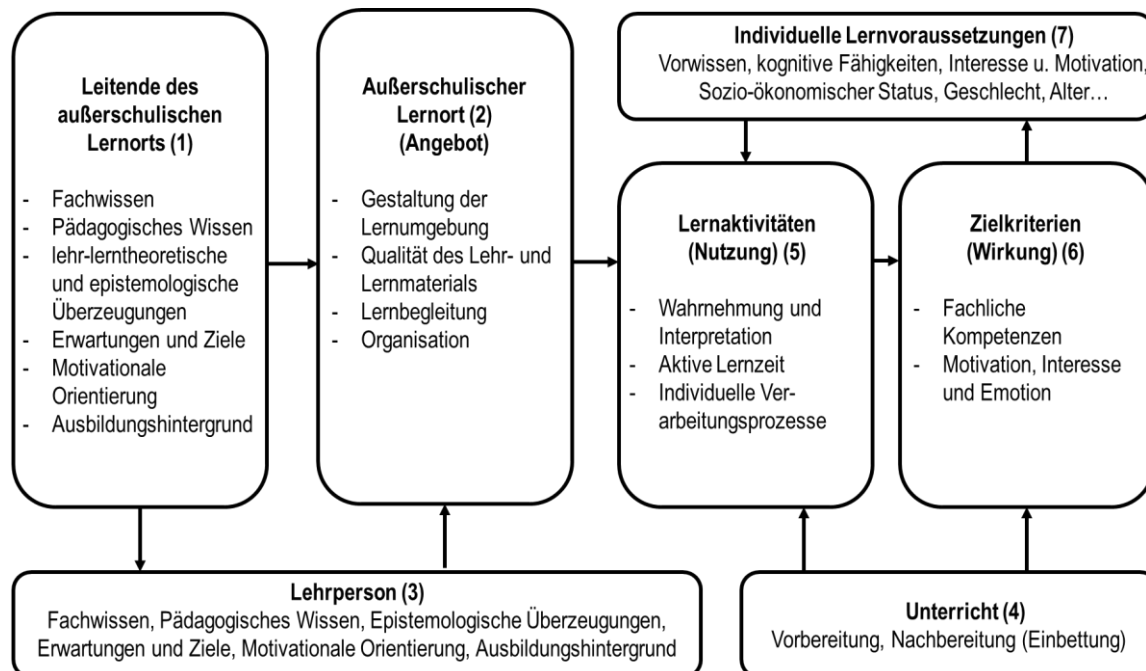


Abbildung 4.2 Angebots-Nutzungsmodell für außerschulische Lernorte nach Meier (2015)

4.2.3 Zusammenführung: Angebot und Nutzung im DBR-Zyklus

In der vorliegenden Arbeit werden die Prozesse des Anbietens und des Nutzens im DBR-Zyklus interpretiert. Dies wird in Abbildung 4.3 schematisch und vereinfacht dargestellt. Das Schema setzt durch die Rückkopplungspfeile das zentrale Charakteristikum des Design-based Research-Ansatzes um, die Rekursion aus Veränderung und Neuerprobung eines Schülerlaborangebots. Auch die Doppelrolle der Lernortleitenden als außerschulische Lehrpersonen und als Partner im Entwicklungsprozess wird dargestellt. Die oben angesprochenen Generalisierungen (vgl. Reinmann, 2005) sind in der Kombination von DBR und Angebots-Nutzungs-Modell erreichbar:

- **Bereichsspezifische Theorien** können entwickelt werden, um Erkenntnisse über das kontext-, problem- und autonomieorientierte Lehren und Lernen im Schülerlabor zu generieren. Bei dieser Ebene der Generalisierung geht es um die Wirkung von Variationen der Laborangebote in den drei Dimension (vgl. Kapitel 3.2), sodass sie auf ähnliche Schülerlabore übertragen werden können. Damit kann ein Beitrag zur Theorieentwicklung der Dynamik außerschulischen Lernens im Schülerlabor geleistet werden.

- **Design Frameworks** können in Form von Leitlinien für die Gestaltung von kontext-, problem- und autonomieorientierten Schülerlaborangeboten entwickelt werden. Diese können durch die erprobten Designs praxisnah formuliert werden, sodass diese auch auf andere ähnliche Schülerlabore übertragen werden können.
- **Design-Methodologien** beziehen sich in dieser Studie auf die Zusammenarbeit zwischen Forschenden und den Verantwortlichen der Schülerlabore. Die Bereitschaft der Schülerlabore, ihre Angebote weiterzuentwickeln und sich auf diesen Prozess in Kooperation mit einer Forschergruppe einzulassen sowie die Art und Weise der tatsächlichen Umsetzung der Weiterentwicklung, kann verallgemeinert werden.

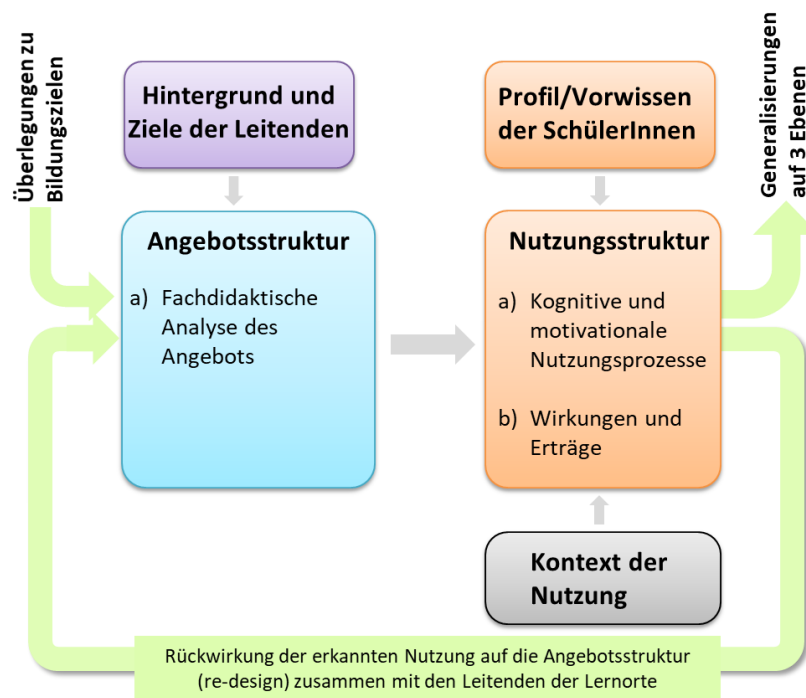


Abbildung 4.3 Forschungs- und Entwicklungsschema der vorliegenden Studie

Dem Forschungsschema (Abbildung 4.3) lassen sich die Forschungsaufgaben und -fragen aus Abschnitt 4.1 zuordnen, nämlich die analytische Aufgabe durch die Analyse der Angebotsstruktur, die empirische Aufgabe durch die Erhebung der Nutzungsprozesse (hier der kognitiven Verarbeitungsprozesse und der motivationalen Prozesse) und die strukturierende Aufgabe durch die Überarbeitung der Angebote hinsichtlich der Dimensionen Problem-, Kontext und Autonomieorientierung.

4.3 Operationalisierung des dreidimensionalen Analyseinstruments

Nachdem nun die Forschungsfragen ausgeschärft und der Forschungsrahmen aufgestellt und begründet worden sind, werden die drei Auswertedimensionen Problemlösen, Kontextualisierung und Autonomie einschließlich kognitiver Verarbeitungsprozesse und

motivationaler Prozesse innerhalb der Felder *Angebot* bzw. *Nutzung* weitergehend operationalisiert. Die Ausdifferenzierung ist in Abbildung 4.4 schematisch dargestellt.

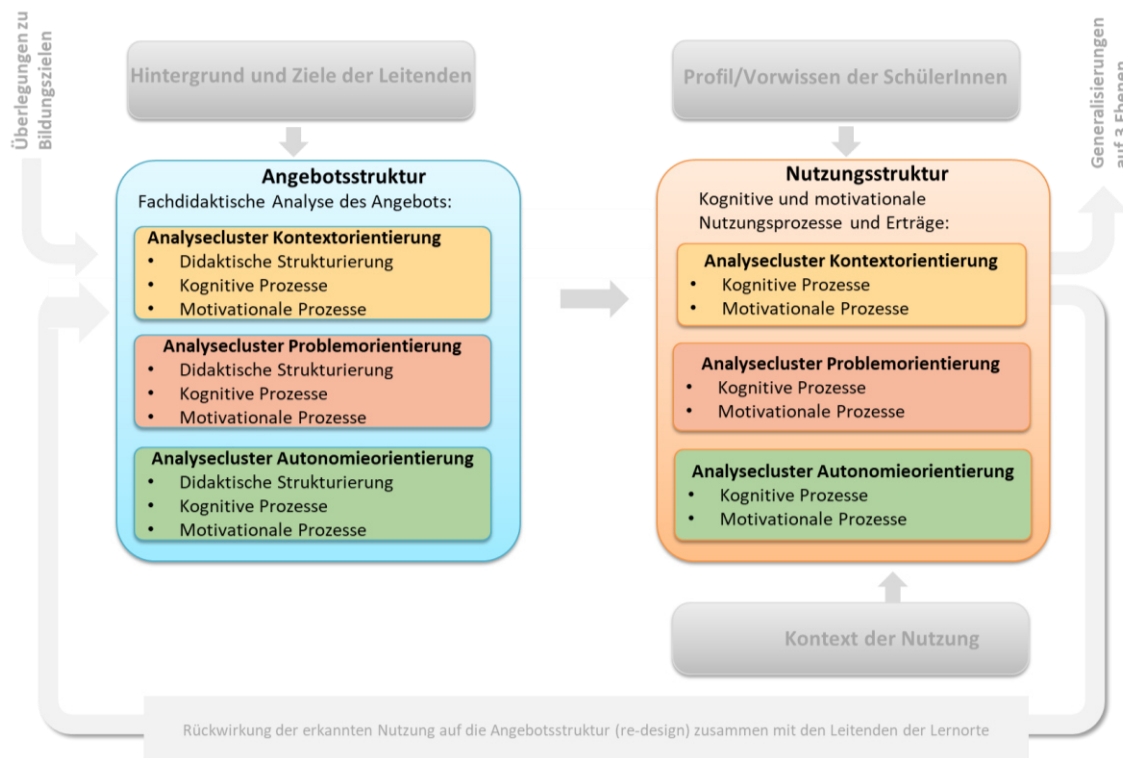


Abbildung 4.4 Analysedimensionen zur Modellierung von Angebots-Nutzungs-Prozessen

4.3.1 Analysefragen hinsichtlich der Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung der Angebotsstruktur

Ziel der Analyse ist es, zu erfahren, inwiefern das Angebot auf Kontexte setzt, die ggf. in Unter- und Oberkontexte aufgegliedert sind, inwiefern die Schüler/innen in Situationen gebracht werden, die sie vor zu lösende Probleme stellen, und inwiefern sie darin unterstützt werden, selbstgesteuert zu lernen. Diese Operationalisierung durch Analysefragen wird im Folgenden vorgestellt.

Dimension Kontextorientierung. Mit diesem Schwerpunkt soll analysiert werden, welche Rolle Kontexte im Schülerlaborangebot spielen. Kontexte haben, wie in Kapitel 3 dargestellt, die Funktion, technische, gesellschaftliche und anwendungsbezogene Fragestellungen in den Unterricht zu integrieren, was oftmals einen Fächerübergreif und eine gewisse Multiperspektivität einschließt. Dabei kann die Verwendung von Kontexten dahingehend unterschieden werden, ob das Angebot eher kontextstrukturiert oder eher entlang einer Fachsystematik strukturiert ist (vgl. Nawrath, 2010). Die Analyse des Angebots hinsichtlich Kontextorientierung geschieht entlang folgender Fragen:

- **Analysefrage 1:** Inwieweit werden im Angebot technische, anwendungsbezogene, alltagsweltlich gesellschaftliche oder wissenschaftliche Fragestellungen angesprochen?

- **Analysefrage 2:** Inwieweit werden Disziplinargrenzen überschritten sowie multiple Perspektiven aufgegriffen und aufeinander bezogen?
- **Analysefrage 3:** Inwieweit werden fachliche Inhalte mit Hilfe von Kontexten verdeutlicht (fachsystematisch-kontextorientiert) bzw. inwiefern bilden Kontexte die Ausgangspunkte der Strukturierung des Angebots (kontextstrukturiert)?

Dimension Problemorientierung. Ein Problem wird gemäß Kapitel 3 dadurch gekennzeichnet, dass es einen unerwünschten Anfangszustand gibt, ein Zielzustand definiert ist und eine Suche nach einem Lösungsweg erforderlich ist, bei dem spezielle Einfälle, neuartige Verbindungen vorhandener Wissensbestände benötigt werden. Die Analyse der Problemorientierung geschieht deshalb entlang folgender Analysefragen:

- **Analysefrage 1:** Inwieweit wird eine Problemsituation dargestellt und dabei der IST-Zustand als Anfangszustand beschrieben?
- **Analysefrage 2:** Inwieweit wird das Ziel als SOLL-Zustand transparent dargestellt?
- **Analysefrage 3:** Inwieweit ist der Weg zur Lösung des Problems offen? Inwieweit werden Anregungen gegeben, eigene Lösungswege zu suchen?

Dimension Autonomieorientierung: Wie bereits dargestellt, ist selbstgesteuertes Lernen durch eine eigenverantwortliche, aktive, entdeckend-lernende Auseinandersetzung des Lernenden mit seinem Umfeld charakterisiert, wobei der Austausch mit anderen Personen unterstützt wird. Dabei können die Schüler/innen verschiedene Faktoren der Lernumgebung beeinflussen und selbst wesentliche Entscheidungen treffen. Dies sollen folgende Analysefragen zu überprüfen helfen:

- **Analysefrage 1:** Inwieweit haben die Schüler/innen Möglichkeiten, sich selbsttätig und aktiv mit den Lerngegenständen auseinanderzusetzen?
- **Analysefrage 2:** Inwieweit können die Schüler/innen sich aktiv mit anderen Mitschüler/innen austauschen?
- **Analysefrage 3:** Inwiefern haben die Schüler/innen Freiräume und können eigenständig Entscheidungen fällen?

4.3.2 *Analyse hinsichtlich potenziell ablaufender kognitiver Verarbeitungsprozesse*

Auf Grundlage der in Abschnitt 3.6 herausgearbeiteten kognitiven Prozesse, die in Bezug auf Schülerlabore in dieser Studie betrachtet werden sollen, gilt es, die Analyse des Angebots zu operationalisieren. Dies geschieht hier mithilfe von kognitiven Teilprozessen, die durch Operationen in Form von erweiterten Verben dargestellt werden. Mit diesen Operationen kann die Angebotsstruktur rekonstruiert werden und es können Stärken und Schwächen des Angebots detektiert werden. Die betrachteten kognitiven Prozesse sind die des Wahrnehmens (Tabelle 4.1), des Begriffsbildens (Tabelle 4.2), des Planvollen Handelns (Tabelle 4.3), des Problemlösens (Tabelle 4.4) sowie des Kontextualisierens (Tabelle 4.5).

Tabelle 4.1 Kognitiver Prozess: Wahrnehmen

Kognitiver Teilprozess	Operation
Unter Wahrnehmen wird zunächst die Aufnahme von sensorischen Reizen gefasst. Dazu gehören sehen, hören, fühlen, etc..	→ sensorisch wahrnehmen (sehen, hören, fühlen, ...)
Bei der Verarbeitung der sensorischen Reize werden diese durch die Aufmerksamkeit selektiert und gefiltert. Die Aufmerksamkeit kann also durch den Lernenden gerichtet bzw. durch z. B. ein Objekt gelenkt sein.	→ die Aufmerksamkeit richten/lenken auf
Die sensorischen Reize werden in Wahrnehmungserfahrungen umgesetzt. Bestimmte Reize werden mit bekannten Erfahrungen abgeglichen, um die Objekte als solche (wieder)zuerkennen und diese dann zu benennen.	→ vergleichen mit ... → (wieder)erkennen als ... → benennen, einen Namen finden
Die Wahrnehmungserfahrungen werden mit Bekanntem auch assoziativ in Verbindung gebracht.	→ assoziieren

Tabelle 4.2 Kognitiver Prozess: Begriffsbilden/Konzeptbilden

Kognitiver Teilprozess	Operation
Eigenschaftsbegriffe werden gebildet, indem ihnen bestimmte kritische Attribute zugeordnet werden. Zur Ausschärfung der Begriffe werden kritische Attribute ergänzt.	→ kritische Attribute eines Begriffs herausarbeiten, Begriff aufbauen → Begriff ausschärfen/kritische Attribute ergänzen, Begriff weiterentwickeln
Prototypische Begriffsbildung: Nach der Prototypentheorie werden hier typische, repräsentative Beispiele, also Prototypen, genutzt.	→ Begriffs-Prototypen bilden, typisches Beispiel finden
Beim Bilden von Begriffen/Konzepten wird auf Vorwissen, auf vorhandene Begriffe/Konzepte Bezug genommen. Begriffshierarchien (Vorwissen) werden herangezogen.	→ Wissen/Vorwissen/Erfahrungen aktivieren → verfügbare, bereits gebildete Begriffe aktivieren
Wurde ein Eigenschaftsbegriff erfolgreich aufgebaut, kann geprüft werden, ob ein unbekanntes Objekt/eine unbekannte Situation mit dem vorhandenen Begriff/Konzept gefasst werden kann, d.h. ob die kritischen Attribute erfüllt sind (Begriffsidentifikation).	→ Begriff anwenden/identifizieren (prüfen, ob ein Begriff in einer Situation/bezüglich eines Objektes vorliegt/erfüllt ist)
Erklärungsbegriffe werden durch den Bezug zu einer erklärenden Theorie gebildet.	→ Begriff einer erklärenden Theorie zuordnen

Tabelle 4.3 Kognitiver Prozess: Planvolles Handeln	
Kognitiver Teilprozess	Operation
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Innensteuerung durch ein Subjekt</i>: Beim Planvollen Handeln setzt der Handelnde sich selbst ein Ziel. • <i>Intentionalität</i>: Planvolle Handlungen sind Mittel zum Erreichen eines Ziels und werden willentlich und absichtlich eingesetzt. 	<ul style="list-style-type: none"> → selbst das Handlungsziel festlegen → ein externes Handlungsziel übernehmen
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Flexibles Handlungskonzept</i>: Die Handlungsschritte beim Planvollen Handeln sind durch einen selbst erstellten Handlungsentwurf gesteuert. 	<ul style="list-style-type: none"> → Handlungsschritte planen
Weitere Attribute des Planvollen Handelns: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Handlungsalternativen</i>: Die Handlungen sind wählbar, sodass zwischen Handlungsalternativen entschieden wird. • <i>Bewusstheit</i>: Die Bewusstheit des Handelns stellt ebenfalls einen Aspekt des Handelns dar. • <i>Verantwortlichkeit</i>: Der Handelnde ist verantwortlich für sein Tun. 	<ul style="list-style-type: none"> → zwischen Handlungsalternativen bewusst entscheiden, Kriterien entwickeln
Rückmeldungen über die Folgen des Handelns helfen, Handeln zu beurteilen und Wissen zu generieren.	<ul style="list-style-type: none"> → eine Handlungswirkung bewerten

Tabelle 4.4 Kognitiver Prozess: Problemlösen	
Kognitiver Teilprozess	Operation
Das Problemlösen stellt einen Spezialfall des Planvollen Handelns dar. Vom Ausgangszustand wird versucht, ein Ziel zu erreichen: Der Weg ist offen.	<ul style="list-style-type: none"> → Problemsituation als zu lösendes Problem erkennen
In einer Situationsanalyse werden die wichtigsten Komponenten des Problems herausgestellt. Der Anfangs- und Endzustand werden formuliert und präzisiert.	<ul style="list-style-type: none"> → Problem formulieren, Ausgangs- und Zielzustand formulieren
Eine Lösung wird gesucht und Lösungshypothesen werden gebildet. Dabei werden Lösungsschritte formuliert und erprobt.	<ul style="list-style-type: none"> → Bilden von Lösungshypothesen → Formulierung von Lösungsschritten → Prüfung der Lösungshypothesen (und ggf. Veränderung der Lösungshypothese)
Evaluation einer Lösung: Hier wird die Ökonomie der Lösung bewertet.	<ul style="list-style-type: none"> → Bewerten der Lösungshypothese daraufhin, ob Problem gelöst ist und wie effizient

Tabelle 4.5 Kognitiver Prozess: Kontextualisieren und Abstrahieren	
Kognitiver Teilprozess	Operation
Es wird zwischen dem fachlichen Inhalt und seiner Bedeutung für den Alltag, die Anwendung, die Wissenschaft unterscheiden. Ein Nutzen eines fachlichen Inhalts wird erkannt und benannt.	<ul style="list-style-type: none"> ➔ den Kontext benennen ➔ einen Anwendungsnutzen erkennen
Zusammenhänge zwischen Tätigkeiten herstellen bzw. sie in einen gemeinsamen Kontext stellen, auch wenn sich die konkreten Tätigkeiten stark unterscheiden. Gemeinsamkeiten von Tätigkeiten werden herausgearbeitet.	<ul style="list-style-type: none"> ➔ einen Zusammenhang zwischen aktueller und früherer/späterer Tätigkeit herstellen/ formulieren
Modelle stellen eine Abstraktion dar. Es findet eine Ablösung vom Konkreten, also vom Kontext statt. Der <i>Zusammenhang</i> zwischen dem (realen) Kontext und dem Modell wird hergestellt. Die Relevanz des Modells wird wahrgenommen.	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Zusammenhang zwischen einer Handlung und dem „Kontext“ erkennen/formulieren ➔ Zusammenhang zwischen aktueller Handlung und Aufgabenstellung herstellen
Die Lernenden abstrahieren vom Anwendungskontext, um fachliche Gesetzmäßigkeiten als Generalisierungen herauszuarbeiten (Nähe zu Konzeptbildung).	<ul style="list-style-type: none"> ➔ aktuelle Handlung/ Aufgabe verallgemeinern und vom Konkreten lösen/abstrahieren

4.3.3 Analyse hinsichtlich potenziell ablaufender motivationaler Prozesse

In vergleichbarer Weise werden in Tabelle 4.6 die motivationalen Prozesse Autonomie-wahrnehmung, Kompetenzwahrnehmung und Relevanzwahrnehmung (vgl. Kapitel 3) operationalisiert.

Tabelle 4.6 Motivationale Prozesse	
Beschreibungen des motivationalen Prozesses	Operation
„ <i>Ich darf etwas</i> “: Lernende nehmen sich als autonom wahr, wenn sie eigenständig handeln sowie Ziele und Vorgehensweisen selbst bestimmen können. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die <i>erlebte</i> Autonomie der Lernenden nicht nur von der Selbstbestimmtheit der Lernenden abhängt, sondern auch von ihren persönlichen Wünschen und Zielen.	<ul style="list-style-type: none"> ➔ sich als autonom wahrnehmen
„ <i>Ich kann etwas</i> “: Lernende nehmen sich als kompetent wahr, wenn sie z. B. Aufgaben aus eigener Kraft bewältigen können oder sich angesichts der Anforderungen als handlungsfähig erleben. Dabei muss der Grad der Herausforderung so eingestellt sein, dass die Lernenden zwar herausgefordert, aber nicht unter- oder überfordert sind.	<ul style="list-style-type: none"> ➔ sich als selbstwirksam / kompetent wahrnehmen
„ <i>Ich erkenne etwas als wichtig</i> “: Die Lernenden nehmen die Relevanz der Lerninhalte wahr, sodass diese ihnen nützlich erscheinen. Die Bedeutung der Inhalte ist für sie nachvollziehbar.	<ul style="list-style-type: none"> ➔ die Relevanz wahrnehmen

4.3.4 Zusammenfassung: Operationalisiertes Analyseinstrument

Abbildung 4.5 fasst die drei Analysedimensionen zusammen:

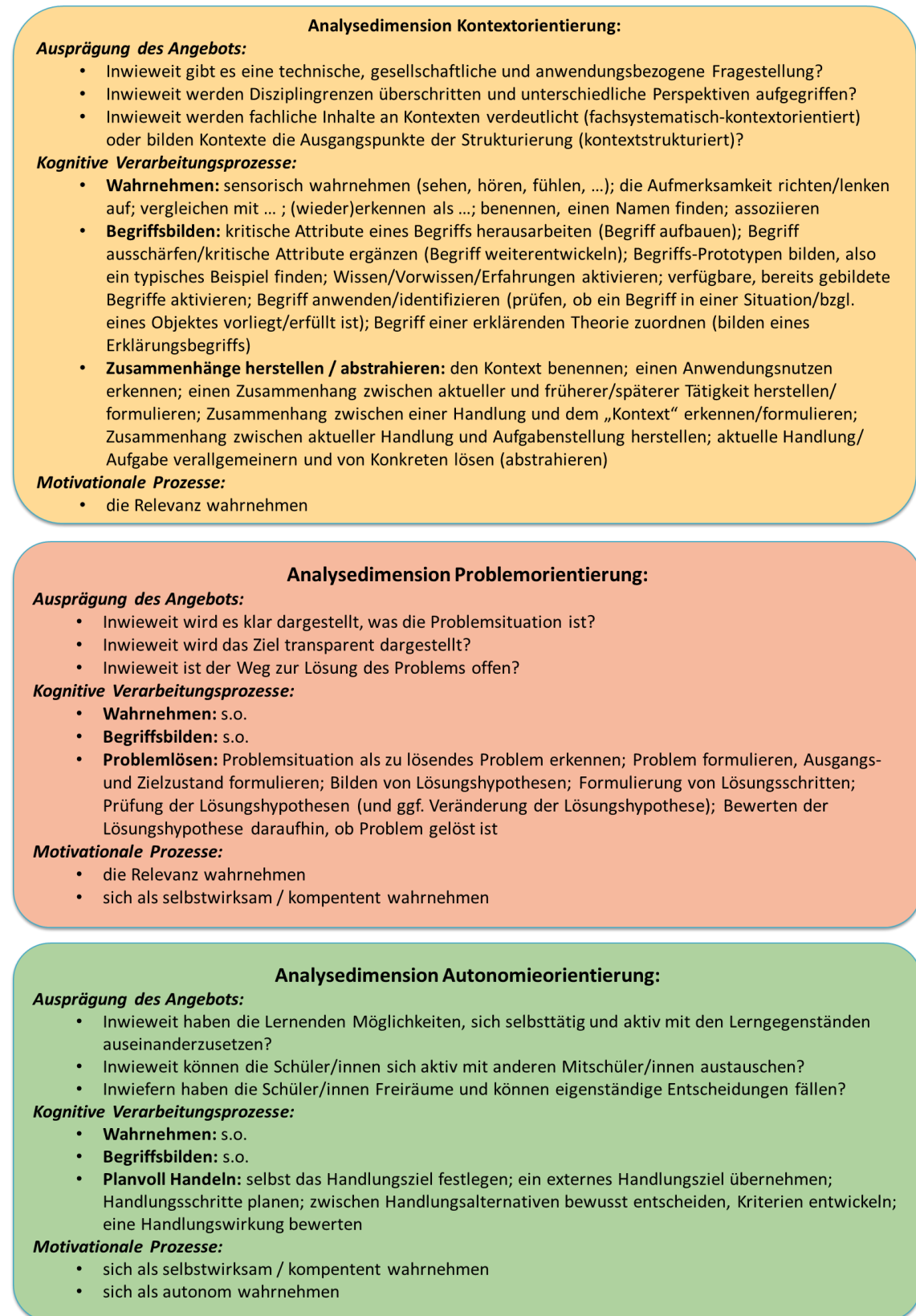


Abbildung 4.5 Analysedimensionen - Darstellung des vollständigen Analyseinstruments

4.3.5 Fachdidaktische SWOT-Analyse und empirisch gestützte didaktische Restrukturierung

Mit Hilfe dieses Instrumentes kann nun die Angebotsstruktur analysiert und anschließend mit den empirisch erhobenen Nutzungsprozessen der Schüler/innen abgeglichen werden, um das Angebot im Sinne des Design-based Research-Ansatzes weiterzuentwickeln. Dieses dreischrittige Verfahren ist schematisch in Abbildung 4.6 vereinfacht dargestellt. Die fachdidaktische Analyse der Angebotsstruktur findet als SWOT-Analyse statt, um die Stärken und Schwächen der Angebotsstruktur sowie die Chancen und Risiken herauszustellen (blau markiert in Abbildung. 4.6). Die Ergebnisse dieser Analyse haben den Status von Hypothesen, die anhand der empirischen Daten der Nutzungsprozesse (orange) geprüft werden, um daraus begründete Änderungskonsequenzen der Angebote (grün) abzuleiten, die dann zu konkreten Änderung führen. Die empirischen Daten der Nutzungsprozesse werden also daraufhin betrachtet, inwiefern sie die Stärken und Schwächen der didaktischen Struktur der Analyse bestätigen und genauer auflösen.

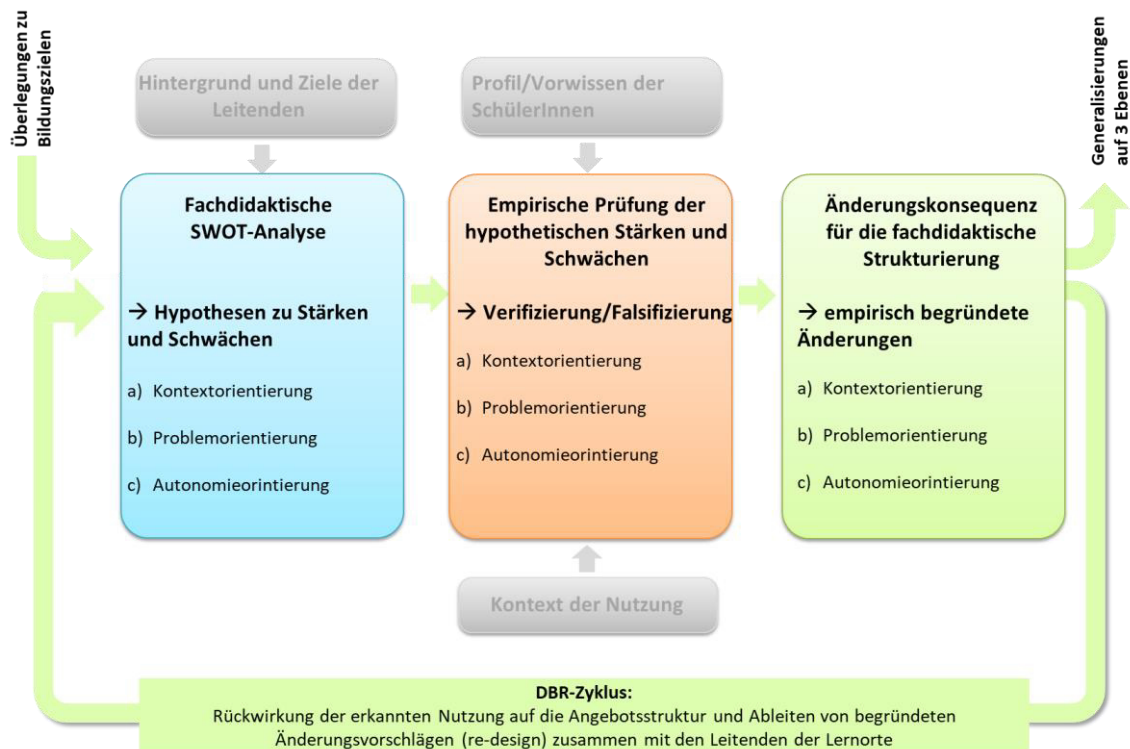


Abbildung 4.6 Dreischritt: SWOT-Analyse – Empirische Überprüfung – Änderungskonsequenz

Schritt 1: Fachdidaktische SWOT-Analyse der Angebotsstruktur

Dieser Schritt korrespondiert mit der ersten Forschungsaufgabe, die Angebote bezüglich der Problemorientierung, der Kontextorientierung und der Autonomieorientierung zu charakterisieren und entsprechende Stärken und Schwächen herauszuarbeiten. Mit der SWOT-Analyse nach Humphrey (2005) werden nicht nur die Stärken (Strength) und

Schwächen (**W**eakness) des Angebots hinsichtlich der Kontext-, Problem und Autonomieorientierung herausgearbeitet, sondern auch die jeweiligen Extrapolationen hinsichtlich Entwicklungschancen und Risiken für den Fall, dass keine Änderungen vorgenommen werden (**O**pportunities und **T**hreats). Die SWOT-Analyse passt sehr gut zum rekursiven Vorgehen des DBR-Ansatzes. Die Verknüpfung dieser beiden Ansätze schlagen auch McKenney und Reeves (2019) vor, um ein besseres Verständnis über ablaufende Prozesse zu erhalten und so Probleme in der Praxis erkennen zu können.

In der vorliegenden Studie wird untersucht, wie eine Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung durch bestimmte Aufgabenstellungen/Mittel umgesetzt wird und wie daraus resultierend bestimmte kognitive Verarbeitungsprozesse und motivationale Aspekte bei den Schüler/innen angeregt und unterstützt werden könnten. In jeder der Analysedimensionen werden also die konkreten Aufgabestellungen, die eingesetzten didaktischen Mittel, Objekte und Lernmaterialien dargestellt und mit Hilfe der oben dargestellten Operationalisierungen die damit verbundene Ausprägung der Angebotsstruktur, die damit verbundenen vorangelegten kognitiven Verarbeitungsprozesse sowie die motivationalen Prozesse modelliert:

- ➔ **Ausprägung der Angebotsstruktur:** In jedem der drei Analyseschwerpunkte werden zunächst die drei Leitfragen beantwortet, um die Struktur hinsichtlich der Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung herauszustellen.
- ➔ **Kognitive Anregung:** Alle Aufgabenstellungen mit den jeweils eingesetzten Mitteln werden daraufhin analysiert, inwieweit und welche kognitiven Prozesse des Analyseschwerpunktes potenziell dadurch unterstützt werden.
- ➔ **Motivationale Aspekte:** Alle Aufgabenstellungen mit den jeweils eingesetzten Mitteln werden daraufhin analysiert, inwieweit und welche motivationalen Prozesse des Analyseschwerpunktes potenziell dadurch unterstützt werden.

Schritt 2: Empirische Überprüfung der hypothetischen Stärken und Schwächen

Dieser zweite Schritt korrespondiert mit der Forschungsaufgabe, die Nutzung der Angebote durch die Schüler/innen zu rekonstruieren und modellieren. Es soll dabei untersucht werden, welche der Stärken und Schwächen hinsichtlich der drei Dimensionen sich empirisch verifizieren oder falsifizieren lassen und welche kognitiven und motivationalen Prozesse sich bei den Schüler/innen rekonstruieren lassen. Die empirischen Daten der Erhebung (vgl. Abschnitt 4.4) der Nutzungsprozesse werden dann daraufhin untersucht, inwiefern sich die in der Analyse erkannten Stärken und Schwächen auf Seiten der Nutzungsprozesse der Schüler/innen und deren Wirkungen wiederfinden lassen bzw. bestätigen und genauer auflösen lassen. Es wird aber auch nach widerlegenden Belegen gesucht, bei denen die Schüler/innen das Angebot anders als erwartet nutzen. Es handelt sich hier also um einen hypothesenüberprüfenden Schritt. Dafür stellen die hypothetischen Stärken und Schwächen mit den dadurch zu erwartenden kognitiven und motivationalen Prozessen Kategorien dar, mit denen die empirischen Daten codiert werden. Jede Kategorie hat dabei die Unterkategorie „bestätigend“ oder „widerlegend“, um die Offenheit beizubehalten, auch Zitate zu codieren, die der Analyse widersprechen.

Schritt 3: Änderungskonsequenzen für die fachdidaktische Struktur

Schließlich korrespondiert dieser Schritt mit der dritten Forschungsaufgabe, Veränderungsideen zu entwickeln und die Angebote zu variieren. Es wird hier geklärt, wie sich die konkreten Angebote auf Basis der didaktischen Analyse und der empirischen Daten so variieren lassen, dass die Potentiale der Schülerlabore bezüglich der drei Zielkonzepte ausgeschöpft werden. Auf Grundlage des Abgleichs zwischen der Analyse der Angebotsstruktur im Sinne der SWOT-Analyse mit den empirisch erhobenen Prozessen auf Lernenden-seite werden Änderungsbedarfe erkannt und daraus resultierende Konsequenzen für die Weiterentwicklung der Angebotsstruktur hinsichtlich der Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung abgeleitet, was sich auf die kognitiven und motivationalen Prozesse auswirken soll.

4.4 Nutzungsstruktur empirisch untersuchen – die eingesetzten Erhebungsinstrumente

Die eingesetzten empirischen Methoden sind der ethnografischen Feldforschung entlehnt. Denn der unmittelbare Zugang zum Feld, der auch hier benötigt wird, ist ein wichtiges Merkmal der Ethnographie, bei dem sich „Forschende und Erforschte auf dem ‚Feld‘ der Erforschten begegnen“ (Knoblauch & Vollmer, 2019, S. 603). Döring und Bortz formulieren: „Ziel der ethnografischen Feldbeobachtung ist es, das Feldgeschehen möglichst unverzerrt zu erfassen.“ (2016, S. 337). Die ethnografische Feldbeobachtung als sozialwissenschaftliche Datenerhebungsmethode stammt ursprünglich aus der Erforschung fremder Völker und Kulturen (vgl. ebd., S. 336). Die Schüler/innen im Schülerlabor mit ihren Aktivitäten bzw. Nutzungsprozessen stellen auch quasi einen für den Forscher fremden Kosmos dar, den es zu verstehen gilt. Michael Roth (1995) beschreibt den Vorteil der ethnografischen Forschungsmethode für die Untersuchung von Lehr-Lern-Situationen wie folgt: „Wenn man davon ausgeht, daß Lernen [...] situiert ist, dann muß der spezifische Kontext eines jeden Teilprojekts untersucht werden, um zu erfahren, wie und unter Benutzung welcher Mittel Schüler ihre Probleme und Lösungsversuche strukturieren.“ (ebd., S. 153). Um die Nutzungsprozesse zu modellieren, müssen die Aktivitäten und Äußerungen der Schüler/innen nachvollzogen werden. Dazu werden in dieser Studie Instrumente im Sinne der ethnografischen Feldforschung adaptiert oder neu entwickelt (vgl. orangefarbenes Feld in Abbildung 4.7).

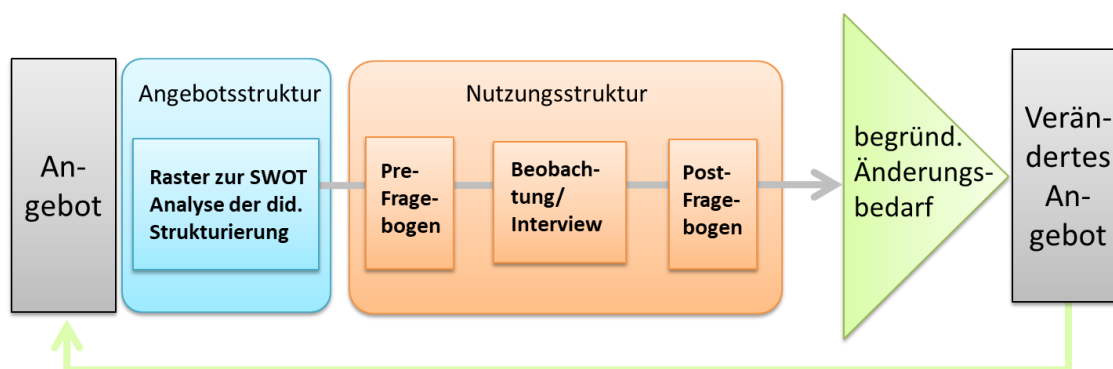


Abbildung 4.7 Darstellung der empirischen Erhebungsinstrumente

Teilnehmende Beobachtungen mit Feldnotizen anhand eines Beobachtungsrasters sind im Schülerlabor durchgeführt worden und werden im Abschnitt 4.4.1 skizziert. Dabei wurde ein Teil der Schüler/innen beim Durchgang durch die drei betrachteten Angebote engmaschig begleitet. Die forschende Person ist quasi zum Teil der Schülergruppe geworden und hat alle Aktivitäten der Schüler/innen mit durchlaufen. Zusätzlich wurden die Schülergruppen direkt nach der Laborarbeit mit Hilfe eines strukturierten Leitfaden-Interviews befragt, was in Abschnitt 4.4.2 beschrieben ist. Ein strukturierter Fragenbogen ist vor und nach dem Besuch eingesetzt worden, wie Abschnitt 4.4.3 ausführt.

4.4.1 *Teilnehmende Beobachtung*

Während der Schülerlaborangebote wurden die Schüler/innen engmaschig mit Hilfe einer teilnehmenden Beobachtung begleitet, bei der man mit den Schüler/innen ins Gespräch gekommen ist, was Züge eines Interviews hat. Die teilnehmende Beobachtung ist eine zentrale Methode der Ethnografie:

„In der Ethnographie gilt bis heute die teilnehmende Beobachtung als die wichtigste Datenerhebungsmethode und wird mitunter bis heute als Synonym für Ethnographie verwendet. [...] Dabei wird nicht nur beobachtet, sondern auch zugehört und mitgemacht, sodass die Forschenden selbst zum Forschungsinstrument werden, die sich mit ihrem ganzen Körper den Situationen aussetzen, (mit-)fühlen und sich (mehr oder weniger) beteiligen.“ (Knoblauch & Vollmer, 2019, S. 607)

Das umfassende Eintauchen der Forschenden in das zu beobachtende Feld ist für die teilnehmende Beobachtung besonders kennzeichnend. In diesem Sinne wurde eine Schülergruppe während des Schülerlaborangebotes den kompletten Vormittag (vier Zeitstunden) engmaschig teilnehmend beobachtet. Dabei wurde eine Schülergruppe von zwei bis vier Schüler/innen direkt zu Beginn des Schülerlaborbesuches ausgewählt, mit der von diesem Zeitpunkt an alles zusammen gemacht wurde. Die Anzahl der begleiteten Schüler/innen hing davon ab, in welcher Gruppengröße die Schülerlabore die Schüler/innen einteilten. Diese Gruppengröße wurde übernommen, um das Angebot möglichst wenig durch die Begleitung zu verändern. Bei der Auswahl der Schüler/innen hat sich die Forschende zunächst vor der gesamten Klasse als eine Person vorgestellt, die interessiert daran ist, „was hier im Schülerlabor so passiert“ und „wie das alles funktioniert“. Diese Vorstellung war notwendig, da die Forschende die Erlaubnis der Beforschten für die Begleitung benötigte, um eine akzeptable Rolle einnehmen zu können (vgl. Döring & Bortz, 2016, S. 337). Die Erfahrungen zeigen, dass die Schüler/innen tendenziell fast alle gerne begleitet werden möchten und sich nur ganz wenige nicht melden. Die Auswahl hat ohne Vorkenntnisse über Schülergruppen stattgefunden. Es wurde lediglich darauf geachtet, dass sowohl Jungen- als auch Mädchengruppen im gleichen Verhältnis begleitet wurden. Von diesem Zeitpunkt an lief die Forschende mit der Schülergruppe durch das Angebot. Für die Dokumentation erhielten die begleiteten Schüler/innen sowie die forschende Person und die leitende Person Audiophaonahmegeeräte zum Umhängen.

Bei der Begleitung wurde der Wissensvorsprung durch „gespielte Naivität“ minimiert, indem die Forschende sich zurücknahm und keine inhaltlichen Fragen beantwortete oder inhaltliche Ideen in die Gruppe einspeiste. Döring und Bortz (2016) beschreiben genau dies

als ein Kennzeichen der ethnografischen Forschung, bei der der Forschende mehr oder weniger in das Feldgeschehen einbezogen ist. Knoblauch und Vollmer (2019) beschreiben dies wie folgt:

„[...] ist das ethnographische Beobachten kein passiver Akt, sondern geht vielmehr mit der Teilnahme an den Feldaktivitäten, dem Zuhören und Fragenstellen einher. Oft reicht es nicht aus, nur zu beobachten, was vor sich geht, denn der Sinn der Handlungen der Feldteilnehmenden bleibt der reinen Beobachtung verschlossen. Das ist nur einer der Gründe, warum Ethnographen mit ihnen ins Gespräch kommen müssen. Neben den beiläufigen Gesprächen, die man im Feld führt, spielen Interviews ebenfalls eine zentrale Rolle in der ethnographischen Feldforschung.“ (S. 609)

In diesem Zitat wird deutlich, dass man trotz der engmaschigen Begleitung manche Aspekte nicht wahrnehmen bzw. diese richtig deuten kann, wenn man nicht nachfragt. Dies trifft auch auf die Schülerlaborsituation zu. Besonders, wenn es darum geht, sich den kognitiven und motivationalen Nutzungsprozessen der Schüler/innen soweit wie möglich zu nähern, um diese zu rekonstruieren, ist man auf bestimmte Erklärungen oder Ausformulierungen von Gedanken oder Gefühlen angewiesen, um Handlungen einordnen zu können. Deswegen wurden bei der Begleitung auch aktiv Fragen gestellt, wobei „[d]iese Fragetechnik [...] dem Alltagsgespräch näher als dem strukturierten Interview [steht]“ (Döring & Bortz, 2016, S. 339). So gehört dazu, die Schüler/innen immer wieder zu ihren Aktivitäten, zu Aufgabenstellungen, zu den wahrgenommenen fachlichen Inhalten, zu den durch sie hergestellten Zusammenhängen und zu motivationalen Aspekten zu befragen. Hierfür wurden kurze, vermeintlich verständliche Fragen vorformuliert und gezielt in den Gesprächsfluss eingebunden. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Schüler/innen sich nicht zu sehr ausgefragt fühlten und dadurch eventuell in die Defensive gerieten, sondern „sich animiert fühl[t]en, ausführliche Erläuterungen abzugeben.“ (ebd., S. 339).

Teilstrukturiertes Interview während der teilnehmenden Beobachtung

Döring und Bortz (2016) empfehlen, möglichst auf deskriptive Fragen (wie, wann, wo, was) zu setzen. Es wurden solche Fragen gestellt, die Einsichten in die kognitiven Verarbeitungsprozesse und die Reflexionen der Schüler/innen bezüglich ihres Handelns an bestimmten Stationen erlauben. Zusätzlich wurden auch Fragen zur Motivation hinsichtlich Kompetenz- und Relevanzwahrnehmung sowie Autonomieerleben gestellt:

- **Was machst du gerade?** Mit dieser Frage soll untersucht werden, inwieweit die Schüler/innen und Schüler ihre Tätigkeiten rekonstruieren und beschreiben können und ob sie die Aufgabenstellung nachvollziehen bzw. sich zu eigen machen können. Dadurch können sowohl Rückschlüsse auf kognitive Prozesse wie das Planvolle Handeln oder das Problemlösen gezogen werden, aber auch auf motivationale Prozesse wie die Autonomiewahrnehmung.
- **Was ist für dich daran [woran du arbeitest] neu?** Diese Frage erhebt, inwieweit die Aufgabenstellung und das daran zu erwerbende Wissen einen subjektiven Neuigkeitswert für die Schüler/innen haben bzw. sie neue Fähigkeiten bei sich oder eine Neuorganisation ihres Wissens wahrnehmen. Dadurch sollen Rückschlüsse auf motivationale Prozesse wie die Kompetenzwahrnehmung ermöglicht werden.

Außerdem werden durch die Frage Begriffsbildungsprozesse untersucht, indem die Schüler/innen die neu aufgebauten Begriffe mit eigenen Worten formulieren.

- **Wozu machst du das?** Diese Frage soll klären, ob die von außen (durch das Angebot und die leitenden Personen) herangetragene Absicht von den Schüler/innen nachvollzogen werden kann und inwieweit sie Absichten mit dem eigenen Handeln verbinden. So sollen Schlüsse über die Zielgerichtetheit im Sinne des Planvollen Handelns oder Problemlösens rekonstruiert werden. Es kann auch geklärt werden, inwieweit die Schüler/innen einen Bezug zwischen ihren aktuellen Tätigkeiten und dem Kontext des Angebotes oder der übergeordneten Aufgabenstellung herstellen können. Diese Frage erhebt dementsprechend auch die Wahrnehmung der Relevanz der Handlungen als motivationaler Prozess.
- **Was hat das jetzt mit [vorherige Tätigkeit oder Objekt] zu tun?** Durch diese Frage gilt es, sowohl den wahrgenommenen Kontextbezug zu erfragen als auch die von den Schüler/innen hergestellten Zusammenhänge zu vorherigen Phasen des Schülerlabors zu untersuchen. Auch können Rückschlüsse auf die Relevanzwahrnehmung gezogen werden.
- **Wie hast du das gelöst?** Die Frage nach dem *Wie* soll erheben, inwieweit das eigene Wissen und die eigenen Fähigkeiten als handlungsbestimmend eingestuft werden. Anhand der Beschreibungen der Tätigkeiten können auch Rückschlüsse auf dabei abgelaufene Kognitionen gezogen werden, weshalb die Frage auch erhebt, welche Handlungen mit welchen kognitiven Prozessen zusammenhängen.
- **Fühlst du dich herausgefordert? Was ist [an der aktuellen Tätigkeit/Aufgabe] schwierig, was ist einfach?** Mit dieser Frage wird untersucht, wie die Schüler/innen ihre eigenen Fähigkeiten und ggf. deren Entwicklung und die Kompetenzwahrnehmung einschätzen. Es kann erhoben werden, inwieweit die Schüler/innen über- oder unterfordert sind bzw. sich durch eine herausfordernde Aufgabe als kompetent wahrnehmen.
- **Was durftest du gerade selbst bestimmen, entscheiden oder planen?** Die Frage soll Aufschluss über die von den Schülerinnen und Schülern erlebte Autonomie geben.
- **Was macht dir Spaß? Warum machst du das jetzt gerade gern? Wieso gefällt dir das gerade nicht?** Um auch Fragen bezüglich der Motivation stellen zu können, ohne die Schüler/innen bereits in eine Richtung zu lenken, wurden außerdem die Fragen nach Spaß bzw. danach, was den Schüler/innen nicht gefällt, ergänzt.

Ergänzende Feldnotizen per Beobachtungsraster

Da mit Hilfe der Audioaufnahmegeräte nicht alle Aktivitäten des Vormittags dokumentiert werden können und die Forschende während der teilnehmenden Beobachtung nicht zusätzlich Notizen machen konnte, führte eine weitere Person eine distanzierte Beobachtung durch. Diese Person notierte die Handlungen der Schülergruppe und lieferte damit Daten, die zur Rekonstruktion der Sachstruktur des Schülerlabors und der äußeren Handlungen der Schüler/innen dienten (vgl. Döring & Bortz, S. 324). Es wurde eine qualitative

Beobachtung eingesetzt, bei der visuelle und verbale Beobachtungsdaten frei dokumentiert werden konnten. Um die Feldnotizen zu strukturieren und die Wahrnehmung der Person zu fokussieren, wurde ein Beobachtungsraster eingesetzt (vgl. Anhang 15.1.3). Dieses fokussiert auf die Handlungen der Schüler/innen, ihren Umgang mit den zur Verfügung stehenden Mitteln sowie motivationale Aspekte, die sich durch Mimik und Äußerungen zeigen. Des Weiteren behielt die beobachtende Person auch die anderen Gruppen im Auge, sodass hier eine Einordnung der Gruppe in das Gesamtgefüge möglich war. Das Beobachtungsraster beruht auf folgenden Aspekten, zu denen freie Feldnotizen dokumentiert werden können:

- **Handlungen** – Was geschieht? → Beschreibung der äußeren (individuellen) Handlungen, die potenziell mit inneren Handlungen (Kognitionen, insbesondere Lernen) in Verbindung stehen
- **Mittel** – Was wird genutzt? → Welche Objekte, Materialien, Informationen, Hilfen etc. werden genutzt (und wie), um äußere und möglicherweise innere Handlungen zu unterstützen? Wie werden diese eingesetzt?
- **Kompetenzwahrnehmung** – Was wird erreicht und wo nehmen die Schüler/innen sich als fähig wahr? → Wie werden Aufgabenstellungen auf der Sichtebeine gelöst, woran ist das zu erkennen? Welche Produkte entstehen? Wie werden die in weiteren Situationen genutzt? Welcher Konsens, welcher Dissens, welche Erkenntnisse ergeben sich? Wo nehmen sich die Schüler/innen als fähig wahr und sind dadurch ggf. motiviert? Was macht sie stolz?
- **Autonomie-Erleben** – Was dürfen die Schüler/innen selbst entscheiden, bestimmen oder planen? → In welchen Situationen dürfen Schüler/innen Prozesse oder Handlungen selbst planen und bestimmen? Wie verhalten sich Schüler/innen in diesen Situationen? Woran erkennt man, dass sie dadurch ggf. stolz auf sich sind und ggf. dadurch motiviert sind?
- **Andere Gruppen** – Wie agieren andere Gruppen im Vergleich zu begleiteten? → Welche Besonderheiten sind bei anderen Gruppen zu beobachten?

Kritik an der teilnehmenden Beobachtung

Eine teilnehmende Beobachtung mit Audioaufnahmegeräten sowie dabei gestellten Fragen stellt eine gewisse Beeinflussung der Schüler/innen dar: „So ist zu befürchten, dass Forschende in ihrer Beobachterrolle als ‚Fremdkörper‘ das Verhalten der Feldsubjekte beeinflussen und verzerrte Informationen bekommen.“ (Döring & Bortz, 2016, S. 338). Die subjektiven Erfahrungen der Forschenden bei der teilnehmenden Beobachtung in der vorliegenden Studie zeigten jedoch, dass die Schüler/innen die begleitende Person in der Gruppe nach kurzer Zeit akzeptierten und nicht als Fremdkörper wahrnahmen. Kennzeichen dafür ist, dass die Schüler/innen offensichtlich frei und ungehemmt sprachen und generell eine hohe Auskunftsfreudigkeit an den Tag legten. Es ist außerdem aufgefallen, dass die Schüler/innen das Angebot im Schülerlabor durchaus ungehemmt kritisch reflektierten und beurteilten. Dies bestärken auch Döring und Bortz: „Die praktische Erfahrung zeigt, dass in vielen Fällen eine offene (d. h. nicht-verdeckte) Feldbeobachtung (insbesondere durch szenevertraute Insider) hinsichtlich befürchteter Verfälschungen problemloser

ist als oft erwartet, weil die Feldakteure schnell zur Tagesordnung übergehen [...]. Aber auch bei kurzen Beobachtungssequenzen lassen sich Feldmitglieder überraschend wenig von ihren eigentlichen Aktivitäten abbringen [...].“ (2016, S. 338)

Zu thematisieren ist auch die Beeinflussung dadurch, dass die Schüler/innen durch die Beantwortung von Fragen Zusammenhänge herstellen und auf Ideen kommen, was ohne die Frage nicht passiert wäre. Dies ist jedoch eine Beeinflussung, die nicht zu vermeiden ist, wenn man gleichzeitig tiefergehende Informationen gewinnen und nah an die Nutzungsprozesse der Schüler/innen heran kommen möchte; zudem können die Schüler/innen auch nicht „über ihren Schatten springen“ und etwas äußern, was ihnen vollkommen fremd ist.

4.4.2 Teilstrukturiertes Interview im Anschluss an den Schülerlaborbesuch

Nach Ende des Laborvormittags wurden die begleiteten Gruppen mittels eines strukturierten Leitfadeninterviews retrospektiv befragt, um tiefergehende Informationen über die ablaufenden Nutzungsprozesse sowie über die Einschätzungen der Schüler/innen bezüglich motivationaler Aspekte (Kompetenzwahrnehmung, Autonomieerleben, Relevanzwahrnehmung) zu erlangen. Der vollständige Leitfaden ist im Anhang 15.1.4 zu finden. Das Instrument Interview bot sich hier an, da es um die Erfassung von Vorstellungen zu fachlichen Inhalten des Schülerlabors und um Motivationen geht, was nach Niebert und Gropengießer (2014) besonders ertragreich mit Interviews erreicht werden kann. Auch sind Nachfragen sowie Ad-hoc-Eingriffe oder Impulse möglich, sodass auf relevante Aspekte genauer eingegangen werden kann (vgl. ebd., S. 125). Das Interview wurde jeweils aufgezeichnet, um später am Transkript Analysen durchzuführen. Der Leitfaden war folgendermaßen strukturiert und orientiert sich an den Fragen der begleitenden Beobachtung:

Fragen zur Rekonstruktion der Aktivitäten: Zunächst sollen die Schüler/innen ihre Aktivitäten im Schülerlabor retrospektiv mit eigenen Worten wiedergeben. Daran sollen Rückschlüsse darüber hergestellt werden, inwieweit die Schüler/innen Zusammenhänge zwischen den Aktivitäten erkennen (*Kontextualisieren*), sich die Aufgabenstellungen zu eigen gemacht haben (*Planvolles Handeln*), Problemaufgaben als solche dargestellt werden (*Problemlösen*) oder fachliche Begriffe verwendet werden können (*Begriffsbilden*).

- Beschreibt, was ihr heute gemacht habt.
- Welche Aufgabe solltet ihr lösen?
 - Wie war die Aufgabe für euch? Herausfordernd, schwierig, langweilig, leicht?
 - Wie konntet ihr die Aufgabe lösen? Hättet ihr die auch schon vorher lösen können oder brauchtet ihr die Dinge, die ihr hier gelernt habt? Welche?

Fragen zu fachlichen Inhalten: Bei diesen Fragen geht es hauptsächlich darum, die Schüler/innen dazu zu bringen, fachliche Begriffe zu erklären (*Begriffsbilden*). So sollen Rückschlüsse darüber gemacht werden können, inwieweit diese während des Schülerlabors aufgebaut wurden.

- Was habt ihr über ... herausgefunden?
- Was war heute neu für euch? Was von dem, worum es heute ging, wusstet ihr schon vorher?
- Was habt ihr dazugelernt?

Fragen zu motivationalen Aspekten: Bei diesen Fragen gilt es, zu erfahren, wie die Schüler/innen das Angebot hinsichtlich der als motivational geltenden Faktoren einschätzen. Dadurch sollen Rückschlüsse auf die *Kompetenz-, Autonomie- und Relevanzwahrnehmung* ermöglicht werden.

- Wieso habt ihr euch mit dem Thema ... beschäftigt?
- Was durftet ihr heute selbst entscheiden, bestimmen oder planen?
- Was war durch den Leiter genau vorgegeben? Kannst du Beispiele nennen?
- Was hat dich heute angespornt, dich den Tag über intensiv mit dem Thema Solarboot zu beschäftigen?

Fragen zur Bewertung des Angebots: Abschließend sollen die Schüler/innen die Möglichkeit erhalten, auch andere Aspekte zu nennen, die die sie besonders motiviert haben, bzw. bestimmte Aspekte erneut hervorzuheben (*Kompetenz- Autonomie- und Relevanzwahrnehmung*). Hier soll also eine bewertende Komponente stärker mit einfließen und es sollen Rückschlüsse darüber möglich sein, wie die Schüler/innen die Aktivitäten bewerten.

- Was hat dir heute Spaß gemacht?
- Was hat dir heute nicht so gut gefallen?
- Was war heute schwieriger als im üblichen Unterricht? Warum?
- Was war heute besser als im üblichen Unterricht? Warum?
- Was sollte anders gemacht werden?

4.4.3 Pre-Post-Fragebögen

Mit einem Fragebogen wurde der Lern- und Verständniszuwachs der Schüler/innen vor und nach dem Besuch im Schülerlabor erhoben. Im Post-Fragebogen wurde zusätzlich gefragt, wie die Schüler/innen das Angebot der Lernorte insgesamt bewerten. Die Fragebögen wurden von der gesamten Klasse bearbeitet. Somit dienen die Fragebogendaten zum einen als Datenquelle hinsichtlich der Wahrnehmung und Auswirkung des Laborangebots bei allen teilnehmenden Schüler/innen. Zudem ermöglicht es der Fragebogen, zu klären, inwieweit die engmaschig begleitete Gruppe repräsentativ für die gesamte Klasse ist.

Dabei wird auf eine qualitative, strukturierte Fragebogenmethode zurückgegriffen (vgl. Döring & Bortz, 2016). Hier werden vor allem offene Fragen eingesetzt, die die Schüler/innen schriftlich mit eigenen Worten beantworten müssen. Bei der konkreten Formulierung der Fragen werden die nach Döring und Bortz (2016) aufgestellten Regeln für schriftliche Befragungen berücksichtigt (vgl. ebd., S. 403).

Die Fragen gliedern sich wie bei der begleitenden Befragung und beim Interview in Fragen zur Rekonstruktion der Prozesse im Schülerlabor und Fragen, mit denen geprüft wird, welches Fachwissen die Schüler/innen aufgebaut haben, wie sie motivationsrelevante Aspekte des Angebotes bewerten und wie sie das Angebot generell bewerten. Die vollständigen Fragebögen sind in Anhang 15.1.5 zu finden. Beispielhaft soll hier die Struktur des Fragebogens anhand des Postfragebogens des Schülerlaborangebotes „Lass die Sonne an Bord“ im ZNT dargestellt werden, bei dem die Schüler/innen ein Solarboot mit Reihen- oder Parallelschaltung von Solarzellen herstellen:

Fragen zur Rekonstruktion der Aktivitäten im Schülerlabor: Zunächst wird eine sehr offene Frage gestellt, bei der die Schüler/innen ihre Aktivitäten rekonstruieren sollen und mit ihren eigenen Worten darstellen. Auszug:

- Berichte, was ihr im ZNT gemacht habt.
- Beschreibe, was ein Solarboot ist.

Fragen zu fachlichen Inhalten des Schülerlabors: Hier werden Wissensfragen zu den im Schülerlabor behandelten Thematiken und Fragestellungen gestellt, um im Pre-Fragebogen das Vorwissen der Schüler/innen zu erheben und im Post-Fragebogen den Wissenszuwachs bewerten zu können. Dabei handelt es sich vorwiegend um offene Fragen, die meist durch Textantworten und teilweise durch kleine Zeichnungen beantwortet werden sollen.

Auszüge:

- Beschreibe verschiedene Möglichkeiten, ein Boot anzutreiben:
- Beschreibe, was eine Solarzelle ist:
- Beschreibe, was ein solarbetriebenes Boot ist.
- Erkläre, welche Vorteile ein Antrieb mit Solarzellen gegenüber anderen Antrieben hat:
- Nenne Bestandteile, die man zum Bau eines solarbetriebenen Bootes benötigt:
- Erkläre, was elektrische Schaltungen sind:

Fragen zu motivationalen Aspekten: Um auch motivationale Aspekte der Autonomie-wahrnehmung und Kompetenzwahrnehmung zu erheben, werden Fragen formuliert, die neben einer Einordnung per Ankreuzen genauere Beschreibungen diesbezüglich einfordern. Auszug:

- Welcher Satz gilt für dich? (Kreuze an.) Ich konnte im ZNT viel selbst bestimmen und planen. Im ZNT wurde viel vorgegeben und ich konnte fast nichts selbst entscheiden.
- Schreibe auf, was du selbst bestimmen und planen durftest:

Fragen zur Bewertung, wie sie den Tag persönlich wahrgenommen haben: Im Post-Test werden außerdem Fragen zur Einschätzung des Angebotes ergänzt, Auszug:

- Berichte, was dir Spaß an dem Vormittag rund um das Thema Solarboot gemacht hat.
- Beschreibe, warum dir das besonders Spaß gemacht hat.
- Berichte, was dir nicht so gut gefallen hat.
- Beschreibe, was schwieriger als in deinem üblichen Unterricht war. Woran lag das?

5 Analysen und empirische Untersuchungen – DBR-Zyklus 1

In diesem Kapitel wird das dreidimensionale Analyseinstrument mit den beschriebenen drei Schritten auf die Segmente der drei Schülerlaborangebote angewendet. Zunächst wird die fachdidaktische Struktur der Segmente analysiert, um Stärken und Schwächen herauszuarbeiten. Allerdings werden die Analyseergebnisse empirisch validiert, indem die Angebote im zweiten Schritt eng begleitet und Interview- und Beobachtungsdaten gesammelt werden. Im abschließenden dritten Schritt werden aus dem Abgleich der ersten beiden Schritte Konsequenzen für eine Änderung der Angebotsstruktur formuliert.

In Abschnitt 5.1 werden die drei Laborangebote mit ihren fünf bis acht Segmenten auf der Sichtebeine skizziert, um die jeweiligen Vormittagsangebote im Ganzen erfassen zu können. Jedes Segment wird in den drei Dimensionen (Kontext, Problemlösen, Autonomie) analysiert, wobei pro Angebot auf zwei Segmente fokussiert wird. Im weiteren Verlauf der Darstellung in dieser Arbeit wird nur die Analyse eines exemplarischen Segments ausführlich vorgestellt. Der SWOT-Analyse (Schritt 1) folgen die empirischen Belege, die die SWOT-Analyse unterstützen oder relativieren (Schritt 2) und die Ableitung von Änderungserfordernissen (Schritt 3). Die SWOT-Analyse wird für die drei Dimensionen getrennt durchgeführt und findet sich in Abschnitt 5.3, nachdem in 5.2 auf die Datensammlung und -aufbereitung eingegangen wurde.

In Abschnitt 5.4 werden dann Analysen anderer Segmente aller drei Lernorte ergänzt, wobei ebenfalls exemplarisch vorgegangen wird. Auf Basis dieser Detailergebnisse werden in Kapitel 6 übergreifende Generalisierungen für die drei Schülerlabor-Angebote formuliert, bevor in Kapitel 7 auf den Prozess der gemeinsamen Überarbeitung der Angebote auf Grundlage der empirischen Ergebnisse eingegangen wird.

5.1 Skizzierung der Sichtstruktur der drei zu analysierenden Schülerlaborangebote

Im Folgenden werden die drei begleiteten Schülerlaborangebote skizziert, um einen Überblick über Handlungen, Objekte und Aufgabenstellungen zu erhalten. Die Angebote werden von der Autorin in Sinnabschnitte segmentiert, die sich in ihren Handlungsformen, Sozialformen, eingesetzten Mitteln und Aufgabenstellungen unterscheiden. Eine nachträgliche Segmentierung ist zwar teilweise interpretativ (unterscheiden sich zwei Segment auch für die Schülerinnen und Schüler?), aber aus forschungspragmatischen Gründen ist diese Unterteilung notwendig. Für die Auswertung werden pro Angebot je zwei Segmente ausgewählt, die gewissermaßen die Dreh- und Angelpunkte des gesamten Angebots sind:

Lernort Technik und Natur (5.1.1):

- Segment 3 - Elektrische Schaltungen am Steckboard
- Segment 6 - Das Koordinatensystem als Programmierhilfe

ZNT (5.1.2):

- Segment 1 - Einführung der Konstruktion eines Solarbootes
- Segment 3 - Umpolung des Motors

DLR_School_Lab (5.1.3):

- Segment 3 - Station „Vakuum“
- Segment 4 - Station „Landenavigation“

5.1.1 Segmente des Angebotes „Solarboot“ des Lernorts Technik und Natur

Dieses Angebot ist für Schüler/innen der 5. und 6. Klasse gedacht und erstreckt sich über rund vier Zeitstunden, in denen die Schüler/innen ein Solarboot konstruieren (Abbildung 5.1). Der Konstruktionsprozess steht im Fokus, bei dem es darum geht, verschiedene Schaltungen und deren Wirkungen zu untersuchen sowie verschiedene Fertigungsverfahren eines Bootsrumpfes zu erproben.

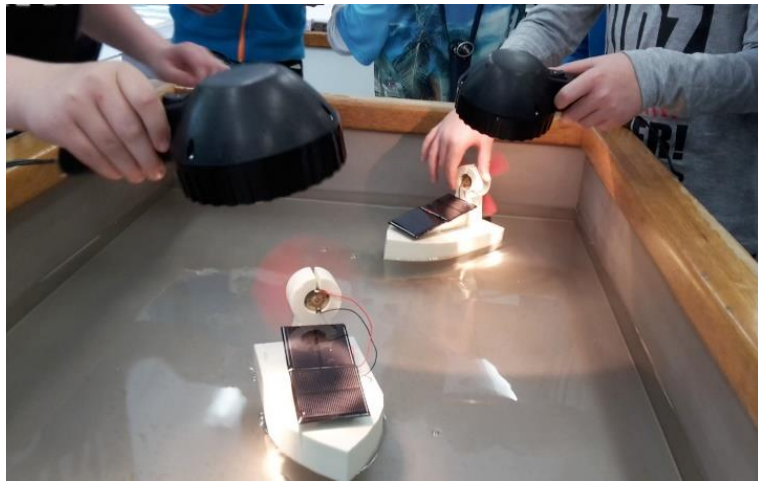


Abbildung 5.1 Wettfahrt mit den Solarbooten der Schüler/innen

- **Segment 1 – Einführung in fossile und regenerative Energieträger (ca. 45 Min.):** Die Sozialform des Segments ist eine Frontalsituation, bei der der Leitende vorträgt und dyadische Konversation mit einzelnen Schüler/innen führt. Es werden verschiedene fossile und regenerative Energieträger besprochen und deren Vor- und Nachteile einander gegenübergestellt. Dabei sitzen Schüler/innen um einen Tisch und der Leitende präsentiert per Beamer Abbildungen, die für bestimmte Energieformen und für eine bestimmte Energienutzung stehen. Dabei stellt die leitende Person gezielte Fragen, die zu beantworten sind. An einem Kurbeldynamo, den die Schüler/innen bedienen, wird die Anstrengung bei der Produktion von elektrischem Strom demonstriert.
- **Segment 2 – Wettrennen der Solarautos (ca. 10 Min.):** Die leitende Person präsentiert zwei Solarautos, mit denen die Schüler/innen ein Wettrennen fahren: Rudi (Reihenschaltung der Solarzellen = schnell) und Paul (Parallelschaltung der Solarzellen = langsam). In einem fragend-entwickelnden Plenumsgespräch wird die Verschaltung als Grund für die unterschiedlichen Geschwindigkeiten herausgearbeitet. Dies dient als Anlass, die Schaltungen genauer zu untersuchen.

- **Segment 3 – Elektrische Schaltungen am Steckboard (ca. 40 Min.):** Die Schüler/innen bauen in Zweierteams eine Reihen- und eine Parallelschaltung mit elektrischen Bauteilen nach einem Schaltplan auf und werden durch ein Lernheft mit Lückentexten unterstützt. Die Eigenschaften von Reihen- und Parallelschaltung von Solarzellen werden untersucht. Im Plenum werden die Ergebnisse gesammelt, um eine Entscheidung für die Erstellung einer Reihenschaltung herbeizuführen.
- **Segment 4 – Löten der Reihenschaltung (ca. 30 Min.):** Die Schüler/innen verlöten eine Reihenschaltung. Dabei verwenden sie technische Werkzeuge und arbeiten nach einer Einweisung im Plenum an eigenen Arbeitsplätzen. Eine Anleitung steht ihnen in Form eines Arbeitshefts zur Verfügung.
- **Segment 5 – Fertigungsverfahren eines Bootsrumpfes aus Styrodur (ca. 25 Min.):** Im Plenum werden Varianten der Bearbeitung von Styrodur getestet und dann der „heiße Draht“ (Abbildung 5.2) von der leitenden Person als geeignetes Fertigungsverfahren vorgestellt. Die Handsteuerung des heißen Drahtes wird in zwei Teams von den Schüler/innen ausprobiert. Die leitende Person führt den Begriff der Computersteuerung ein.
- **Segment 6 – Koordinatensystem als Programmierhilfe (ca. 20 Min.):** Die leitende Person beschreibt im Plenum das Koordinatensystem als ein Hilfsmittel, um einen heißen Draht zu programmieren. Dann werden Übungen zum Umgang mit dem Koordinatensystem angeleitet, bevor die Schüler/innen auf einem Arbeitsblatt die Koordinaten des Bootsrumpfes beschriften. Die Ergebnisse werden im Plenum verglichen.
- **Segment 7 – Programmieren des heißen Drahtes am Computer (ca. 45 Min.):** Die leitende Person stellt das Programm FiloCut für die Programmierung des heißen Drahtes vor. Es wird verwendet, um einen Bootsrumpf zu fertigen. Dabei arbeiten die Schüler/innen einzeln an Computern. Im Plenum erklärt die leitende Person die einzelnen Schritte im Programm, bevor die Schüler/innen die Koordinaten vom Arbeitsblatt in den Computer übertragen.



Abbildung 5.2 Der computergesteuerte heiße Draht

- **Segment 8 – Zusammenbau des Solarbootes (ca. 30 Min.):** Die verlötete Reihenschaltung der Solarzellen und der geschnittene Rumpf werden zusammengefügt, sodass das Solarboot fertiggestellt und getestet werden kann. Die leitende Person erklärt den Schüler/innen, wie das Boot zusammengesetzt werden soll. Jede/r Schüler/in montiert sein/ihr Boot, bevor es im Wasser getestet wird.

5.1.2 Segmente des Angebotes „Lass die Sonne an Board“ des ZNT

„Lass die Sonne an Board“ ist für Schüler/innen der 5.-7. Klasse und erstreckt sich über vier Zeitstunden, in denen ein Solarboot konstruiert wird (Abbildung 5.3). Es steht der Konstruktionsprozess im Mittelpunkt, bei dem auf die Verschaltung der Solarzellen fokussiert wird. Der Bootsrumpf wird von den Schüler/innen nicht selbst gefertigt. Sie untersuchen elektrische Schaltungen und deren Wirkung, um Kriterien für die Konstruktion des Solarbootes zu entwickeln. Dabei arbeiten die Schüler/innen mit elektrischen Bauteilen zur Verschaltung von Solarzellen, verwenden Schaltzeichen, um sich über die Erkenntnisse auszutauschen und verlöten eine Schaltung für den Antrieb ihres Solarbootes.



Abbildung 5.3 Testung des verlöteten Solarboots

- Segment 1 – Einführung der Konstruktionsaufgabe eines Solarbootes (ca. 15 Min.):** Die Konstruktion eines Solarbootes wird von der leitenden Person als Ziel des Tages benannt. Im Plenum werden Ideen für benötigte Bauteile gesammelt und richtige Nennungen durch die leitende Person unterstützt, indem diese die tatsächlichen Bauteile zeigt. Die Funktionsweisen der Bauteile werden in einem fragend-entwickelnden Gespräch erarbeitet und der Solarantrieb als umweltfreundliche Variante vom Verbrennungsmotor abgegrenzt.
- Segment 2 – Untersuchung des einfachen Stromkreises (ca. 15 Min.):** Die Schüler/innen experimentieren zu zweit an einem Experimentierboard (Abbildung 5.4) mit elektrischen Bauteilen, an dem sie den Motor mit Hilfe einer Solarzelle zum Laufen bringen. Die Ergebnisse werden im Plenum am Smartboard dargestellt. Für einen besseren Austausch werden die Schaltzeichen im Plenum eingeführt und der einfache Stromkreis als Schaltplan dargestellt.

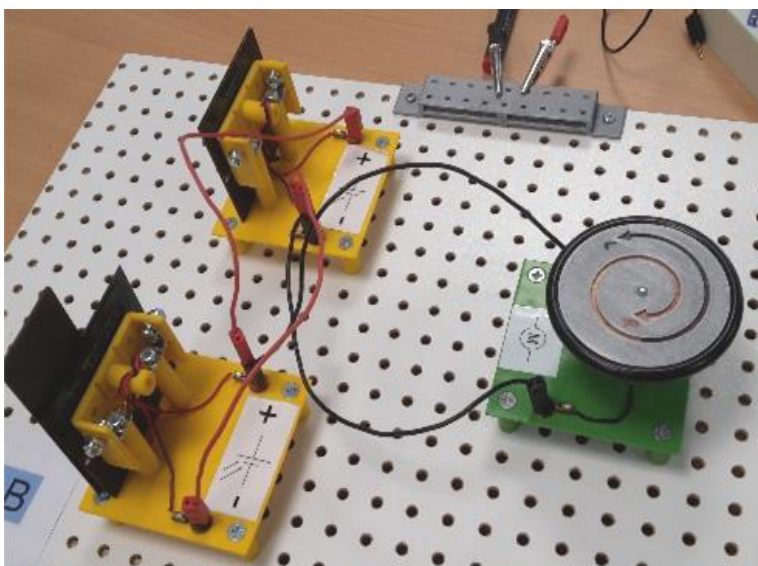


Abbildung 5.4 Steckboard mit zwei Solarzellen und einem Motor

Dabei werden im fragend-entwickelnden Gespräch die Begriffe Plus- und Minuspol sowie die Konvention der Kabelfarben eingeführt.

- **Segment 3 – Umpolung des Motors (ca. 30 Min.):** Die Schüler/innen probieren zu zweit an den Steckboards aus, wie sich der Motor bei Umpolung verhält. Die leitende Person demonstriert die Wirkung der Umpolung am Wassertisch. Die Schüler/innen erhalten die notwendigen Bauteile für das Solarboot, an denen sie in Partnerarbeit die Polung des Motors zunächst experimentell untersuchen, bevor sie die Polung des Motors so markieren, dass ihr Boot später vorwärts fährt.
- **Segment 4 – Einführung der Parallelschaltung (ca. 15 Min.):** Die leitende Person stellt eine Problemsituation dar, indem sie beim einfachen Stromkreis die Solarzelle abdeckt, wodurch der Stromkreis unterbrochen ist und sich der Motor nicht mehr dreht. In Partnerarbeit erarbeiten die Schüler/innen als Problemlösung die Parallelschaltung. Im Plenum wird diese am Smartboard mit Hilfe von Schaltzeichen dargestellt und als Parallelschaltung benannt.
- **Segment 5 – Wettrennen zweier Solarboote (ca. 25 Min.):** Im Plenum werden zwei Solarboote präsentiert, von denen eines schneller fährt als das andere, sich aber nicht weiterbewegt, wenn man eine Solarzelle abdeckt. Die Schüler/innen identifizieren das langsamere Boot als Parallelschaltung und bauen sie nach. Im Plenum wird diese Schaltung mit Schaltzeichen am Smartboard aufgezeichnet und als Reihenschaltung benannt.
- **Segment 6 – Wettrennen zweier Solarautos (ca. 20 Min.):** Zwei Solarautos werden durch die leitende Person präsentiert (eine Reihen- und eine Parallelschaltung). Die Schüler/innen fahren jeweils zu zweit ein Rennen gegeneinander, bevor im Plenum diskutiert wird, in welchem Fahrzeug welche Schaltung verbaut ist und welche Vor- oder Nachteile diese haben.
- **Segment 7 – Entscheidung für eine Schaltung (ca. 20 Min.):** Den Schüler/innen wird die Wahl gelassen, welche der beiden Schaltungen sie für ihr eigenes Boot konstruieren möchten. Ihre Entscheidung halten die Schüler/innen in Einzelarbeit auf einem Lötplan fest.
- **Segment 8 – Verlötung und Montage des Solarbootes (70 Min.):** Die leitende Person zeigt den Schüler/innen im Plenum die einzelnen Schritte, bevor diese in Partnerarbeit ihre eigenen Schaltungen verlöten. Die Schüler/innen erhalten einen Bootsrumpf, um das Solarboot fertig zu montieren. Die Schüler/innen können die fertigen Boote im Wassertisch fahren lassen.

5.1.3 Segmente des Angebots „Marsmission“ des DLR_School_Lab

Das Angebot ist für Schüler/innen der 5.-6. Klasse entwickelt und erstreckt sich über rund vier Zeitstunden. Es besteht aus fünf Segmenten.

- **Segment 1 – Führung durch die DLR-Forschungslabore (ca. 60 Min.):** Bei der Führung erhalten die Schüler/innen einen Einblick in die Forschungs- und Entwicklungsprojekte des DLR sowie in die Grundlagen der Planetenkunde und der Satellitenraumfahrt. Der Leiter der Führung zeigt den Schüler/innen Satellitenmodelle und Lander und liefert Informationen über deren Forschungsaufgaben im Weltall. Es wird von Missionen berichtet, die fehlgeschlagen sind, und von den Schwierigkeiten der

Weltraummissionen. Die Konstruktion der Flugobjekte wird thematisiert sowie welche Informationen durch Missionen gewonnen werden. Begriffe wie Planeten, Asteroiden, Kometen und Monde werden erläutert. Die Schüler/innen werden durch Fragen einbezogen.

- **Segment 2 - Station „Antriebstechnik“ im Schülerlabor (ca. 35 Min.):** Mit Hilfe von Plastikflaschen und Bastelmaterial konstruieren die Schüler/innen eine Wasser-Luft-Rakete. Im fragend-entwickelnden Gespräch wird das Rückstoßprinzip mit Hilfe eines durch die Luft fliegenden Luftballons diskutiert. Die Rolle der Raketenspitze und der seitlichen Flügel wird thematisiert. Wie die Schüler/innen den Raketenbau technisch umsetzen, ist ihnen überlassen.
- **Segment 3 – Station „Vakuum“ im Schülerlabor (ca. 35 Min.):** Nachdem die leitende Person den Weltraum als Vakuum dargestellt hat, wird das Verhalten verschiedener Objekte in einer Vakuumglocke (Abbildung 5.5) im Plenum untersucht (Luftballon, Schokokuss, Wecker, hohles Plastiktier). Die Schüler/innen stellen Hypothesen auf, was mit den Objekten passiert, wenn die Luft aus der Glocke abgesaugt wird, und begründen ihre Hypothesen. Die leitende Person ergänzt die Begründungen und geht dabei auf physikalische Konzepte wie das Teilchenmodell, den Luftdruck und Schallwellen ein. Im fragend-entwickelnden Gespräch werden Vorerfahrungen über Alltagsphänomene erfragt. Magdeburger Halbkugeln werden als Realexperiment unter Beteiligung der Schüler/innen eingesetzt.
- **Segment 4 – Station „Landena-vigation“ im Schülerlabor (ca. 35 Min.):** Die Schüler/innen planen einen Marslander, der ein rohes Ei bei der Landung heil lassen soll (Abbildung 5.6). Sie konstruieren in der Gruppe zu viert den Lander, wobei der Leiter Hinweise gibt und Entscheidungen der Gruppe kritisch hinterfragt. Das Konstruktionsergebnis wird getestet, indem es aus sechs Meter Höhe fallengelassen wird. Die Konstruktion wird reflektiert, abhängig davon, ob das Ei heilgeblieben ist.



Abbildung 5.5 Die Vakuumglocke



Abbildung 5.6 Eine Landekonstruktion der Schüler/innen

- **Segment 5 – Gemeinsamer Raketenstart (ca. 40 Min.):** Die gebauten Wasserraketen werden im Freien im Plenum gestartet (Abbildung 5.7). Mit Hilfe einer Startrampe werden die Raketen senkrecht in die Luft geschossen.



Abbildung 5.7 Der Raketenstart

5.2 Datensammlung, -aufbereitung und -bewertung

5.2.1 Stichprobe

Die Studie fand im Zeitraum vom Februar 2017 bis zum Dezember 2017 statt. Die Stichprobe der Schüler/innen, die an der Studie teilgenommen haben, ist folgendermaßen charakterisiert:

Schulform: Es wurden Schüler/innen der 5. und 6. Klasse begleitet. Auf die Auswahl der Klassen konnte dabei im ersten Zyklus kein Einfluss genommen werden, da die Schülerlabore meist lange im Voraus ausgebucht waren. So kamen die Schulklassen aus Schulen unterschiedlicher Schulformen. Während im DLR_School_Lab eine Oberschule an der Studie teilnahm, waren es im ZNT ein Gymnasium und im Lernort Technik und Natur eine Integrierte Gesamtschule. Diese Vielfalt spiegelt das Spektrum der Besuchenden von Schülerlaboren wider und stellt somit ein authentisches Bild dar, weil die Angebote meist an alle Schulformen gerichtet sind. Außerdem ist es an allen drei Schülerlaboren gelungen, im zweiten Zyklus jeweils die gleichen Schulen je Lernort wie im ersten Zyklus für eine erneute Teilnahme an der Studie zu gewinnen, sodass die Schulformen vom ersten zum zweiten Zyklus pro Lernort gleichgeblieben sind, wodurch sich die Vergleichbarkeit erhöhte.

Schüler/innen: An jedem Lernort wurden sowohl Jungen als auch Mädchen begleitet, sodass das Zahlenverhältnis ausgewogen war. Die Auswahl der Schüler/innen, die an den Vormittagen begleitet wurden, hat dabei ohne Vorkenntnisse über deren Vorwissen, Interessen, Leistungsvermögen etc. stattgefunden. Es waren also Zufallsgruppen aus den Schulklassen.

Anzahl der Schulklassen: An jedem der drei Lernorte haben über die zwei Zyklen hinweg jeweils fünf Schulklassen (Klassenstufe 5 oder 6) teilgenommen, also insgesamt 15 Schulklassen. Somit ergibt sich eine Gesamtstichprobengröße von insgesamt $n = 450$ Schüler/innen. Im ersten Zyklus haben pro Lernort drei und im zweiten Zyklus je zwei Klassen teilgenommen.

5.2.2 Datenumfang und -aufbereitung

Es wurden zwei DBR-Zyklen durchgeführt, also insgesamt 15 zwei- bis vierköpfige Schülergruppen engmaschig während des Schülerlaborbesuches begleitet und anschließend

interviewt (neun Schülergruppen im ersten und sechs Schülergruppen im zweiten Zyklus). Insgesamt liegen 1800 Seiten Audio-Transkript (Begleitung/Interview) sowie 15 ausgefüllte mehrseitige Beobachtungsraster vor. Zusätzlich liegen von allen Schulklassen Fragebögen vor, die die Schüler/innen vor und nach dem Besuch in der Schule ausgefüllt haben. Hierfür ist die Autorin mehrere Tage vor bzw. nach dem Laborbesuch in die Schulen gefahren und hat dort die Fragebögen ausfüllen lassen. Somit existieren insgesamt 450 Pre- und 450 Postfragebögen. Tabelle 5.1 zeigt den Umfang des Datenmaterials. Die Daten wurden alle nach dem vereinfachten Transkriptionssystem nach Dresing und Pehl (2015) transkribiert, bei der wörtlich transkribiert wird, jedoch lautsprachliche Wortverschleifungen sowie Wort- und Satzbrüche geglättet werden. Da anhand der Äußerungen der Schüler/innen kognitive und motivationale Prozesse rekonstruiert werden sollen, ist die wortgenaue Transkription hier dringend notwendig.

Tabelle 5.1 Informationen zum Datenmaterial			
DBR-Zyklus	Prozess der Datensammlung	Datenmaterial	Datenaufbereitung
1	Teilnehmende Beobachtung: 3x wurden Gruppen über einen Vormittag im Lernort begleitet	ZNT → ca. 12 Stunden Audiomaterial → 3 ausgefüllte Beobachtungsraster DLR → ca. 12 Stunden Audiomaterial → 3 ausgefüllte Beobachtungsraster Lernort Technik und Natur → ca. 12 Stunden Audiomaterial → 3 ausgefüllte Beobachtungsraster	Wörtliche Transkripte → 1169 Seiten Transkripte
	Pre- und Post-Fragebögen: 3 Schulbesuche vor- und nach dem Laborbesuch	ZNT 42 Pre- und 44 Post-Fragebögen DLR 58 Pre- und 57 Post-Fragebögen Lernort Technik und Natur 79 Pre- und 79 Post-Fragebögen	Digitalisierte Fragebögen → 162 vollständige Fragebogensätze
2	Teilnehmende Beobachtung: 2x wurden Gruppen über einen Vormittag im Lernort begleitet	ZNT → ca. 8 Stunden Audiomaterial → 2 ausgefüllte Beobachtungsraster DLR → ca. 8 Stunden Audiomaterial → 2 ausgefüllte Beobachtungsraster Lernort Technik und Natur → ca. 8 Stunden Audiomaterial → 2 ausgefüllte Beobachtungsraster	Wörtliche Transkripte → 1021 Seite Transkripte
	Pre- und Post-Fragebögen: 3 Schulbesuche vor- und nach dem Laborbesuch	ZNT 56 Pre- und 54 Post-Fragebögen DLR 46 Pre- und 44 Post-Fragebögen Lernort Technik und Natur 61 Pre- und 53 Post-Fragebögen	Digitalisierte Fragebögen → 151 vollständige Fragebogensätze

5.2.3 Studiengüte

Um die Studiengüte zu gewährleisten wurden die Ergebnisse der SWOT-Analysen im Sinne der externen Studiengüte nach Kuckartz (2018) mit verschiedenen Experten diskutiert („peer debriefing“). Dabei wurden Analyse-Ergebnisse zum einen auf Fachtagungen und auch im Austausch mit einzelnen nationalen und internationalen VertreterInnen der Bildungswissenschaften, der Naturwissenschaftsdidaktik sowie des außerschulischen Lernens präsentiert und diskutiert. Außerdem wurden die Ergebnisse auf regelmäßigen Workshops des Promotionsprogramms GINT besprochen und kritisch hinterfragt. Zusätzlich wurde bei der empirischen Überprüfung der SWOT-Analyse eine Inter-coder-Reliabilitätsprüfung mit einem weiteren Coder durchgeführt. Diese wird für die qualitative Forschung als Qualitätskriterium beschrieben. Nach Kuckartz (2016) geht es dabei eher um eine *Übereinstimmung* von Codierungen als um eine *Reliabilität*, die die Wiederholbarkeit einer Studie meint. In der vorliegenden Studie haben zwei Codierer ein bestehendes Kategoriensystem auf das empirische Datenmaterial angewendet, um ihre Codier-Übereinstimmung zu prüfen. In dieser Studie stellen die hypothetisch erwarteten kognitiven und motivationalen Prozesse der SWOT-Analysen mit der jeweiligen Unterkategorie „bestätigend“ oder „widerlegend“ ein deduktives Kategoriensystem dar. Dadurch entsteht für die unterschiedlichen Segmente jeweils ein anderes Kategoriensystem, welches sich jedoch immer auf das in Kapitel 4 beschriebene Analyseinstrument als eine Art „Basiskategorien“ bezieht (Dieses Verfahren wird in Abschnitt 5.2 genauer dargestellt.). Durch die Komplexität des Materials sowie das qualitative Codieren ist „die Berechnung von Kappa wenig sinnvoll, weil hier einfach das Modell, das Kappa zu Grunde liegt, nicht stimmt.“ (ebd., S. 217) Um trotzdem einen Übereinstimmungskoeffizienten berechnen zu können und die Übereinstimmung zu prüfen wurde sich in Anlehnung an Kuckartz (2016) dafür entschieden, Kodiereinheiten vorzugeben, sodass zwei Codierer eine Zuordnung der vorgegebenen Abschnitte zu den Kategorien durchführten. Insgesamt wurden in diesem Sinne etwa 10 % der Daten auch von einem zweiten Rater codiert und die Inter-Rater-Reliabilität, bzw. die Übereinstimmung, mit Hilfe des Koeffizient Kappa κ nach Cohen in der Ausführung von Landis und Koch (1977) bewertet (vgl. Tabelle 5.2). Hier ergeben sich Übereinstimmungskoeffizienten von $\kappa=0,76$ bis $\kappa=0,93$. Nach Döring und Bortz (2016) wird ein Wert über $\kappa=0,75$ als sehr gut bezeichnet. Dies zeigt, dass mit Hilfe des Analyseinstrumentes kognitive und motivationale Prozesse reliabel rekonstruiert werden können im Sinne von übereinstimmend bezogen auf ein vorgegebenes Kategoriensystem und anhand empirischer Daten.

Tabelle 5.2 Cohens Kappa κ der verschiedenen Analysedimensionen			
Segment	Analysedimension	Cohens Kappa	Übereinstimmung nach Döring & Bortz
WHV Segment 3 Variante 1	Autonomie	0,76	Sehr gut
	Kontext	0,93	Sehr gut
	Problemlösen	0,90	Sehr gut
WHV Segment 3 Variante 2	Autonomie	0,77	Sehr gut
	Kontext	0,75	Sehr gut
	Problemlösen	0,88	Sehr gut

5.3 Exemplarische Analyse des Segments „Elektrische Schaltungen am Steckboard“ (Lernort Technik und Natur)

Im Folgenden werden die SWOT-Analyse und die anschließende empirische Überprüfung von Stärken und Schwächen der didaktischen Strukturierung sowie daraus abgeleitete Änderungsideen beispielhaft am *Segment 3 – Elektrische Schaltungen am Steckboard (Lernort Technik und Natur)* dargestellt. Die Schüler/innen haben sich in Segment 1 und 2 mit regenerativen und fossilen Energien beschäftigt und die Solarfahrzeuge „Rudi“ (Reihenschaltung) und „Paul“ (Parallelschaltung) kennengelernt. Nachdem sie herausgefunden haben, dass *Rudi* schneller fährt als *Paul*, sollen die zwei Schaltungen an einem Steckbrett mit elektrischen Bauteilen untersucht werden.

5.3.1 Aufgabenstellungen im Segment 3:

Das in 5.1 skizzierte Segment 3 wird in der Tabelle 5.3 differenzierter dargestellt. Beobachtbare Handlungen, eingesetzte Mittel, verwendete Methoden und umgesetzte Sozialformen sowie vor allem die konkreten Aufgabenstellungen werden aufgeführt. Grundlage sind eine Dokumentenanalyse der verwendeten Materialien (z. B. Arbeitsblätter) und der Beobachtungsraster und sonstiger Feldnotizen. Insbesondere die wörtlichen Aufgabenstellungen (aus den Transkripten oder dem schriftlichen Material) bilden die Basis für die nachfolgende fachdidaktische SWOT-Analyse.

Tabelle 5.3 Handlungen und Aufgabenstellungen im Segment 3	
Handlungen/Mittel/Sozialform	Aufgabenstellungen
Die Schüler/innen nutzen das Arbeitsheft im Plenum, um einen einfachen Stromkreis mit Hilfe von Schaltzeichen aufzuzeichnen.	<ul style="list-style-type: none"> • „Dann müssen wir das ja mal untersuchen, denn wenn die anderen Teile identisch sind, nur die Kabel unterschiedlich sind, muss das ja der Grund für die unterschiedliche Geschwindigkeit sein. Das wollen wir untersuchen. Habt ihr schon einmal im Physik- oder Technikunterricht euch mit Schaltplänen befasst?“ • „Und ihr sollt jetzt einmal, bei euch ist es ja auf der gleichen Seite, diese Schaltung ergänzen. Wir haben hier eine Solarzelle, die einen Pluspol und einen Minuspol hat, und das gleiche hat auch der Motor, einen Pluspol und einen Minuspol (unv.) sollt ihr miteinander verbinden und zwar so, dass der Motor rechtsherum dreht. Und anschließend sollt ihr das gleiche hier noch einmal zeichnen, mit diesen Schaltzeichen. Probiert es einmal.“
Die Schüler/innen arbeiten in Teams mit Hilfe der Lernhefte an den Experimentierboards. Die Schüler bauen zunächst einen einfachen Stromkreis mit Hilfe eines Schaltplanes im	<ul style="list-style-type: none"> • „Hier gibt es Kabel, mit denen man die Bauteile verbinden kann und da sind die Experimente, ihr sollt also zunächst einmal diese Schaltung aufbauen, das, was wir gerade gezeichnet haben. Vom Pluspol des Motors geht ein Kabel zum Pluspol der Solarzelle, vom Minuspol der Solarzelle geht es zurück zum Motor.“ • „Ihr verkabelt sie da nur. Und dann schreibt ihr eure Beobachtungen auf. Wir haben ja hier mehrere Aufgaben.“

<p>Arbeitsheft am Experimentierboard auf und untersuchen die Effekte der Polung. Anschließend bauen sie eine Reihen- und eine Parallelschaltung nach und bearbeiten die Lückentexte.</p>	<p>Fünf Stück bei diesem Experiment und es gibt noch ein zweites Experiment auf der nächsten Seite. Die führt ihr bitte in Partnerarbeit durch.“</p> <p><i>Formulierungen im Lernheft:</i></p> <p>Handlungsanweisungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • z. B. „Schließe dann die zweite Solarzelle so an, wie es der Schaltplan zeigt!“ • „Decke nun eine der beiden Zellen mit einem Papier ab.“ • „Beobachte erneut die Motordrehung!“ • „Decke nun eine der beiden Zellen mit einem Papier ab.“ • „Schließe dann die zweite Solarzelle so an, wie es der Schaltplan zeigt. (Alle Pluspole und alle Minuspole sind miteinander verbunden.) Beobachte erneut die Motordrehung!“ • „Sieh dir die Anordnung der Solarzellen in der Schaltung an! Wie könnte die Schaltung heißen?“ <p>Lückentext vervollständigen wie z. B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • „Der Motor ...“ • bzw. „Wird der Motor umgepolt, dann...“ • „Deckt man eine der Solarzellen ab, dann ...“.
<p>Die Ergebnisse werden im Plenum unter Anleitung der betreuenden Person zusammengetragen und der Zusammenhang zwischen den Experimenten und den Solarautos besprochen. „Rudi“ wird als Reihen- und „Paul“ als Parallelschaltung identifiziert. Es wird im Plenum vorgegeben, dass das Boot möglichst schnell sein soll, sodass die Reihenschaltung gewählt wird.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • „Jetzt wollen wir mal gucken, was das für Konsequenzen für unser Solarboot hat, was ihr da herausgefunden habt. (...) Ihr solltet ja zunächst einmal den Motor an eine Solarzelle anschließen. Das war ja im Grunde die Schaltung, die wir davor schon mal gezeichnet hatten. Was habt ihr da beobachtet? [...] Wenn wir das auf unser Solarboot beziehen, hieße das also wenn ich eine Solarzelle an den Motor anschließe, was macht das Boot dann?“ • „So wenn ich also ein möglichst schnell fahrendes Solarboot haben möchte, welche Schaltung nehme ich dann?“ • „Ich hatte euch vorhin diese beiden Fahrzeuge gezeigt. Da hattet ihr gesagt, die heißen Rudi und Paul. Weißt du warum?“

5.3.2 Analysedimension Kontextorientierung

Schritt 1: Fachdidaktische SWOT-Analyse hinsichtlich der Kontextorientierung

Zur SWOT-Analyse der fachdidaktischen Angebotsstruktur werden die empirischen Daten (Audioaufnahmen der teilnehmenden Beobachtung, Feldnotizen) sowie die von den Lernorten verwendeten Arbeitsmaterialien herangezogen. Die Analysefragen aus Kapitel 4

befinden sich in der linken Spalte der Tabelle 5.4. Die Ausprägung des Segments hinsichtlich der Analysefrage befindet sich in der rechten Spalte.

Tabelle 5.4 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich Kontextorientierung	
Analysefrage	Ausprägung des Segments bezüglich Analysefrage
Gewählter Kontext Inwieweit werden im Angebot technische, anwendungsbezogene, alltagsweltlich gesellschaftliche oder wissenschaftliche Fragestellung angesprochen?	In diesem Segment werden zwei Kontextebenen herangezogen. Zum einen wird der Kontext des vorherigen Segments des Autorennens mit Rudi und Paul fortgeführt. Außerdem wird der übergeordnete Kontext des Solarbootes am Ende aufgegriffen. Es wird teilweise aber auch von diesen Kontexten abstrahiert, indem dekontextualisiert am Steckbrett Erkenntnisse für die beiden Kontexte gesammelt werden. Gleichzeitig stellen die Steckbretter mit den elektrischen Bauteilen aber auch eine reale Situation dar, also einen Kontext, für die noch stärker abstrahierten Schaltzeichen.
Interdisziplinarität Inwieweit werden Disziplinengrenzen überschritten sowie multiple Perspektiven aufgegriffen und aufeinander bezogen?	Es gibt technische und physikalische Perspektiven, allerdings besteht kein expliziter Bezug zu anderen Perspektiven.
Strukturierung Inwieweit werden fachliche Inhalte mit Hilfe von Kontexten verdeutlicht (fachsystematisch-kontextorientiert) bzw. inwiefern bilden Kontexte die Ausgangspunkte der Strukturierung des Angebots (kontextstrukturiert)?	In diesem Segment wird mehrmals zwischen den realen Kontexten und einer modellhaften Darstellung hin- und hergewechselt. <ul style="list-style-type: none"> • So wird der Kontext des Autorennens zunächst durch die Aufgabenstellungen fortgeführt, dann aber durch das Steckbrett und die im Lernheft formulierten Aufgaben davon abstrahiert und in eine dekontextualisiertere Darstellung gewechselt, indem die Charakteristika der zwei prototypisch aufgebauten Schaltungen (Rudi (Reihenschaltung) und Paul (Parallelschaltung)) aus dem vorherigen Segment herausgearbeitet werden. • Am Ende des Segments wird als Verdeutlichung der Auswirkungen der zwei unterschiedlichen elektrischen Schaltungen der übergeordnete Kontext des Solarbootes herangezogen, indem die Frage beantwortet wird, was die Erkenntnisse über die Schaltungen für das Solarboot bedeuten. • An einem der begleiteten Angebotstage werden die Erkenntnisse zusätzlich noch auf den Kontext der Solarautos bezogen, indem die Namengebung Rudi (R=Reihenschaltung) und Paul (P=Parallelschaltung) anhand der generierten Erkenntnisse plausibel gemacht wird.

Im Folgenden (Tabelle 5.6) werden die Aufgabenformulierungen und die eingesetzten Mittel dahingehend beurteilt, welche kognitiven und motivationalen Prozesse sie potenziell anregen. Bei einer solchen Angebotsanalyse können natürlich keine Aussagen über ablaufende Prozesse bei den Schüler/innen getroffen werden. Es geht vielmehr darum, zu analysieren, zu welchen Prozessen die Schüler/innen durch die didaktische Strukturierung angeregt werden könnten, also welche Prozesse das Angebot potenziell unterstützt. Wenn in den folgenden Tabellen davon gesprochen wird, dass die didaktische Strukturierung bestimmte Prozesse anregt oder unterstützt, werden demnach nur Aussagen über potenzielle, nicht über ablaufende Prozesse getroffen. Diese Prozesse werden codiert, um sie mit den Codes der empirischen Analyse (Schritt 2) in Beziehung setzen zu können. Die Codes folgen der in Tabelle 5.5 dargestellten Logik:

Tabelle 5.5 Codes für kognitive und motivationale Prozesse					
W	3	v	K	K	1
<i>Kürzel für den Lernort:</i> (W) Wilhelms-haven, (Z) ZNT, (D) DLR	<i>Nummer des Segments:</i> 3. Segment	<i>Durchgang:</i> vor (v) oder nach (n) der Veränderung	<i>Analysedimension:</i> Kontext- (K), Problem- (P), Autonomieorientierung(A)	<i>Prozess:</i> Kognitiver (K) oder motivationaler (M) Prozess	<i>Nummerierung:</i> 1, 2, etc.

Tabelle 5.6 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich Kontextorientierung		
Aufgabenformulierungen und eingesetzte Mittel	Kognitive Anregung	Motivationale Anregung
<p>Mittel: Steckbrett mit elektrischen Bauteilen sowie ein Lernheft mit Aufgabenstellungen zum Ausfüllen</p> <p>„Dann müssen wir das ja mal untersuchen, denn wenn die anderen Teile [bei den beiden Autos] identisch sind, nur die Kabel unterschiedlich sind, muss das ja der Grund für die unterschiedliche Geschwindigkeit sein. Das wollen wir untersuchen“</p> <p>„Ihr verkabelt sie da nur. Und dann schreibt ihr eure Beobachtungen auf. Wir haben ja hier mehrere Aufgaben. Fünf Stück bei diesem Experiment und es gibt noch ein zweites Experiment auf der nächsten Seite. Die führt ihr</p>	<p>W3vKK1: Nachdem sich durch den Kontext des Autorennens des vorherigen Segments die verschiedenen elektrischen Schaltungen als Ursache für verschiedene Schnelligkeiten gezeigt haben, könnten die Schüler/innen durch die Aufgabe, die zwei unterschiedlichen Schaltungen genauer zu untersuchen, angeregt werden, vom Kontext des Autorennens zu <i>abstrahieren</i> und die Charakteristika der Schaltungen am Steckboard dekontextualisiert zu betrachten.</p>	<p>W3vKM1: Die <i>Relevanzwahrnehmung</i> der Schüler/innen, sich die elektrischen Schaltungen genauer anzuschauen, wird potenziell durch den Bezug zum Kontext des Autorennens und die verschiedenen Verhaltensweisen der Fahrzeuge im vorherigen Segment unterstützt.</p>

<p>bitte in Partnerarbeit durch.“</p> <p>Beispielaufgabe aus dem Lernheft: „Schließe dann die zweite Solarzelle so an, wie es der Schaltplan zeigt. (Alle Pluspole und alle Minuspole sind miteinander verbunden.) Beobachte erneut die Motordrehung!“</p>		
<p>Mittel: Lernheft mit eigenen Notizen</p> <p>„Jetzt wollen wir mal gucken, was das für Konsequenzen für unser Solarboot hat, was ihr da herausgefunden habt. (...) Ihr solltet ja zunächst einmal den Motor an eine Solarzelle anschließen. Das war ja im Grunde die Schaltung, die wir davor schon mal gezeichnet hatten. Was habt ihr da beobachtet?</p> <p>[...]</p> <p>Wenn wir das auf unser Solarboot beziehen, hieße das also, wenn ich eine Solarzelle an den Motor anschließe, was macht das Boot dann?“</p> <p>„So wenn ich also ein möglichst schnell fahrendes Solarboot haben möchte, welche Schaltung nehme ich dann?“</p>	<p>W3vKK2: Am Ende des Segments unterstützen die gezielten Fragen der leitenden Person in einer Plenumssituation, dass die Schüler/innen einen <i>Zusammenhang zwischen den Experimenten und der Aufgabenstellung des gesamten Tages</i>, ein Solarboot zu konstruieren, <i>herstellen</i>.</p>	<p>W3vKM2: Am Schluss des Segments wird der Bezug zum Solarboot explizit hergestellt und somit unterstützt, dass die Schüler/innen <i>wahrnehmen</i> können, welche <i>Relevanz</i> die Erkenntnisse für die Konstruktion des Solarbootes haben.</p>
<p>Mittel: Solarfahrzeuge</p> <p>Nur in einer der drei begleiteten Gruppen wird diese Frage durch die leitende Person gestellt:</p> <p>„Ich hatte euch vorhin diese beiden Fahrzeuge gezeigt. Da hattet ihr gesagt, die heißen Rudi und Paul. Weißt du warum, D...?“</p>	<p>W3vKK3: Teilweise unterstützt die didaktische Strukturierung also explizit, einen <i>Zusammenhang zu der vorherigen Tätigkeit</i> des Autorenens <i>herzustellen</i>. Hier können die Schüler/innen <i>wahrnehmen</i>, dass die ersten Buchstaben der Namen jeweils den ersten Buchstaben der zwei Schaltungen</p>	

	entsprechen und somit <i>erkennen</i> , dass Rudi eine Reihenschaltung und Paul eine Parallelschaltung verbaut hat.	
--	---	--

Stärken und Schwächen der didaktischen Strukturierung des Segments 3 hinsichtlich der Dimension Kontextorientierung

Auch die Stärken und Schwächen werden mit Hilfe des in Tabelle 5.7 dargestellten Verfahrens codiert:

Tabelle 5.7 Codes für Stärken und Schwächen					
W	3	v	K	Sch	1
<i>Kürzel für den Lernort:</i> (W) Wilhelms- haven, (Z) ZNT, (D) DLR_School_Lab	<i>Nummer des Segments:</i> 3. Segment	<i>Durchgang:</i> vor (v) oder nach (n) der Veränderung	<i>Analysedimen- sion:</i> Kontext- (K), Problem- (P), Autonomieori- entierung(A)	<i>Stärke oder- Schwäche:</i> Schwäche (Sch) oder Stärke (St)	<i>Nummerie- rung:</i> 1, 2, etc.

Schwäche: Geringe Unterstützung beim Wechsel zwischen Kontext und dekontextualisiertem Modell (W3vK-Sch1)

Im Segment wird mehrfach zwischen Kontextebenen und modellhaften, dekontextualisierten Darstellungen gewechselt, ohne dies explizit gegenüber den Schüler/innen zu thematisieren. So wird der Kontext des Autorennens in Segment 2 durch die Aufgabenstellungen in Segment 3 weitergeführt, dann aber am Steckbrett ohne explizite Ankündigung in eine dekontextualisierte modellhafte Darstellung gewechselt. Eine Kontextebene sind die Solarautos im Autorennen, für die das Steckbrett eine modellhafte Darstellung ist, die vom Konkreten des Autorennens absieht. Innerhalb der Aufgabenstellung am Steckbrett wird noch weiter dekontextualisiert, indem auf Schaltskizzen und Schaltzeichen reduziert wird. Am Ende des Segments wird wieder auf den Kontext des Solarbootes aus Segment 1 verwiesen.

Dieser mehrfache Wechsel ist deswegen problematisch, weil die Schüler/innen durch das Angebot beim Arbeiten an den Steckbrettern nicht darin unterstützt werden, Zusammenhänge mit den Kontexten Autorennen oder Solarboot herzustellen. Bei Schüler/innen der 5./6. Klasse ist es wahrscheinlich, dass diese eine solche Abstraktion nicht mitgehen können. Somit dürfte die Relevanzwahrnehmung ihrer Handlungen am Steckbrett hinsichtlich der Konstruktion eines Bootes eingeschränkt sein. Aufgrund dieser Schwäche sind folgende kognitive und motivationale Prozesse zu erwarten:

Aufgrund der Schwäche erwartete kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen:

- **W3vKM3:** Die Aufgabenstellungen im Lernheftes zu den Steckbrettern abstrahieren vom Kontext Solarboot, sodass die Schüler/innen Schwierigkeiten haben könnten, die *Relevanz* der Steckbrett-Experimente für das Solarboot *wahrzunehmen*.

- **W3vKK4:** Da die Aufgaben im Lernheft vom Kontext abstrahieren und erst am Ende des Segments der Zusammenhang explizit erfragt wird, könnten die Schüler/innen im Verlauf der Experimentierphase Probleme haben, einen *Zusammenhang* zwischen den Experimenten am Steckbrett und dem Solarboot bzw. dem Autorennen *herzustellen*.
- **W3vKK2:** Die Schüler/innen könnten dadurch, dass der Zusammenhang zwischen den Experimenten und dem Solarboot erst spät aufgegriffen wird, Schwierigkeiten haben, in der Plenumsphase den *Zusammenhang* zwischen den Beobachtungen, den Erkenntnissen am Steckbrett und dem Kontext Solarboot *herzustellen*.
- **W3vKK3:** Ebenso könnten die Schüler/innen Schwierigkeiten haben, einen *Zusammenhang* zwischen den Beobachtungen, den Erkenntnissen am Steckbrett und dem Kontext Autorennen *herzustellen*.

Erkennbares Risiko:

Durch diese Schwäche besteht das Risiko, dass die Schüler/innen die Dekontextualisierung nicht mitgehen, dadurch kognitiv überfordert sind und nicht erkennen, welche Rolle die Experimente am Steckbrett für das Solarboot spielen und keinen Nutzen aus Segment 3 ziehen.

Schritt 2: Empirische Validierung der Ergebnisse der SWOT-Analyse in der Dimension Kontextorientierung

Die mit Hilfe der SWOT-Analyse erkannten Schwächen der didaktischen Strukturierung werden anhand der empirischen Daten validiert. Dafür werden die erwarteten kognitiven und motivationalen Prozesse der Schüler/innen als Kategorien herangezogen, um in den Transkripten nach bestätigenden und widerlegenden Belegen zu suchen. Als Datengrundlage dienen die Transkripte der teilnehmenden Beobachtung und der Nachinterviews sowie die Fragebögen. Gegenübergestellt sind in der Tabelle 5.9 Transkriptausschnitte und die obigen herausgearbeiteten erwarteten kognitiven und motivationalen Prozesse. Diese sind bezogen auf die Transkriptpassagen ausgeführt, sodass kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen detailliert modelliert werden.

Hinweis: Die Transkriptausschnitte stammen aus verschiedenen Tagen der Begleitung. Dies wird nach der in Tabelle 5.8 dargestellten Logik gekennzeichnet:

Tabelle 5.8 Codebeschreibung für Transkripte		
WHV	1	a
<i>Lernort:</i> Lernort Technik und Natur (WHV) ZNT (ZNT) DLR_School_Lab (DLR)	<i>DBR-Zyklus:</i> Unverändertes Angebot (1) Verändertes Angebot (2)	<i>Schülergruppe:</i> Erste Begleitung (a) Zweite Begleitung (b) Dritte Begleitung (c)

In den jeweiligen Transkripten werden die begleiteten Schüler/innen mit S1 bis S4 durchnummeriert. Alle anderen Schüler/innen in Plenumsituationen werden nur mit „S“ abgekürzt. Der Leitende wird mit „L“ abgekürzt und die Interviewerin mit „I“. Alle konkret genannten Namen der Schüler/innen sind Alias-Namen, um die Anonymität der Schüler/innen zu wahren. Kognitive und motivationale Prozesse sind kursiv gesetzt.

Tabelle 5.9 Empirische Validierung hinsichtlich der Schwäche „ <i>Geringe Unterstützung beim Wechsel zwischen Kontext und dekontextualisiertem Modell</i> “ (W3vK-Sch1)	
Transkriptausschnitt	Codierung und daraus rekonstruierte kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen
Keine Transkriptpassagen vorhanden	<p>W3vKK4 (bestätigend): Zu keiner Zeit des Experimentierens <i>formulieren</i> die Schüler/innen in irgendeiner Form einen <i>Zusammenhang</i> zwischen ihren aktuellen Tätigkeiten, der Aufgabenstellung und dem Kontext des Solarbootes. Auch den <i>Zusammenhang</i> zum vorherigen Segment (Kontext Autorennen) <i>stellen</i> die Schüler/innen während der gesamten Experimentierphase von sich aus nicht explizit <i>her</i>. So sprechen sie nicht ein einziges Mal über Rudi und Paul oder generell über die Schaltungen der Autos.</p> <p>W3vKM3 (bestätigend): Prozesse der Relevanzwahrnehmung werden nicht <i>verbalisiert</i> (die Relevanz der Experimente für den Kontext des Solarboots wird nicht wahrgenommen).</p>
<p>WHV1c (604) I: Und wozu macht ihr das jetzt? Also was hat das jetzt mit dem Solarboot zu tun? (605) S2: Weil dann Solarenergie also wir das nutzen und die sich dann am Motor so von der Solarzelle... keine Ahnung. (606) S1: Also ich weiß es. Ich mein aber ich kann's nicht beschreiben.</p> <p>WHV1b (829) I: Und was schließt ihr denn jetzt aus dem Experiment für euer Solarboot? (830) S1: Dass man... (831) S2: Dass man ... [...] (832) S2: Dass wir das überhaupt machen können.</p> <p>WHV1c (741) I: Ja. Und warum machen wir jetzt überhaupt diese Experimente?</p>	<p>W3vKK4 (bestätigend): Die Schüler/innen können auch auf explizite Nachfrage, wie die Experimente mit dem Solarboot zusammenhängen bzw. was sie aus den Experimenten für das Solarboot schließen, beim Experimentieren <i>keinen</i> konkreten <i>Zusammenhang zum Solarboot herstellen</i>. So antworten die Schüler/innen zum Beispiel mit „keine Ahnung.“ (WHV1c-605 & 742) oder unkonkreten Formulierungen wie „Dass wir das überhaupt machen können.“ (WHV1b-832).</p> <p>W3vKM3 (bestätigend): Daraus lässt sich auch schließen, dass sie die <i>Relevanz</i> der Experimente für das Solarboot hier <i>nicht wahrnehmen</i>.</p>

<p>(742) S2: Keine Ahnung. (743) I: Mhm (bejahend). Ok. (744) S2: Dass muss ich erstmal noch wissen, wenn wir das zu Ende haben oder nicht zu Ende, sondern eher weiter sind.</p> <p>Weitere Stellen: WHV1c(745-750)</p>	
<p>WHV1b(376-384) (376) I: Was würdet ihr sagen, wozu macht ihr jetzt diese Experimente? (377) S1: Jasmin. (378) S2: Damit wir halt darüber lernen, wie das funktioniert, wie... (379) S1: Damit wir das Boot bauen können. (380) S2: Ja. (380) I: Mh. (382) S2: Damit wir wissen, wie wir das Boot auch verkabeln können und müssen. (383) I: Mh. (384) S1: Damit wir nicht irgendwie die ganze Zeit falsch verkabeln.</p> <p>Weitere Stellen: WHV1a(305-309)</p>	<p>W3vKK4 (widerlegend): Einigen Schüler/innen gelingt es auf die explizite Frage, wozu die Experimente dienen, einen <i>Zusammenhang zwischen den Experimenten und dem Solarboot herzustellen</i>. So beschreiben sie, dass sie in der Modellwelt des Steckbretts etwas über Schaltungen lernen, das sie für die Verkabelung des Solarbootes benötigen („Damit wir das Boot bauen können“).</p> <p>W3vKM3 (widerlegend): Die Schüler <i>nehmen</i> also eine Relevanz der Experimente für das Solarboot <i>wahr</i>, indem sie <i>erkennen</i>, dass sie auf diese Weise lernen, wie man das Solarboot verkabelt.</p>
<p>WHV1a (531) L: [...] Ihr solltet zunächst einmal diese einfache Schaltung, die besteht aus einem Motor und einer Solarzelle, aufbauen und was habt ihr da beobachtet? Ilka. (532) S: Der Motor dreht sich nach rechts. (533) L: Richtig! Wenn wir das auf unser Solarboot beziehen hieße das also, wenn ich eine Solarzelle an den Motor anschließe, was macht das Boot dann? (534) S1: Es dreht sich nach rechts. (535) L: Ne, es dreht sich nicht nach rechts. (536) S: Äh! (537) L: Hier haben wir ja einen Motor... (538) S: Ach so (539) L: Es fährt, und zwar vorwärts. [...]</p> <p>Weitere Stellen: WHV1b(848-852)</p>	<p>W3vKK2 (bestätigend): Es fällt einigen Schüler/innen schwer, in der Plenumsphase nach den Experimenten einen <i>Zusammenhang</i> von den Ergebnissen der Experimente zum Solarboot <i>herzustellen</i> und die Ergebnisse im Nachhinein auf das Solarboot <i>zu übertragen</i>. So beschreibt ein Schüler, dass die Drehrichtung des Motors eine Lenkung des Bootes nach rechts oder links bedeutet (vgl. WHV1a-434).</p>

<p>WHV1c (804) L: [...] Was habt ihr da beobachtet? Tobi. (805) S: Der Motor dreht schneller. (806) L: Was bedeutet das für unser Solarboot? (807) S: Er wird schneller fahren.</p> <p>Weitere Stellen: WHV1a(543-546) WHV1a(551-553) WHV1a(557-558) WHV1b(863-864) WHV1c(798-800) WHV1c(816-817) WHV1c(828-829)</p>	<p>W3vKK2 (widerlegend): Einzelnen Schüler/innen gelingt es, in der Plenumsphase nach den Experimenten in einem dyadischen Gespräch mit der leitenden Person einen <i>Zusammenhang</i> zum Solarboot <i>herzustellen</i>, indem sie die engmaschigen Fragen der leitenden Person beantworten und z. B. die Drehgeschwindigkeit des Motors auf die Fahrtgeschwindigkeit des Bootes übertragen (vgl. WHV1c-807).</p>
<p>WHV1b(387-392) (387) I: Und was hat das jetzt mit den, zum Beispiel mit den Autos zu tun, dem Autorennen, das ihr gerade gemacht habt? [...] (391) S1: Weil die auch ja so verbunden werden müssen, damit es fährt. (392) S2: Weil die ja auch mit Solarzellen sind.</p> <p>WHV1a(310-311) (310) I: Okay. Und da, was hat das jetzt mit dem Autorennen zu tun, die wir gerade gemacht haben? [...] (311) S1: Weil das Autorennen, das war ja unterschiedlich die Dynamik oder so aufgebaut und dass wir merken, was der Unterschied dann ist bei der Schaltung.</p>	<p>W3vKK3 (widerlegend): Auf explizite Nachfrage, wie die Experimente mit den Solarautos zusammenhängen, können die Schüler/innen <i>einen Zusammenhang zum vorherigen Segment herstellen</i>, indem sie die elektrischen Schaltungen als verbindendes Element beschreiben: „Weil die auch so verbunden werden müssen“ (WHV1b-391) oder „dass wir merken, was der Unterschied dann ist bei der Schaltung.“ (WHV1a-311)</p>
<p>WHV1b (901) L: [...] Da hattet ihr gesagt, die heißen Rudi und Paul. Weißt du warum, Klara? (902) S: Rudi ist die Reihenschaltung und Paul die Parallelschaltung (903) L: Richtig. Welcher war der schnellere? (904) S: Paul? Ne, Rudi. (905) L: Ist das das Ergebnis der Experimente? Kann das sein, was du jetzt sagst? Welche, in welcher Schaltung drehte der Motor schneller? In der Reihenschaltung</p>	<p>W3vKK3 (bestätigend): Nur in einer Schülergruppe, in der die leitende Person explizit nachfragt, versuchen die Schüler/innen so <i>einen Zusammenhang</i> zum Autorennen <i>herzustellen</i>, indem sie Rudi und Paul den Schaltungen zuzuordnen. Es fällt auf, dass einige Schüler/innen dabei Schwierigkeiten haben und die Frage nicht sicher beantworten können (vgl. WHV1b-904). In den beiden anderen Gruppen lassen sich dafür keine Belege finden, dass die</p>

oder in der Parallelschaltung? (906) S: Parallel. (907) L: Das ist die zweite Schaltung gewesen. Jasmin. (908) S: In der Reihenschaltung. (909) L: Aha, wer war also der schnellere? Rudi oder Paul? Jasmin. (910) S: Rudi. (911) L: Richtig. [...]	Schüler/innen diesen <i>Zusammenhang herstellen</i> , um die Schaltungen den Fahrzeugen zuzuordnen.
---	---

Zusammenfassung: Validierung der SWOT-Analyse

Die in der SWOT-Analyse herausgearbeitete Schwäche (W3vK-Sch1) wurde durch die empirischen Daten mit Einschränkungen validiert. Trotz einiger widerlegender Transkriptstellen, die zeigen, dass zumindest einige der Schüler/innen auf explizite Nachfrage Zusammenhänge zwischen ihren Aktivitäten am Steckbrett und den Kontexten der Solarfahrzeuge herstellen können, haben die Schüler/innen durchgängig Schwierigkeiten, Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Handlungen und den Kontextebenen herzustellen. Den Schüler/innen gelingt es durch den unangekündigten Wechsel zwischen den Kontextebenen und dem Steckbrett sowie den Schaltzeichnungen als modellhafte Repräsentationen meist nicht, die geforderte Abstraktion zu leisten und insbesondere das Steckbrett im Lichte der Kontexte zu sehen. Damit ist das Risiko, dass die Schüler/innen nicht nachvollziehen können, welche Bedeutung das Steckbrett für das Solarboot hat und damit wenig Nutzen aus dem Segment ziehen, bestätigt.

Schritt 3: Notwendige Änderungen in der Dimension Kontextorientierung

Um den Nutzen des Segments zu erhöhen, müssen die Schüler/innen beim Wechsel zwischen den Kontextebenen und den modellhaften Repräsentationen unterstützt werden. Der Übergang vom Solarboot zu den Solarautos und zu den dekontextualisierten Repräsentationen des Steckbretts und der Schaltzeichnungen müssen gegenüber den Schüler/innen expliziert werden. Das würde zur Folge haben, dass auch jede einzelne Kontextebene und jede dekontextualisierte Repräsentation in ihrem Status und in ihrer Beziehung zu den anderen Ebenen und Repräsentationen verdeutlicht werden muss. So sollte der Kontext der Solarboote zu Beginn des Segments und während der Experimentierphase in den Aufgabenstellungen explizit als Kontext deklariert werden, um deutlich zu machen, wie Steckbrettphase und Kontext Solarboot zusammenhängen, um dadurch die Relevanzwahrnehmung zu unterstützen. Eine Metakommunikation muss hinsichtlich der verschiedenen Ebenen aufgebaut werden; denn sie fehlt in der bisherigen didaktischen Strukturierung des Segments 3. Zu diesem Zweck sollte außerdem der Kontext des Segments 2, die Solarfahrzeuge Rudi und Paul, weitergeführt werden.

5.3.3 Analysedimension Problemorientierung

Im Folgenden (Tabelle 5.10) wird der Dreischritt *Fachdidaktische SWOT-Analyse – Empirische Überprüfung – Notwendige Änderungen* für die Analysedimension der

Problemorientierung dargestellt. Potenziell angelegte kognitive und motivationale Prozesse mit Bezug zur Dimension Problemorientierung sind in Tabelle 5.11 aufgelistet.

Schritt 1: Fachdidaktische SWOT-Analyse hinsichtlich der Problemorientierung

Tabelle 5.10 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich Problemorientierung	
Analysefrage	Ausprägung des Segments bezüglich Analysefrage
Problemtransparenz Inwieweit wird eine Problemsituation dargestellt und dabei der IST-Zustand als Anfangszustand beschrieben?	Die Konstruktion des Solarbootes stellt gewissermaßen eine übergeordnete Problemlöseaufgabe dar, die im Laufe des Labervormittags von vier Stunden gelöst werden soll. So wird die Fertigstellung des Bootes als Ziel formuliert und der Weg dahin ist für die Schüler/innen zunächst offen. Die verschiedenen Segmente des Angebotes tragen dann zur Lösung bei. Bezogen auf diese übergeordnete Problemlöseaufgabe ist das Ziel dieses Segments, zu untersuchen, welche Schaltung für das zu konstruierende Solarboot geeignet ist. Das hier eine Problemsituation vorliegt, darauf wird weder vom Leitenden oder in den Aufgabenformulierungen im Lernheft explizit eingegangen. Das Segment setzt auf instruktionsorientierte enge Aufgabenstellungen.
Zieltransparenz Inwieweit wird das Ziel als SOLL-Zustand transparent dargestellt?	Das Ziel, die zwei kennengelernten Schaltungen als Lösungshypothesen für das Solarboot genauer zu prüfen, wird während der Experimentierphase nicht explizit formuliert, wodurch auch die Kriterien zur Bewertung der Schaltungen nicht transparent sind. Erst im nachgehenden Plenum wird durch die leitende Person thematisiert, dass die Schaltungen hinsichtlich ihrer Vorteile in einem Wettrennen bewertet werden sollen. Ziel und Kriterien der Bewertung der Lösungshypothesen werden den Schüler/innen erst nach deren Aktivitäten offenbart.
Offenheit des Lösungswegs Inwieweit ist der Weg zur Lösung des Problems offen? Inwieweit werden Anregungen gegeben, eigene Lösungswege zu suchen?	Der Weg der Prüfung der Lösungshypothesen ist durch die durchstrukturierten Aufgaben und das Festhalten der Ergebnisse in Form von Lückentexten eng vorgegeben. Dieser geschlossene Lösungsweg lässt wenig Freiraum zu und ist durch das Lernheft stark vorstrukturiert, indem jeder gedankliche Schritt und jeder Handlungsschritt vorgegeben ist. Die Bewertung der Lösungshypothesen wird durch die leitende Person eng gelenkt und findet erst im Anschluss im Plenum statt und nicht, während die Schüler/innen die Hypothesen prüfen.

Tabelle 5.11 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich des Problemlösens

Aufgabenformulierungen und eingesetzte Mittel	Kognitive Anregung	Motivationale Anregung
Mittel: Solarfahrzeuge „Dann müssen wir das ja mal untersuchen, denn wenn die anderen Teile identisch sind, nur die Kabel unterschiedlich sind, muss das ja der Grund für die unterschiedliche Geschwindigkeit sein. Das wollen wir untersuchen.“	W3vPK1: Durch diese Aufgabenstellung wird angeregt, dass die Schüler/innen <i>erkennen</i> , dass sie zwei Schaltungen hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Schnelligkeit untersuchen sollen.	
„Welche Schaltung ist also für unser Boot, wenn es möglichst schnell fahren soll, die richtige?“	W3vPK2: Die Schüler/innen werden angeregt, den Nebensatz „wenn es möglichst schnell fahren soll“ als Kriterium für den <i>Zielzustand der Problemlösesituation</i> zu <i>erkennen</i> und die <i>Begriffe</i> der Reihen- und Parallelschaltung <i>anzuwenden</i> , um die beiden Schaltungen als <i>Lösungshypothesen</i> für die Konstruktion des Solarbootes zu <i>bewerten</i>	W3vPM1: Die <i>Relevanzwahrnehmung</i> kann durch die Aufforderung zur Bewertung der zwei Hypothesen am Ende des Segments nachträglich unterstützt werden. W3vPM6: Die <i>Wahrnehmung der Selbstwirksamkeit</i> wird durch die didaktische Strukturierung zum Teil unterstützt, indem die Schüler/innen das in den Experimenten aufgebaute Wissen anwenden können, um eine begründete Entscheidung für eine geeignete Schaltung für das Solarboot zu treffen.

Stärken und Schwächen der didaktischen Strukturierung von Segment 3 hinsichtlich der Dimension Problemorientierung

Schwäche: Kein Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe (W3vP-Sch1)

Das Segment trägt zwar zur Lösung der übergeordneten Problemlöseaufgabe bei, das Potential wird aber nicht ausgeschöpft, da die übergeordnete Problemlöseaufgabe nicht stringent zur Strukturierung genutzt wird. Die Aufgabenstellung unterstützt explizit weder, dass die Schüler/innen die Problemsituation als solche erkennen, noch dass die Schaltungen als Lösungshypothesen geprüft werden sollen. Dadurch unterstützt die didaktische Strukturierung auch die Relevanzwahrnehmung (W3vPM2) der Experimente am Steckbrett in Bezug auf die übergeordnete Problemlöseaufgabe nicht explizit.

Dadurch, dass während der Experimentierphase instruktionsbasierte Aufgaben verwendet werden, die ein „rezeptartiges“ Arbeiten unterstützen und keinen Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe herstellen, wird nicht unterstützt, dass sich die Schüler/innen das

Prüfen und Bewerten der Lösungshypothesen (W3vPK3) zu eigen machen. Die Aufgabe der Bewertung der Lösungshypothesen und die Nennung der zugehörigen Kriterien wird erst im Plenum nach der Experimentierphase nachgeliefert. Durch das enge und einzige Kriterium der Schnelligkeit der Bewegung ist die Bewertung jedoch eingeschränkt und ein Bewerten der Hypothesen im Sinne der Abwägung mehrerer Möglichkeiten wird nicht unterstützt. Durch diese enge Führung des Problemlöseprozesses wird das Potential der Unterstützung der Selbstwirksamkeitswahrnehmung (W3vPM3) nicht ausgeschöpft.

Aufgrund der Schwäche erwartete kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen:

- **W3vPK1:** Die Schüler/innen könnten das *Problem*, die zwei Schaltungen als Lösungshypothesen zu begreifen und sie zu prüfen, nicht als solches *erkennen*.
- **W3vPK3:** Während der Experimentierphase finden Prozesse *der Prüfung und Bewertung der Lösungshypothesen* vermutlich nicht statt.
- **W3vPM2:** Die Schüler/innen könnten Schwierigkeiten haben, die *Relevanz* der Experimente für die Problemlöseaufgabe des Tages *wahrzunehmen*.
- **W3vPK2:** Die Schüler/innen könnten Schwierigkeiten haben, die in der Plenumsphase kurz genannten Kriterien der Bewertung *zu erkennen*, und somit könnten es unterbleiben, dass die Schüler/innen die *Lösungshypothesen* am Ende des Segments *bewerten*.
- **W3vPM3:** Die Schüler/innen *nehmen* sich bei der eng geführten Entscheidung zwischen den Schaltungen nicht als *selbstwirksam wahr*.

Aufgrund der Schwäche erkennbares Risiko:

Die erwarteten Probleme bergen also das Risiko, dass die Schüler/innen den Anweisungen zwar folgen und eine Reihenschaltung konstruieren, jedoch ohne dies als Teil eines Problemlöseprozesses zu erkennen und ohne die Entscheidung für die Reihenschaltung begründen zu können.

Schritt 2: Empirische Validierung der Ergebnisse der SWOT-Analyse in der Dimension Problemorientierung

Gegenübergestellt sind in einer Tabelle 5.12 Transkriptausschnitte und die obigen herausgearbeiteten erwarteten kognitiven und motivationalen Prozesse hinsichtlich des Problemlösens. Diese Prozesse werden hier jeweils auf die konkreten Transkriptpassagen bezogen, sodass kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen detailliert modelliert werden.

Tabelle 5.12 Empirische Validierung hinsichtlich der Schwäche „Kein Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe“ (W3vP-Sch1)	
Transkriptausschnitt	Codierung und daraus rekonstruierte kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen
	W3vPK1, W3vPK3 (bestätigend): Während des gesamten Experimentierprozesses äußern die Schüler/innen keine Aussagen, die darauf schließen lassen, dass sie

	<p>das <i>Problem als solches erkennen</i> (W3vK6) und die zwei Schaltungen als <i>Lösungshypothesen prüfen</i> und <i>bewerten</i> (W3vPK8).</p> <p>W3vPM2 (bestätigend): Dies lässt darauf schließen, dass die Schüler/innen die <i>Relevanz</i> der Experimente für die übergeordnete Problemlöseaufgabe des Tages nicht <i>wahrnehmen</i>.</p>
<p>WHV1c (741) I: Ja. Und warum machen wir jetzt überhaupt diese Experimente? (742) S2: Keine Ahnung. [...] (747) I: Was würdest du denn sagen, F.? Was würdest du sagen, warum wir jetzt diese Experimente machen? (748) S1: Um uns über erneuerbare Energie zu informieren. Und nicht um erneuerbare Energien zu nutzen.</p> <p>WHV1a (305) I: Wozu machen wir das jetzt gerade alles? (306) S1: Ich glaube, damit wir wissen, wie so etwas aufgebaut ist. Was glaubst du? (307) S2: Weiß ich nicht. (308) I: Mhh. (309) S2: Vielleicht, wie dann dieses Solarboot auch funktioniert?</p> <p>Weitere Stellen. WHV1a(283-284) WHV1b(376-384)</p>	<p>W3vPK1 (bestätigend): Die Bedeutung der Experimente für die übergeordnete Problemlöseaufgabe, zwei Lösungshypothesen zu überprüfen, wird von den Schüler/innen auf Nachfrage bezüglich des Ziels der Experimente während der Experimente nicht konkret formuliert (vgl. z. B. WHV1c-748 oder WHV1a-306). Daraus kann man schließen, dass die Schüler/innen die Aufgaben also nicht als Teil der übergeordneten <i>Problemlöseaufgabe erkennen</i>.</p>
<p>WHV1b (814) I: Und was würdet ihr sagen, warum habt ihr jetzt zwei unterschiedliche Experimente gemacht? (815) S2: Weil wir gucken wollten, ob das über Kreuz auch funktioniert. [...] (823) S1: Damit wir wissen können, ob das beim Solarboot auch klappt, dass man das dann so (unv.) machen kann.</p>	<p>W3vPK1 (bestätigend): Auch auf die erneute Frage, nachdem alle Experimente abgeschlossen sind, fällt es den Schüler/innen schwer, die Experimente als Teil der <i>Problemlöseaufgabe</i> zu <i>erkennen</i> und zu beschreiben, dass zwei Lösungshypothesen geprüft wurden. Stattdessen wird auch hier das Kennenlernen der Funktionsweise der Schaltung (vgl. WHV1b-815) als Ziel genannt und das Solarboot zwar erwähnt (vgl. WHV1b-823), jedoch nicht der Entscheidungsprozess zwischen zwei</p>

Weitere Stellen: WHV1b(829-833)	unterschiedlichen Schaltungen für das Solarboot in den Fokus gerückt.
WHV1b(N) (1448) S2: [...] also und dann haben wir angefangen auf einem Blatt Papier halt die ganzen, also nicht Papier sondern halt... (1449) I: Mhh. (1450) S2: Papier haben wir dann halt verschiedene Aufgaben gestellt bekommen, wie man am besten diese Schaltkreise machen könnte (1451) I: Mhh. (1452) S2: und welcher Schaltkreis am besten passt. Und dann haben wir herausgefunden, dass halt der Reihenschaltkreis am schnellsten ist. Dafür hat er auch den Nachteil, dass wenn man eine Solarzelle halt abdeckt, dass dann direkt auch das System aufhört. Weitere Stellen: WHV1a(N1058-1060)	W3vPM2 (widerlegend): Einige Aussagen aus dem Nachinterview zeigen jedoch, dass die Schüler/innen im Nachhinein die <i>Relevanz</i> der Experimentierphase für die Konstruktion des Solarbootes rekonstruieren und somit den Entscheidungsprozess darüber, „welcher Schaltkreis am besten passt“, als Ziel benennen können (WHV1b-1452) W3vPK1 (widerlegend): Daraus kann man schließen, dass die Schüler/innen durch die darauf folgenden Segmente die Experimente doch noch <i>als Teil des Problemlöseprozesses erkennen</i> , in dem verschiedene Lösungshypothesen geprüft wurden.
WHV1b(N) (1524) I: Okay und würdet ihr jetzt sagen, dass ihr euch herausgefordert gefühlt habt von dem, was gemacht wurde heute? (1525) S1: Also, ich fand, es war schon ziemlich leicht und ich finde auch, dass es mehr Auswahl geben könnte. Also, dass man jetzt zum Beispiel wählen könnte, ob man jetzt ein Boot baut oder einen Roboter oder sowas. (1526) S2: Ja und da-dass man auch entscheiden kann, welche Schaltungen man haben möchte, (insofern?), dass halt nicht gerade für ein Rennen ist, sondern halt so zum Spielen für kleinere Kinder, dass das einem dann nicht direkt davonläuft.	W3vPM3 (bestätigend): Diese enge Führung durch die genaue Vorgabe des Kriteriums der Schnelligkeit zur Bewertung der Lösungshypothesen wird von einer Gruppe im Nachinterview explizit als negativ beschrieben (z. B. „Ich finde auch, dass es mehr Auswahl geben könnte“ WHV1b-1525), weil sie auch Vorteile in den kritischen Attributen der Parallelschaltung sehen, die sie aber in die Entscheidung nicht mit einbinden konnten („dass man auch entscheiden kann, welche Schaltungen man haben möchte“ WHV1b-1526). Daraus kann man schließen, dass die Schüler/innen sich durch diese Einschränkung des Problemlöseweges hier nicht <i>als wirksam wahrnehmen</i> konnten.
WHV1c (830) L: [...] So wenn ich also ein möglichst schnell fahrendes Solarboot haben möchte, welche Schaltung nehme ich dann? Ja.	W3vPK2 (bestätigend): Einige Schüler/innen haben Schwierigkeiten, die <i>Lösungshypothese</i> in der Plenumsituation zu <i>bewerten</i> . So gelingt es einigen Schüler/innen z. B. nicht, die Schaltungen nach dem

<p>(831) S: Parallelschaltung (832) L: Was meinen die anderen dazu? Benni (833) S: Ich würde die Reihenschaltung nehmen (834) L: Warum nimmst du die Reihenschaltung? (835) S: Weil die schneller ist als die Parallelschaltung (836) L: Nico, ich hatte ja gesagt, wenn wir ein möglichst schnell fahrendes Solarboot haben wollen. Nico, hast du das verstanden? (837) S: Ja. (838) L: Ja? Sicher? Ok. Gut meine Herren. [...]</p> <p>Weitere Stellen: WHV1b(927-928)</p>	<p>Kriterium der Schnelligkeit zu bewerten (vgl. WHV1c-831 → Schüler nennt die Parallelschaltung als schnellere Schaltung, obwohl die Reihenschaltung schneller ist). Anderen Schüler/innen gelingt dies jedoch (vgl. WHV1c-833).</p>
<p>WHV1a (579) L: [...] Welche Schaltung ist also für unser Boot, wenn es möglichst schnell fahren soll, die richtige? Die Reihenschaltung oder die Parallelschaltung? (580) S: Die Reihenschaltung. (581) L: Habt ihr das alle verstanden? Okay [...]</p> <p>Weitere Stellen: WHV1c(832-839)</p>	<p>W3vPK2 (widerlegend): Einigen Schüler/innen gelingt es unter der engmaschigen Anleitung der leitenden Person aber auch direkt, die <i>Lösungshypothese</i> in der Plenumssituation hinsichtlich der Schnelligkeit zu <i>bewerten</i> und die Reihenschaltung als die schnellere Schaltung zu benennen (vgl. WHV1a-580).</p>
<p><i>Beispiele falscher Antworten:</i> WHV1c(NeSe) „Dass es schneller läuft also der Motor“ WHV1c(AnBe) „Weil es dann schneller fährt. Bei einer Parallelschaltung fährt es langsamer, aber dafür, wenn man eine Platte abdeckt, fährt es weiter bei der Reihenschaltung nicht.“ WHV1c(JaJa) „Weil das Solarboot mit den Solarblättern sich auch noch ein bisschen im Schatten dreht“ WHV1c(ReDi) „Ansonsten würde es glaube ich, nicht funktionieren.“</p>	<p>W3vPK2 (bestätigend): Die Auswertung der Fragebögen zeigt, dass eine <i>Bewertung der Lösungshypothesen</i> nicht bei allen Schüler/innen stattgefunden hat. Zwar kreuzen 62 der 81 Schüler/innen die richtige Schaltung (Reihenschaltung) als die, die sie konstruiert haben, an; aber nur 33 Schüler/innen können den Grund für diese Entscheidung benennen und somit den Vorteil der Reihenschaltung gegenüber der Parallelschaltung wiedergeben. 34 der Schüler/innen geben an, den Grund der Entscheidung für eine Reihenschaltung nicht mehr zu erinnern. 14 Schüler/innen geben falsche Gründe an wie die Beispiele hier zeigen.</p>

WHV1c(NiNi) „Weil es sich auch im Schatten langsam dreht.“ WHV1c(AnAx) „Wir wollten das der Propella sich nach Rechts und nicht nach Links dreht.“	
---	--

Zusammenfassung: Validierung der SWOT-Analyse

Auch wenn einzelne Schüler/innen im Nachinterview die Experimente als Teil der übergeordneten Problemlöseaufgabe rekonstruieren können, gelingt dies keiner der drei begleiteten Gruppen während der Experimentierphase. Die empirischen Daten zeigen, dass es während der Experimentierphase tatsächlich nicht zu einem Prüfen und Bewerten der Lösungshypothesen gekommen ist und auch danach durch das enge Kriterium der Schnelligkeit kein ausgeprägtes Abwägen und Bewerten von Hypothesen stattfindet. Die Schwäche W3vP-Sch1 ist somit empirisch validiert und weitgehend bestätigt.

Schritt 3: Notwendige Änderungen in der Dimension Problemorientierung

Notwendige Änderungen aufgrund der Schwäche W3vP-Schw1:

Die Zieltransparenz durch den Bezug zur Problemlöseaufgabe über die vierstündige Arbeitsphase sollte zu Beginn des Segmentes explizit angesprochen und transparent gemacht werden. Die Kriterien zur Bewertung sollten also zu Beginn klar sein, sodass Prozesse der Prüfung und Bewertung von Lösungshypothesen während der Experimente unterstützt werden. Dafür sollten die Aufgaben weniger instruktional ausgerichtet sein und geöffnet werden. Außerdem sollten offenere Kriterien für die Bewertung der Schaltungen herangezogen werden bzw. von den Schüler/innen entwickelt werden, sodass die Schüler/innen in die Situation kommen, die Vor- und Nachteile der beiden Schaltungen abzuwägen und sich begründet zu entscheiden.

5.3.4 Analysedimension Autonomieorientierung

Schritt 1: Fachdidaktische SWOT-Analyse hinsichtlich der Autonomieorientierung

Im Folgenden (Tabelle 5.13) wird der Dreischritt *Fachdidaktische SWOT-Analyse – Empirische Überprüfung – Notwendige Änderungen* für die Analysedimension der Autonomieorientierung dargestellt. Potenziell angelegte kognitive und motivationale Prozesse mit Bezug zur Dimension Autonomie sind in Tabelle 5.14 aufgelistet.

Tabelle 5.13 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich Autonomieorientierung	
Leitfrage	Ausprägung des Segments bezüglich Analysefrage
Selbsttätigkeit Inwieweit haben die Schüler/innen Möglichkeiten, sich selbsttätig und aktiv mit den	Die didaktische Strukturierung unterstützt, dass die Schüler/innen sich in diesem Segment selbsttätig mit den Lerngegenständen auseinandersetzen.

Lerngegenständen auseinanderzusetzen?	<p>Durch die Experimentierboards wird den Schüler/innen die Möglichkeit gegeben, mit den elektrischen Bauteilen direkt zu interagieren und diese aktiv einzusetzen.</p> <p>Die vorherige und die anschließende Plenarphasen zeichnen sich durch eine dominante Rolle der leitenden Person und somit einer eher passiven Rolle der Schüler/innen aus.</p>
Interaktionen mit Mitschüler/innen Inwieweit können die Schüler/innen sich aktiv mit anderen Mitschüler/innen austauschen?	<p>Durch die Partnerarbeit wird auch der Austausch mit anderen Mitschüler/innen unterstützt, die zusammen an einem Board arbeiten.</p> <p>Die Plenarphasen unterstützen das dyadische Gespräch zwischen einzelnen Schüler/innen und der leitenden Person.</p>
Freiräume für eigenständige Entscheidungen Inwiefern haben die Schüler/innen Freiräume und können eigenständig Entscheidungen fällen?	<p>Hier sind die Schüler/innen durch engmaschige Aufgabenformulierungen im Lernheft in Form von Lückentexten fremdgesteuert. Es gibt nur wenige Freiräume für die Schüler/innen oder Möglichkeiten für eigenständige Entscheidungen. Stattdessen wird durch das Lernheft mit Lückentextaufgaben ein „rezeptartiges“ Abarbeiten unterstützt.</p> <p>Die Schüler/innen werden durch die didaktische Struktur nicht unterstützt, eigenständig Entscheidungen zu fällen. Dies zeigt sich daran, dass sie am Ende des Segments alle eine Reihenschaltung konstruieren.</p>

Tabelle 5.14 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich Autonomie

Aufgabenformulierungen und eingesetzte Mittel	Kognitive Anregung	Motivationale Anregung
Mittel: Solarfahrzeuge „Dann müssen wir das ja mal untersuchen, denn wenn die anderen Teile identisch sind, nur die Kabel unterschiedlich sind, muss das ja der Grund für die unterschiedliche Geschwindigkeit sein. Das wollen wir untersuchen.“	W3vAK1: Die Schüler/innen werden hier potenziell unterstützt, die Untersuchung der zwei Schaltungen hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Schnelligkeit als <i>externes Handlungsziel</i> zu übernehmen.	
Mittel: Lernheft „Habt ihr schon einmal im Physik- oder Technikunterricht euch mit Schaltplänen befasst?“ „Und ihr sollt jetzt einmal,	W3vAK2: Diese Aufgabe scheint geeignet dazu, anzuregen, dass die Schüler/innen in einer Plenumsphase ihr <i>Vorwissen</i> zu elektrischen Schaltungen <i>aktivieren</i> , indem sie von ihren	W3vAM1: Die Schüler/innen werden unterstützt, sich <i>als kompetent wahrzunehmen</i> , indem sie ihr Vorwissen anwenden können, um die Skizze

<p>bei euch ist es ja auf der gleichen Seite, diese Schaltung ergänzen. Wir haben hier eine Solarzelle, die einen Pluspol und einen Minuspol hat, und das gleiche hat auch der Motor, einen Pluspol und einen Minuspol (unv.) sollt ihr miteinander verbinden und zwar so, dass der Motor rechts herum dreht. Und anschließend sollt ihr das gleiche hier noch einmal zeichnen, mit diesen Schaltzeichen [Tabelle mit elektrischen Bauteilen, Bezeichnungen und Schaltzeichen im Lernheft]. Probiert es einmal.“</p>	<p>Erfahrungen berichten und ein Abbild eines Stromkreises zunächst ergänzen und diesen anschließend als Schaltplan darstellen. Dabei wird unterstützt, dass die Abbildungen <i>wahrgenommen</i> und <i>wiedererkannt</i> werden, um anschließend das Vorwissen anwenden und einen einfachen Stromkreis mit realen Teilen und als Schaltplan zeichnen zu können. Die Schüler/innen werden angeregt, ihr <i>Vorwissen</i> zum geschlossenen Stromkreis zu <i>aktivieren</i>.</p>	<p>selbstständig zu vervollständigen.</p>
<p>Mittel: Lernheft, Steckbrett mit elektrischen Bauteilen Leitender: „Hier gibt es Kabel, mit denen man die Bauteile verbinden kann und da sind die Experimente, ihr sollt also zunächst einmal diese Schaltung aufbauen, das, was wir gerade gezeichnet haben. Vom Pluspol des Motors geht ein Kabel zum Pluspol der Solarzelle, vom Minuspol der Solarzelle geht es zurück zum Motor.“</p> <p>Auszüge aus dem Lernheft: „Schließe an den Motor zunächst nur eine Solarzelle an [...]“</p>	<p>W3vAK3: Schüler/innen werden angeregt, das externe Handlungsziel zu übernehmen, die Schaltpläne aus dem Lernheft am Experimentierboard aufzubauen.</p> <p>W3vAK4: Dabei wird unterstützt, dass die Schüler/innen den Schaltplan im Lernheft <i>wahrnehmen</i> und die Schaltzeichen <i>wiedererkennen</i>. Diese müssten sie mit den Bauteilen auf dem Experimentierboard <i>vergleichen</i>, um diese zum Beispiel als einen Motor <i>erkennen</i> zu können.</p> <p>W3vAK5: Die Schüler/innen werden angeregt, das <i>externe Handlungsziel</i>, die Schaltpläne aufzubauen, zu <i>übernehmen</i> und ihre <i>Handlungsschritte zu planen</i>. Wenn sie die Schaltungen am Experimentierboard</p>	<p>W3vAM2: Dadurch, dass die Schüler/innen sich aktiv mit den Experimentierboards auseinandersetzen dürfen, ohne die direkte Instruktion der leitenden Person, können die Schüler/innen sich durch die didaktische Strukturierung <i>als kompetent wahrnehmen</i>, weil ihnen die selbstständige Arbeit mit den elektrischen Bauteilen zugetraut wird.</p> <p>W3vAM3: Auch das in der didaktischen Strukturierung vorangelegte Erfolgserlebnis, wenn die Schüler/innen selbstständig die Schaltung anhand des Schaltplans aufbauen und den Motor zum Drehen bekommen, unterstützt</p>

<p>„Schließe dann die zweite Solarzelle so an, wie es der Schaltplan zeigt!“</p> <p>„Decke nun eine der beiden Zellen mit einem Papier ab.“</p>	<p>nachbauen und dann eine Rückmeldung erhalten, indem sich der Motor dreht oder nicht, wird es den Schüler/innen ermöglicht, die <i>Handlungswirkung zu bewerten</i> und alternative <i>Handlungsschritte zu planen</i>.</p>	<p>ihre <i>Selbstwirksamkeitswahrnehmung</i>.</p> <p>W3vM4: Den Schüler/innen wird ermöglicht, sich bei der Arbeit an den Experimentierboards <i>als autonom wahrzunehmen</i>, da sie mit Hilfe des Lernheftes selbstständig mit den elektrischen Bauteilen experimentieren können und dabei nicht durch die leitende Person direkt angeleitet werden.</p>
<p>Mittel: Lernheft, Steckbrett mit elektrischen Bauteilen</p> <p><i>Auszüge aus dem Lernheft:</i></p> <p>„Schließe an den Motor zunächst nur eine Solarzelle an, beobachte dabei den Motor. Beobachtung: Der Motor _____“</p> <p>„Pole den Motor um (Vertausche die Kabel an Plus- und Minuspol!). Wird der Motor umgepolt, dann _____“</p> <p>„Schließe dann die zweite Solarzelle so an, wie es der Schaltplan zeigt! Beobachte erneut die Motordrehung! Beobachtung: _____“</p> <p>„Decke nun eine der beiden Zellen mit einem Papier ab. Deckt man eine der Solarzellen ab, dann _____“</p>	<p>W3vAK6: Die Schüler/innen werden unterstützt, die Motordrehung anhand der aufgebauten Schaltung <i>wahrzunehmen</i>. Durch das Vervollständigen des Lückentextes werden sie potenziell dazu angeregt, die Drehrichtung <i>als kritisches Attribut</i> der Polung des Motors <i>herauszuarbeiten</i>.</p> <p>W3vAK7: Durch die Aufforderung „Beobachte erneut die Motordrehung!“ werden die Schüler/innen angeregt, ihre <i>Aufmerksamkeit</i> auf die Motordrehung zu <i>lenken</i>. Die Schüler/innen werden angeregt, diese als schneller <i>wahrzunehmen</i> bzw. <i>wahrzunehmen</i>, dass der Motor sich nicht mehr dreht, wenn man eine Solarzelle abdeckt. Durch Ergänzung des Lückentextes werden die Schüler/innen dazu angeregt, die Reihenschaltung mit den <i>kritischen Attributen</i> ‚Motor dreht schnell‘ und ‚Motor dreht nur, wenn</p>	

	<p>beide Solarzellen funktionieren' <i>herauszuarbeiten</i>.</p> <p>W3vAK8: Analog dazu könnten die Schüler/innen durch das Aufbauen einer Parallelschaltung die <i>kritischen Attribute</i> ‚Motor dreht langsamer‘ und ‚Motor dreht auch, wenn nur eine Solarzelle funktioniert‘ <i>herausarbeiten</i>.</p>	
<p>Mittel: Lernheft, Steckbrett mit elektrischen Bauteilen</p> <p><i>Auszug aus dem Lernheft:</i> „Sieh dir die Anordnung der Solarzellen in der Schaltung an! Wie könnte die Schaltung heißen?“</p>	<p>W3vAK9: Schüler/innen werden unterstützt, ihr <i>Vorwissen zu aktivieren</i>, dies mit den Schaltungen zu <i>vergleichen</i> und diese als Reihen- bzw. Parallelschaltung zu <i>erkennen</i> und zu <i>benennen</i>.</p>	
<p>„Welche Schaltung ist also für unser Boot, wenn es möglichst schnell fahren soll, die richtige?“</p>	<p>W3vAK10: Die Schüler/innen werden unterstützt, sich durch das vorgegebene Kriterium der Schnelligkeit <i>zwischen</i> den zwei Schaltungen für die Konstruktion des Solarbootes als <i>Handlungsalternativen zu entscheiden</i>.</p>	

Stärken und Schwächen der didaktischen Strukturierung von Segment 3 hinsichtlich der Dimension Autonomieorientierung

Stärke: Hohe Aktivität der Schüler/innen (Wv3A-St1)

Eine Stärke des Segments in Bezug auf die Autonomie der Schüler/innen ist die durch die didaktische Strukturierung unterstützte selbstständige Auseinandersetzung der Schüler/innen mit dem Experimentierboard, an dem Schaltungen erprobt werden. Die didaktische Strukturierung unterstützt, dass die Schüler/innen sich in diesem Segment selbsttätig mit den Lerngegenständen auseinandersetzen, mit den elektrischen Bauteilen direkt interagieren und diese aktiv einsetzen sowie in einen Austausch mit anderen Mitschüler/innen kommen.

Aufgrund der Stärke erwartete kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen:

- **W3vAK5:** Die didaktische Strukturierung scheint dafür geeignet, dass die Schüler/innen *das externe Handlungsziel übernehmen*, die Schaltpläne nachzubauen, ihre *Handlungsschritte planen* und die *Handlungswirkungen bewerten*.
- **W3vAK4:** Dabei könnten die Schüler/innen den Schaltplan im Lernheft

wahrnehmen und die Schaltzeichen *wiedererkennen*. Diese *vergleichen* sie mit den Bauteilen auf dem Experimentierboard und *erkennen* diese als solche.

- **W3vAM2:** Es wird unterstützt, dass sich die Schüler/innen *als kompetent wahrnehmen*, indem sie sich durchgängig mit den elektrischen Bauteilen am Steckbrett befassen.
- **W3vAM3:** Auch das Erfolgserlebnis, wenn die Schüler/innen mittels des Schaltplans selbstständig den Motor zum Drehen bekommen, unterstützt potenziell die Wahrnehmung ihrer *Selbstwirksamkeit*.
- **W3vAM4:** Die Schüler/innen könnten sich bei der Arbeit an den Steckbrettern als *autonom wahrnehmen*, da sie mit Hilfe des Lernheftes selbstständig mit den elektrischen Bauteilen experimentieren können.

Aufgrund der Stärke erkanntes Potential:

Diese Stärke birgt das Potential, dass die Schüler/innen weitergehend selbstgesteuert an den Steckbrettern arbeiten, wenn die selbstständige Auseinandersetzung durch die Aufgabenstellung stärker unterstützt wird. Wären die Anleitungen im Lernheft weniger rezeptartig gestaltet, könnten die Schüler/innen Handlungsschritte weitergehend selbst planen und dadurch ihre Motivation steigern.

Schwäche: Hoher Anteil von Fremdsteuerung (Wv3A-Sch1)

Die Schüler/innen sind fremdgesteuert durch die engmaschigen Aufgabenformulierungen im Lernheft, u. a. in Form von Lückentexten. Dadurch sind auch die externen Handlungsziele der Schüler/innen kleinschrittig vorgegeben. Zusätzlich wird das übergeordnete Handlungsziel der Versuche, Schaltungen hinsichtlich Schnelligkeit und Drehrichtung für die Konstruktion des Solarbootes zu untersuchen, nicht transparent gemacht und eine Fokussierung der Beobachtungen auf relevante Aspekte findet nicht explizit statt. Somit unterstützt die didaktische Strukturierung nicht, worauf genau die Schüler/innen ihre *Aufmerksamkeit richten* sollen. Beispiel: Durch den Auftrag „[...] beobachte dabei den Motor.“ müssten die Schüler/innen ihre *Aufmerksamkeit* auf den Motor *lenken* (W3vAK11). Eine Fokussierung auf die Drehrichtung wird durch die didaktische Strukturierung aber nicht unterstützt. Auch eine Fokussierung auf die Drehgeschwindigkeit bei den Beobachtungen wird nicht explizit angeregt. Durch diese Engführung und fehlende Zielklarheit arbeiten die Schüler/innen ‚blind‘ und können das übergeordnete externe *Handlungsziel* nicht *übernehmen* und die *Aufmerksamkeit* nicht auf relevante Aspekte *lenken*.

Aufgrund der Schwäche erwartete kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen:

- **W3vAK11:** Die Schüler/innen lenken ihre Aufmerksamkeit durch die fehlende Zieltransparenz der Handlungen nicht auf die für die Begriffsbildung relevanten Aspekte.
- **W3vAK6-8:** Die Schüler/innen nehmen durch die fehlende Fokussierung nicht die relevanten Aspekte wahr, wodurch die Begriffsbildung der Umpolung (W3vAK6), der Reihen- (W3vAK7) und der Parallelschalung (W3vAK8) gehemmt werden.

Aufgrund der Schwäche erkennbares Risiko:

Den Schüler/innen wird das übergeordnete Handlungsziel nicht deutlich. Sie folgen kleinschrittigen Anweisungen, ohne Ziel und Absicht zu kennen. Der didaktische Wert des Segments würde nicht aufgeschlossen werden.

Schwäche: Geringe Entscheidungsfreiräume (Wv3A-Sch2)

Es gibt in diesem Segment kaum Freiräume für die Schüler/innen, eigenständige Entscheidungen zu treffen, obwohl das Angebot die Möglichkeit dazu bietet. Die Phase, in der die Ergebnisse der Partnerarbeit zusammengetragen werden, ist durch die leitende Person fremdgesteuert und unterstützt dyadische Gespräche zwischen einzelnen Schüler/innen und der leitenden Person. Die didaktische Strukturierung unterstützt hier nicht, dass die Schüler/innen eigenständig Kriterien entwickeln, auf deren Grundlage sie sich begründet zwischen den Handlungsalternativen entscheiden (W3vAK12), da die leitende Person das Kriterium der Schnelligkeit vorgibt, sodass alle Schüler/innen am Ende die gleiche Schaltung bauen. Dies schränkt auch die Wahrnehmung der Selbstwirksamkeit (W3vAM5) sowie die Autonomiewahrnehmung (W3vAM6) der Schüler/innen ein.

Aufgrund der Schwäche erwartete kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen:

- **W3vAK10, 12:** Die Schüler/innen können mit Hilfe des vorgegebenen Kriteriums der Schnelligkeit zwischen den Handlungsanweisungen entscheiden (W3vAK17). Die didaktische Strukturierung unterstützt nicht, dass sie selbstständig Kriterien entwickeln (W3vAK19) auf deren Grundlage sie sich begründet entscheiden.
- **W3vAM5, 6:** Die Schüler/innen *nehmen* sich bei der angeleiteten Entscheidung für eine Reihenschaltung nicht als *kompetent* (W3vAM5) oder *autonom wahr* (W3vAM6), weil die Entscheidung durch ein Kriterium vorweggenommen ist.

Aufgrund der Schwäche erkennbares Risiko:

Hier besteht das Risiko, dass die Schüler/innen nicht zum planvollen Handeln angeregt werden, weil sie keine eigenen Kriterien entwickeln, mit denen sie sich zwischen den Handlungsalternativen entscheiden. Dadurch wiederum könnten die Schüler/innen demotiviert werden, weil sie sich so weder als autonom noch als kompetent wahrnehmen können.

Schritt 2: Empirische Validierung der Ergebnisse der SWOT-Analyse in der Dimension Autonomieorientierung

In den folgenden Tabellen 5.15, 5.16 und 5.17 wird empirisch belegt, inwiefern sich die herausgearbeitete Stärke und die beiden Schwächen bezüglich der Autonomieunterstützung im Segment 3 durch Transkriptauszüge belegen lassen.

Tabelle 5.15 Empirische Validierung hinsichtlich Stärke „Hohe Aktivität der Schüler/innen“ (Wv3A-St1)	
Transkriptausschnitt	Codierung und daraus rekonstruierte kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen
<p>WHV1c (590) I: Was macht ihr jetzt? (591) S2: Also ich würde das jetzt so tun. So. (592) S1: Oder warte. Ist das so richtig? (593) S2: Ach so, wir müssen auch umbauen, oder? Ne kann man gar nicht, oder? Doch kann man. Weil da müssen wir jetzt was ändern. Wir müssen, ja wir müssen ja genau wie die Aufgabe machen. Ja. (594) S1: Ja, das geht doch. (595) S2: Ja, nein. Aber wir müssen ja jetzt eine benutzen, nicht zwei. Genau. Zumindest wird's so angezeigt</p> <p>Weitere Stellen: WHV1a(283-284) WHV1a(325-327) WHV1b(322-337) WHV1b(362-367) WHV1c(618-620)</p>	<p>W3vAK5 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>übernehmen</i> den Aufbau der Schaltpläne am Steckbrett als <i>externes Handlungsziel</i> (z. B. „Aber wir müssen ja jetzt eine benutzen, nicht zwei. Genau. Zumindest wird's so angezeigt.“ WHV1c-595) und verfolgen dieses zielstrebig.</p>
<p>WHV1b (474) S1: Ich habe eine Idee. Ich habe eine Idee. Darf ich mal? (475) S2: Ja, mach doch. (476) S1: Ich, also erstmal alles so (477) S2: Warte, warte, warte, ich habe auch eine Idee. (478) S1: ERST ICH. Du hast vorhin schon. (479) S3: Ja aber wenn das nicht funktioniert, dann probieren wir meine Idee. (480) S1: Ja.</p> <p>WHV1b (624) S2: Ja und das geht nicht einmal rum. (625) S1: Ja aber wenn du das schon so (doof?) sagst, das ist ja des. Das ist (unv.) übrig. (626) S2: Jasmin, das wird ein echt, ziemlich (627) S1: Aber jetzt dreht es sich nicht mehr. (628) S2: Was tust du da? (629) S1: Nochmal alles raus und von vorne.</p>	<p>W3vAK5 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>planen Handlungsschritte</i>, wie sie die Schaltungen am Experimentierboard aufbauen und überprüfen diese, um die Wirkungen ihrer <i>Handlungen zu bewerten</i>. Dies kann man daraus rekonstruieren, dass die Schüler/innen z. B. Handlungsschritte formulieren (z. B. „So. Dann müssen wir jetzt die zwei hintun.“ WHV1c-619 oder „Ich hab eine Idee. [...], also erstmal alles so“ WHV1b 474-476), diese überprüfen, indem sie diese umsetzen und anschließend auch daraufhin bewerten, ob sie zum gewünschten Ergebnis (Motor dreht) geführt haben (z. B. „Nochmal alles raus und von</p>

<p>WHV1c (619) S1: Mal ausprobieren. So. Dann müssen wir jetzt die zwei hintun. Die müssen aber weiter (620) S2: Aber zwei sollte auch gar nicht so schwer sein. Willst du es diesmal bauen oder? (621) S1: Ja. Dann (622) S2: Die müssen aber erstmal erstmal ausgesteckt werden oder willst du es dranlassen? Ja, mach einfach so wie du es denkst.</p> <p>Weitere Stellen: WHV1b(323-330) WHV1b(410-421) WHV1b(445-448) WHV1a(359-365) WHV1a(296-299) WHV1c(590-598)</p>	<p>vorne.“ WHV1b-629 oder „Ja aber wenn das nicht funktioniert, dann probieren wir meine Idee.“ WHV1b-479).</p>
<p>WHV1b (493) I: Wie habt ihr das jetzt gelöst? (494) S1: Also, ich habe mir nochmals die Skizze angeguckt und dann habe ich gesehen, dass auf jeder Seite nur ein Kabel war, das vom Motor halt ausging. [...] (497) S1: Ja und dann habe ich gesehen, dass noch in der Mitte ein Kabel war.</p> <p>WHV1a (482) I: Wie gehst du denn jetzt da gerade vor, Tanja? (483) S2: Man musste dann von da nach da... (484) S1: Also, ich habe mir die Zeichnung angeguckt, irgendwie ist da so ein Pfeil zum Plus, von Plus zu Plus und dann irgendwie von Minus zu Minus, nach da. (unv.) noch kurz.</p> <p>Weitere Stellen: WHV1c(595) WHV1b(323-330) WHV1b(594-596) WHV1b(612-617) WHV1b(647-656) WHV1a(355-357) WHV1a(442-447) WHV1a(468-476)</p>	<p>W3vAK4 (bestätigend): Dabei <i>vergleichen</i> die Schüler/innen die Schaltpläne mit den elektrischen Bauteilen auf dem Experimentierboard und <i>nehmen</i> Unterschiede und Gemeinsamkeiten <i>wahr</i>, um die Schaltungen nachzubauen. Die Schüler/innen beschreiben explizit, auf Nachfrage, wie sie die Schaltungen am Steckbrett aufbauen konnten: „Also, ich habe mir nochmals die Skizze [Schaltplan] angeguckt und dann habe ich gesehen, dass auf jeder Seite ein Kabel war [...].“ (WHV1b-494)</p>

<p>WHV1c (770) S2: [...] Baue dir die Schaltung von Nummer 1 auf. Wie zur Hölle soll das denn funktionieren? (771) I: Was? (772) S2: Das hier. Das ist echt ... (773) I: Auf der zweiten Seite [Parallelschaltung] das? (774) S2: ... kompliziert.</p> <p>WHV1a (463) S1: Schließe dann die zweite Solarzelle an. So an, wie es der Schaltplan zeigt. Alle Pluspole und alle Minuspole sind miteinander verbunden. Beobachte erneut die Motordrehung. (464) S2: (seufzt laut) oh Gott! [...] (466) S1: Hää?</p> <p>WHV1c (666) S1: Das überfordert mich.</p> <p>WHV1a(N) (1087) S2: Mir ist es schwergefallen, die Schaltung erstmal richtig hinzukriegen. [...] (1088) S2: Und (unv.) diese Zeichen zu verstehen (lachend) (1089) I: Also und fandst du das nur wegen der Zeichen schwierig oder kannst du sagen, warum du das schwierig fandst? (1093) S2: Ich fand einmal schwierig, weil wir die Zeichen haben wir das heute das erste Mal gesehen, weil die hatten wir noch nicht im Naturwissenschaftsunterricht und dadurch waren die auf ein (unv.) und dadurch war es schwer, die an den richtigen Platz zu ordnen.</p> <p>Weitere Stellen: WHV1c(N1196-1199)</p>	<p>W3vAK4 (widerlegend): Einige Äußerungen der Schüler/innen bei der ersten Betrachtung des Schaltplans der Parallelschaltung („kompliziert“, „Oh Gott“ oder „schwierig“) lassen darauf schließen, dass sie bei der Darstellung der Parallelschaltung Schwierigkeiten haben, die Schaltpläne <i>wiederzuerkennen</i> und mit den Bauteilen auf dem Steckbrett zu <i>vergleichen</i>.</p> <p>W3vAM3 (widerlegend): Den Schüler/innen gelingt es nicht, die Schaltung gemäß des Schaltplans aufzubauen und somit den Motor selbstständig zum Drehen zu bringen. Daraus kann geschlossen werden, dass sie sich nicht <i>als wirksam wahrnehmen</i> können.</p>
<p>WHV1c (615) S1: [...] Hahaa! Und es dreht sich. War doch eigentlich ganz einfach. [...]</p> <p>WHV1b (655) S2: Perfekt! (656) S1: Ha!</p>	<p>W3vAM3 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>nehmen</i> sich bei Gelingen durch den selbstständigen Aufbau der Schaltungen als <i>kompetent wahr</i>, wenn sich der Motor dreht und die Schüler/innen somit den Schaltplan korrekt am</p>

<p>WHV1b (794) S1: Es dreht sich! (795) S2: Ah, cool, dass es sich jetzt dreht.</p> <p>Weitere Stellen: WHV1a(496-499) WHV1b(489)</p>	<p>Experimentierboard nachgebaut haben. Dies zeigen freudige Ausrufe der Schüler/innen, sobald sich der Motor dreht („Hahaa!“ oder „Perfekt!“).</p>
<p>WHV1a(N) (1138) I: Okay, und was würdet ihr sagen, hat euch jetzt besonders Spaß gemacht an der Station? (1139) S1: Also bei mir hat das Spaß gemacht mit dieser Parallelschaltung. [...] (1145) S2: Dass du es herausgefunden hast wie man das machen muss! (lachend) [...] (1147) S1: Ja! (1148) S2: Hat sie ja rausgefunden!</p>	<p>W3vAM3 (bestätigend): Die Schüler/innen benennen das Aufbauen der Schaltungen als etwas, was ihnen besonderen Spaß macht, weil sie es als herausfordernd wahrgenommen haben und es geschafft haben („Dass du es herausgefunden hast, wie man das machen muss!“ WHV1a-1145). Die Schüler/innen haben sich durch das Aufbauen <i>als kompetent wahrgenommen</i>.</p>
<p>WHV1b (801) I: Was würdet ihr sagen, durftet ihr jetzt viel selbst entscheiden und planen oder war viel vorgegeben? (802) S1: Naja, wir mussten, wir durften die Versuche selbst machen. Das fand ich, das fand ich toll. (803) S2: Ja, das fand ich echt schön.</p> <p>WHV1a (423) I: Was war für euch hier jetzt neu? (424) S1: Die Schaltung kennenzulernen. (435) I: Mhh. (426) S2: Mal das alles selber ausprobieren, auszuprobieren, wie es geht [...].</p>	<p>W3vAM4 (bestätigend): Die Schüler/innen beschreiben im Nachinterview auch, dass sie sich durch die Selbsttätigkeit beim Aufbau der Schaltungen trotz der engmaschigen Aufgaben als <i>autonom wahrgenommen</i> haben („Versuche selbst machen“ oder „selber ausprobieren“). Dies bewerten die Schüler/innen hier als besonders positiv („das fand ich echt schön“).</p>
<p>WHV1a (379) I: War das jetzt schwierig für euch, das von diesem hier darauf zu übertragen? (380) S2: Wenn man die Zeichnung sieht, ja. Wenn man es [von der leitenden Person] gezeigt bekommt, geht's. (381) C: Ja, okay. (382) S1: Es ist schwer die Zeichen zu verstehen.</p> <p>WHV1c (700) S1: Schuldigung?</p>	<p>W3vAM2 (widerlegend): Die Schüler/innen nehmen den Aufbau der Schaltpläne im Lernheft als schwierig wahr und zwei der drei begleiteten Gruppen benötigen Hilfe durch die leitende Person beim Aufbau, weil sie es nicht alleine schaffen (vgl. WHV1a-380 oder WHV1c-702). Wenn die Schüler/innen auf die Hilfe der leitenden Person angewiesen</p>

<p>(701) L: Ja. (702) S2: Wir verstehen immer noch nicht den ganz genau den Begriff „umgepolt“.</p> <p>Weitere Stellen: WHV1c(706-713) WHV1b(633-640)</p>	<p>sind, kann dadurch die <i>Kompetenzwahrnehmung</i> reduziert werden.</p>
<p>WHV1a (363) S1: Vielleicht müssen wir die dann da draufstecken. Ich glaube, dass wir die draufstecken müssen. (364) S2: Wo drauf? Zeig mal! (365) S1: Hier hin! (366) L: Bei welcher Schaltung seid ihr denn gerade? (367) S1: Beim dritten...nein, bei... (368) S2: Bei der zweiten. (369) L: Aber das ist ja nicht richtig. Wie viele Kabel sind denn hier? (370) S1: Eins, zwei. (371) L: Eins, zwei, drei. Und wie viele habt ihr hier? Vier habt ihr angeschlossen. Da stimmt ja etwas nicht. [...]</p> <p>WHV1c (628) S1: Was ist denn das? (629) I: Was ist jetzt grade schwierig? (630) S1: Bisschen so ein Viereck zu machen. Aber dann muss das. Das ist jetzt ein Viereck. (631) S2: Soll ich mal anmachen oder? (632) S1: Jupp (633) S2: Aber woher sollen wir jetzt wissen, dass das andere auch, warte. Wenn das jetzt. (634) L: Du bist schon eine Seite zu weit. Das ist nicht die Schaltung. (635) S2: Nein? Ach das muss von der Seite kommen. (636) L: Sieh mal. Es gibt hier es hier drei Kabel. Eins von da nach da. Eins von da nach da und eins von da nach da.</p> <p>WHV1c (650) S2: Plus muss mit Plus und Minus muss mit Minus. So. (651) S1: Das geht nicht. (652) S2: Würde ja auch so nicht gehen, weil der</p>	<p>W3vAM4 (widerlegend): Die leitende Person greift ein, wenn die Schüler/innen die Schaltungen falsch aufbauen, ohne dass diese nach Hilfe gefragt haben, wie Transkriptausschnitte zeigen (vgl. WHV1a-366 oder WHV1c-634). Dadurch können die Schüler/innen nicht selbst entscheiden, wann sie Hilfe benötigen und sich somit weniger als <i>autonom wahrnehmen</i>.</p> <p>W3vAM2 (widerlegend): Außerdem schränkt es ihre <i>Kompetenzwahrnehmung</i> ein, wenn sie unterbrochen und korrigiert werden, etwas falsch gemacht zu haben.</p>

<p>(653) L: Habt ihr schon mal geschubst?</p> <p>(654) S2: Wie bitte?</p> <p>(655) L: Habt ihr schon mal geschubst? Ne. Da habt ihr einen Kurzschluss gemacht.</p> <p>(656) S1: Muss das nur so?</p> <p>(657) L: Nimm mal das schwarze Kabel daraus.</p> <p>(658) S2: Ah ja. Es muss ja einfach nur ne Verbindung kommen.</p> <p>(659) L: Ne, ne.</p> <p>(660) S2: Ich wills nur weg machen.</p> <p>(661) L: Guckt mal. Hier, seht euch das mal an.</p> <p>(662) S2: Ja und dann hier so.</p> <p>(663) L: Seht mal. Der Motor. Vom Motor geht ein Kabel vom Pluspol zum Pluspol der ersten Zelle. Hat das?</p> <p>(664) S2: Mhm (bejahend). Ja, nein so. Und jetzt sollte es funktionieren oder?</p> <p>(665) L: Ok?</p> <p>(666) S1: Das überfordert mich.</p> <p>Weitere Stellen: WHV1a(487-498) WHV1c(706-715) WHV1a(488-494)</p>	
---	--

Zusammenfassung: Validierung der SWOT-Analyse

Die Stärke Wv3A-St1 kann nur mit Einschränkungen verifiziert werden. Es lässt sich durch die Daten bestätigen, dass die Schüler/innen beim Aufbau der Schaltpläne mit den Steckbrettern planvoll handeln und sich dadurch als kompetent und autonom wahrnehmen. Es zeigt sich aber, dass die Schüler/innen mit dem Aufbau Schwierigkeiten haben und scheitern bzw. auf die Hilfe der leitenden Person angewiesen sind, wodurch die Wahrnehmung der Kompetenz und Autonomie eingeschränkt ist.

Tabelle 5.16 Empirische Validierung hinsichtlich der Schwäche „Hohe Fremdsteuerung“ (Wv3A-Sch1)	
Transkriptausschnitt	Codierung und daraus rekonstruierte kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen
<p>So lenken die Schüler/innen zum Beispiel ihre Aufmerksamkeit bei der Reihenschaltung nur auf die Drehrichtung, nicht aber auch auf die Drehgeschwindigkeit und notieren als Beobachtung: „Es dreht sich rechts herum.“</p> <p>(WHV1a(414))</p>	<p>W3vAK11, W3vAK6-8 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>lenken</i> ihre Aufmerksamkeit (W3vAK18) nicht auf die für die Begriffsbildung relevanten Aspekte bzw. <i>nehmen</i> bestimmte Dinge nicht <i>wahr</i> (vgl. WHV1a-414). Dadurch wird auch die Begriffsbildung (W3vAK13-15)</p>

<p>Oder die Schüler/innen nehmen bei der Umpolung nur wahr, dass der Motor sich dreht, nicht aber, dass sich die Richtung ändert und ergänzen den Satz: Der Motor ... „dreht sich trotzdem.“ (WHV1b(373))</p> <p>Dies führt bei einer Gruppe zum Beispiel dazu, dass sie sowohl bei der Umpolung als auch bei der Reihen- und Parallelschaltung immer nur wahrnehmen, dass der Motor sich dreht, die unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Drehrichtungen jedoch nicht: „Der Motor dreht sich.“ (WHV1b(372-373); WHV1b(499-500); WHV1b(658-659))</p>	<p>gehemmt, wie die Aufzeichnungen der Schüler/innen im Lernheft zeigen.</p>
<p>WHV1b (658) S1: Beobachte erneut die Motordrehung. Es dreht sich. (659) S2: Wieder. (660) S1: Wieder? (661) S2: Vielleicht müssen wir auch die Richtung beobachten. (662) S1: Du meinst, wie rum es sich dreht? (663) S2: Vielleicht. [...] (670) S1: Dann machst du das ab und wir gucken, wie es sich bei den anderen gedreht hat. Also dann, nochmals des da. [...] (700) I: Warum testet ihr jetzt nochmal die Richtung? Glaubt ihr das, also (701) S1: Kann ja sein, dass es sich bei den anderen in eine andere Richtung dreht. (702) S2: Ja, weil sonst würden die sie, weil sonst würden die ja nicht die ganze Zeit fragen, also dann, pft, sonst würden die nicht immer nach der Rich..., nach der Beobachtung fragen, wenn sich das eh eigentlich immer dreht. (704) I: Mh. (705) S1: Die müssen auch einen Sinn dahinter haben.</p>	<p>W3vAK11, W3vAK6-8 (bestätigend): Die fehlende Zieltransparenz führt dazu, dass die Schüler/innen nicht wissen, worauf sie eigentlich ihre <i>Aufmerksamkeit lenken</i> sollen (W3vAK11) und so auch am Ende der Experimentierphase noch danach suchen, worauf sie eigentlich achten sollen („[...] sonst würden die nicht immer nach der [...] Beobachtung fragen, wenn sich das eh eigentlich immer dreht.“ WHV1b-702). Dadurch <i>arbeiten</i> sie die Drehgeschwindigkeit nicht <i>als kritisches Attribut heraus</i>, welches die Reihen- und Parallelschaltung unterscheidet (W3vAK6-8).</p>
<p>WHV1c (759) S1: Zweite Seite. Das ist die zweite Seite. Das wisst ihr?</p>	<p>W3vAK11, W3vAK6-8 (bestätigend): Eine andere Gruppe folgt der „rezeptartigen“ Anleitung, ohne dass</p>

<p>(760) S: Ja. (761) S1: Habt ihr beide gemacht? (762) S2: Sollten wir nicht. Sollten wir nicht zwei? (763) S: Nein, wir sollten beide Seiten machen. (764) S2: Ach so. Sicher? (765) S: Ja. (766) S2: Oh. Wir sollten beide Seiten machen? (767) L: Ja. (768) S2: Oh. (769) L: Aber jetzt lassen wir das. (770) S2: Ja ok. Ok, das nennt man Fail, ne.</p> <p>WHV 1c (682) S2: Pole den Motor um. Vertausche die Kabel an Plus- und an Minuspol. Wird der Motor angepolt, dann (683) I: Umgepolt. (684) S1: Bewegt sich der Motor schneller.</p>	<p>ihnen klar ist, worauf sie ihre <i>Aufmerksamkeit richten</i> sollen (W3vAK11). Dies äußert sich darin, dass sie nur einen Teil der Aufgabe (Reihenschaltung) bearbeiten und die Parallelschaltung nicht untersuchen, sodass kein Vergleich möglich ist. Es lässt sich daran erkennen, dass sie nicht wissen, was sie eigentlich herausfinden sollen und Beobachtungen von der Reihenschaltung dem Begriff Umpolung zuschreiben und im Lernheft notieren: Wird der Motor umgepolt, dann... „arbeitet der Motor schneller.“ Daran erkennt man, dass dadurch auch die Begriffsbildung gehemmt wird (W3vAK13-15).</p>
<p>WHV1c(N) (1283) I: Und fandet ihr die Aufgaben jetzt schwierig? Die ihr da gemacht habt? (1284) S: Also Löten nicht unbedingt. (1285) S1: Aber diese Textaufgaben da. (1286) S2: Ja die waren schon. Dieses Umpolen hab ich immer noch nicht ganz verstanden. (1287) I: Aber könnt ihr sagen, was ihr an den Textaufgaben schwierig fandet? (1288) S2: Also dieser, wo dieses „pole um“ also verwechsle. (1289) I: Die Begriffe da (1290) S2: Ja, das hab ich nicht ganz verstanden und zwei haben wir noch nicht geschafft. Also Satz zwei. (1291) I: Und was fandst du schwierig an den Aufgaben? Warum fandst du die schwierig, Finn? (1292) S: Manche waren halt nicht so gut erklärt.</p>	<p>W3vAK11, W3vAK6-8 (bestätigend): Die Schüler/innen äußern im Nachinterview, dass die mit den Aufgaben verbundenen Handlungsziele nicht nachvollziehbar waren („Manche waren halt nicht so gut erklärt.“ WHV1c-1292), sodass sie nicht wussten, worauf sie ihre Aufmerksamkeit richten sollten (W3vAK18) und deswegen <i>Begriffe nicht aufgebaut</i> werden konnten (W3vAK13-15).</p>
<p><i>Notierte Antworten zur Umpolung: „Wird der Motor umgepolt, dann_____“</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • WHV1a(AB1): „dreht er sich auch, nur schneller.“ • WHV1b(AB1): „dreht sich trotzdem.“ 	<p>Insgesamt gelingt es keiner der begleiteten Gruppen, alle drei <i>Begriffe</i> (Reihen-, Parallelschaltung und Umpolung) durch das eigenständige Experimentieren korrekt <i>aufzubauen</i>. Schaut man sich die Ergebnisse der</p>

<ul style="list-style-type: none"> • WHV1c(AB1): „arbeitet der Motor schneller.“ <p><i>Notierte Antworten zur Reihenschaltung:</i> „Schließe dann die zweite Solarzelle so an wie es der Schaltplan zeigt! Beobachte die Motordrehung!“; „Deckt man eine der Solarzellen ab, dann ____“</p> <ul style="list-style-type: none"> • WHV1a(AB1): „Er dreht sich rechts herum.“; (wird nicht bearbeitet) • WHV1b(AB1): „Er dreht sich immer noch rechts herum.“; Deckt man eine Solarzelle ab, dann „dreht sich nichts mehr rechts herum.“ • WHV1c(AB1): „Der Motor dreht schneller.“; „dreht er sich nicht.“ <p><i>Notierte Antworten zur Parallelschaltung:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • WHV1a(AB1): „Nachdem man die Pole übereinander gemacht hat, dreht es sich.“; Deckt man eine Solarzelle ab, dann „dreht es sich trotzdem noch weiter.“ • WHV1b(AB1): „Es dreht sich wieder rechts herum.“; Deckt man eine Solarzelle ab, dann „dreht es sich nicht.“ • WHV1c(AB1): (eine Gruppe kommt gar nicht bis zu diesem Experiment) 	<p>im Lernheft notierten Beobachtungen der Schüler/innen an, fällt auf, dass...</p> <p>W3vAK11 (bestätigend): ... die Schüler/innen oftmals ihre <i>Aufmerksamkeit</i> nicht auf die relevanten Aspekte <i>gelenkt</i> haben und diese deswegen nicht wahrgenommen haben;</p> <p>W3vAK6 (bestätigend): ... beim <i>Begriff</i> der Umpolung keine Gruppe die Drehrichtung als <i>kritisches Attribut herausarbeitet</i>;</p> <p>W3vAK7 (bestätigend): ... es nur einer der drei begleiteten Gruppen gelingt, die beiden <i>kritischen Attribute</i> der Reihenschaltung <i>herauszuarbeiten</i>. Die anderen beiden Gruppen erkennen die Drehgeschwindigkeit nicht als <i>kritisches Attribut</i>;</p> <p>W3vAK8 (bestätigend): ... es bei der Parallelschaltung keiner Gruppe gelingt, die <i>kritischen Attribute</i> der Parallelschaltung <i>herauszuarbeiten</i>. Eine Gruppe bearbeitet die Aufgabe gar nicht und die anderen beiden <i>lenken</i> ihre <i>Aufmerksamkeit</i> nicht auf die Drehgeschwindigkeit.</p>
<p>WHV1c (793) S1: Der dreht sich bisschen schneller. (794) L: Echt? (795) S1: Also eher gesagt er dreht sich. Also er hat nicht aufgehört zu drehen. (796) L: Tobi, hast du noch mehr rausgefunden? (797) S: Er dreht sich dann links herum. (798) L: Aha. Ist dir das auch aufgefallen Lukas? Echt nicht? Aber das ist richtig Tobi.</p> <p>WHV1a (559) L: [...] Was konnte man denn da beobachten? (560) S: Es dreht sich so schnell, dass man fast (unv.) nicht mehr sieht. (561) L2: Das habe ich jetzt leider nicht verstanden!</p>	<p>W3vAK6-8 & W3vAK11 (bestätigend): Es gelingt im Plenum nicht allen Schüler/innen, die <i>kritischen Attribute</i> der Umpolung, der Reihen- und der Parallelschaltung zu <i>benennen</i> (W3vAK13-15), wie diese Beispiele zeigen, in denen die Schüler/innen fachlich falsche Ergebnisse präsentieren (vgl. WHV1c-793 oder WHV1a-560). Dies lässt darauf schließen, dass sie ihre <i>Aufmerksamkeit</i> nicht auf die relevanten Aspekte <i>gelenkt</i> (W3vAK18) und diese dementsprechend nicht <i>wahrgenommen</i> haben.</p>

<p>(562) S: Es dreht sich so schnell, dass man fast die grüne Spirale nicht mehr sieht. (563) L2: Ganz sicher? (564) S: Ja. (565) L2: Bei dieser Schaltung das würde jetzt allerdings den physikalischen Gesetzen widersprechen. Was habt ihr beobachtet, Tanja? (566) S: Nachdem man die Pole übereinander gemacht hat, hat es sich gedreht. (567) L2: Mhm (bejahend) (568) S: (unv.) (569) L2: Hat es sich genauso schnell gedreht wie bei der Reihenschaltung (unv.)? (570) S: Ähh (571) L2: Wie bei dieser Schaltung? (570) S: (unv.) langsamer</p> <p>Weitere Stellen: WHV1b(887-891)</p>	
<p>WHV1c (830) L: [...] So wenn ich also ein möglichst schnell fahrendes Solarboot haben möchte, welche Schaltung nehme ich dann? Nico. (831) S: Parallelschaltung. (832) L: Was meinen die anderen dazu? Benni (833) S: Ich würde die Reihenschaltung nehmen (834) L: Warum nimmst du die Reihenschaltung? (835) S: Weil die schneller ist als die Parallelschaltung (836) L: Nico, ich hatte ja gesagt, wenn wir ein möglichst schnell fahrendes Solarboot haben wollen. Nico, hast du das verstanden (837) S: Ja. (838) L: Ja? Sicher? Ok. Gut meine Herren. [...]</p> <p>WHV1b (905) L: [...] Welche, in welcher Schaltung drehte der Motor schneller? In der Reihenschaltung oder in der Parallelschaltung? (...) Hannah. (906) S: Parallel. (907) L: Das ist die zweite Schaltung gewesen. Jasmin. (908) S1: In der Reihenschaltung. (909) L: Aha. [...]</p>	<p>WevAK6-8 (bestätigend): Es gelingt im Plenum nicht allen Schüler/innen, die <i>Begriffe</i> der Reihen- und Parallelschaltung wie erwartet anzuwenden (vgl. WHV1c-831 oder WHV1b-906), woraus man schließen kann, dass die Schüler/innen die <i>kritischen Attribute</i> der Reihen- und Parallelschaltung nicht korrekt <i>herausgearbeitet</i> haben.</p>

<p>WHV1a(N) 1053) I: Und dann habt ihr ja auch die Experimente gemacht, haben wir ja an den Boards gemacht, ne, mit den Solarplatten. Was hatte das mit dem Solarboot zu tun? Hatte das für euch was mit dem Solarboot zu tun überhaupt? Was denn? [...] (1060) S: So wir haben ja auch gelernt wie man die Kabel anlegen muss, damit das schnell fährt oder langsamer aber dafür bei allem, egal ob das zugedeckt ist oder nicht und dann wie die Schaltung (unv.) Reihenschaltung und einmal eine Parallelschaltung.</p>	<p>W3vAK7-8 (widerlegend): Im Nachinterview im Anschluss an das Angebot gelingt es einer Gruppe, die <i>kritischen Attribute</i> der zwei Begriffe (Reihen- und Parallelschaltung) zu <i>benennen</i> und somit auch den Vorteil der Reihenschaltung gegenüber der Parallelschaltung wiederzugeben.</p>
<p>Beispiele richtiger Antworten in den Fragebögen: WHV1c(NeSe) "Das es schneller läuft also der Motor" WHV1c(AnBe) "Weil es dann schneller fährt. Bei einer Parallelschaltung fährt es langsamer aber dafür wenn man eine Platte abdeckt fährt es weiter bei der Reihenschaltung nicht." Beispiele falscher Antworten in den Fragebögen: WHV1c(JaJa) „Weil das Solarboot mit den Solarblättern sich auch noch ein bisschen im Schatten dreht" WHV1c(ReDi) „Ansonsten würde es glaube ich, nicht funktionieren.“ WHV1c(AnAx) „Wir wollten das der Propella sich nach Rechts und nicht nach Links dreht.“</p>	<p>W3vAK6-8 (bestätigend): Nur 33 von 81 Schüler/innen können in den Fragebögen die <i>kritischen Attribute</i> der Reihenschaltung <i>benennen</i>, um daran die Kriterien für die Entscheidung zwischen den Handlungsalternativen zu begründen. Bei einigen Antworten wird auch deutlich, dass die Schüler/innen Begriffe vermischen und die kritischen Attribute der Umpolung der Reihenschaltung zuschreiben (z. B. WHV1c(AnAx)).</p>

Zusammenfassung: Validierung der SWOT-Analyse

Trotz einzelner widerlegender Daten haben sich die erwarteten Probleme auf Seiten der Schüler/innen aufgrund der Schwäche (W3vA-Sch1) mit Hilfe der empirischen Daten weitgehend bestätigt. Die enge Führung durch die Aufgabenstellung zusammen mit fehlender Zieltransparenz und mangelnder Fokussierung führt zu Schwierigkeiten. Die Schüler/innen bearbeiten zwar die Aufgaben, lenken ihre Aufmerksamkeit aber nicht auf die relevanten Aspekte, sodass sie entscheidende Unterschiede zwischen den aufgebauten Schaltungen am Steckbrett nicht wahrnehmen und dadurch die Begriffe Umpolung, Reihen- und Parallelschaltung nicht zufriedenstellend aufbauen.

Tabelle 5.17 Empirische Validierung hinsichtlich der Schwäche „Keine Entscheidungs-freiräume“ (Wv3A-Sch2)	
Transkriptausschnitt	Codierung und daraus rekonstruierte kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen
<p>WHV1a (579) L: [...] Welche Schaltung ist also für unser Boot, wenn es möglichst schnell fahren soll, die richtige? Die Reihenschaltung oder die Parallelschaltung? Lilly! (580) S: Die Reihenschaltung. (581) L: Habt ihr das alle verstanden? Okay. [...]</p> <p>Weitere Stellen: WHV1b(927-928) WHV1c(830-836)</p>	<p>W3vAK12 (bestätigend): Nicht die Schüler/innen <i>entwickeln Kriterien</i>, um <i>zwischen Handlungsalternativen</i> zu <i>entscheiden</i> und diese zu <i>bewerten</i>, sondern das Kriterium der Schnelligkeit wird von der leitenden Person vorgegeben (vgl. WHV1a-579).</p> <p>W3vAK10 (bestätigend): Die enge Begleitung führt dazu, dass die Schüler/innen beim <i>Entscheiden zwischen zwei Handlungsalternativen</i> sehr fremdgesteuert sind und eigentlich keine Wahl haben (vgl. WHV1a-580).</p>
<p>Beispiele richtiger Antworten: WHV1c(NeSe) „Das es schneller läuft also der Motor“ WHV1c(AnBe) „Weil es dann schneller fährt. Bei einer Parallelschaltung fährt es langsamer, aber dafür wenn man eine Platte abdeckt, fährt es weiter bei der Reihenschaltung nicht.“</p> <p>Beispiele falscher Antworten: WHV1c(JaJa) „Weil das Solarboot mit den Solarblatten sich auch noch ein bisschen im Schatten dreht“ WHV1c(ReDi) „Ansonsten würde es glaube ich, nicht funktionieren.“ WHV1c(NiNi) „Weil es sich auch im Schatten langsam dreht.“ WHV1c(AnAx) „Wir wollten das der Propella sich nach Rechts und nicht nach Links dreht.“</p>	<p>W3vAK12 (bestätigend): Nur 33 von 81 Schüler/innen können in den Fragebögen die Entscheidung für die Reihenschaltung begründen, woraus man schließen kann, dass ein <i>Abwägen</i> auf Basis von <i>selbst entwickelten Kriterien</i> nicht stattgefunden hat.</p>
<p>WHV1b(N) (1524) I: Okay und würdet ihr jetzt sagen, dass ihr euch herausgefordert gefühlt habt von dem, was gemacht wurde heute?</p>	<p>W3vAM6 (bestätigend): Diese Fremdsteuerung durch die genaue Vorgabe des Kriteriums der Schnelligkeit zur Bewertung der</p>

<p>(1525) S1: Also, ich fand, es war schon ziemlich leicht und ich finde auch, dass es mehr Auswahl geben könnte. Also, dass man jetzt zum Beispiel wählen könnte, ob man jetzt ein Boot baut oder einen Roboter oder sowas.</p> <p>(1526) S2: Ja und</p> <p>(1527) I: Mh</p> <p>(1528) S2: da-dass man auch entscheiden kann, welche Schaltungen man haben möchte, insofern, dass halt nicht gerade für ein Rennen ist, sondern halt so zum Spielen für kleinere Kinder, dass des einem dann nicht direkt davonläuft.</p> <p>WHV1b(N)</p> <p>(1562) I: Und wenn ihr jetzt denen nochmal hier einen Tipp geben solltet, was würdet ihr sagen, was vielleicht ein bisschen anders gemacht werden sollte?</p> <p>(1563) S1: Dass man mehr Auswahl hat.</p> <p>(1564) I: Mh.</p> <p>(1565) S1: Also, dass man zum Beispiel wenn man einen Roboter bauen möchte, dass man den auch bauen</p> <p>(1566) S2: Ja</p> <p>(1567) S1: kann.</p> <p>(1568) S2: Dass man halt direkt alles für mehrere Schaltungen bekommen kann, wenn jemand</p> <p>(1569) I: Mh.</p> <p>(1570) S2: halt lieber die Parallelschaltung als eine Reihenschaltung haben möchte, dass man, dass der dann das auch machen kann und dann ihm nicht dafür auch die Materialien fehlen.</p> <p>Weitere Stellen: WHV1b(N1368-1377)</p>	<p>Lösungshypothesen wird von einer Gruppe im Nachinterview explizit als negativ beschrieben, weil sie auch Vorteile in den kritischen Attributen der Parallelschaltung sehen („zum Spielen für kleinere Kinder, dass des einem dann nicht direkt davonläuft“ WHV1b-1528), sie dies aber in die Entscheidung nicht einbinden konnten. Eine andere Gruppe äußert explizit den Wunsch, selbst zwischen den Schaltungen entscheiden zu dürfen: „wenn jemand [...] halt lieber die Parallelschaltung als eine Reihenschaltung möchte, dass man, dass der dann das auch machen kann[...]“ (WHV1b 1569-1570). Daraus ist zu schließen, dass die Schüler/innen sich hier nicht <i>als autonom wahrgenommen</i> haben.</p>
<p>Antworten aus den Fragebögen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ 65 von 89 Schüler/innen kreuzen an, dass im Angebot sehr viel vorgegeben ist (73%) ➔ 11 von 89 geben an, dass sie viel selber machen durften (12%) ➔ 11 von 89 kreuzen nichts an <p>Antworten zu „Schreibe auf, was du selbst bestimmen und planen durftest“:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ 48 Schüler/innen formulieren, nichts selber entscheiden zu können 	<p>W3vAM6 (bestätigend): Die Ergebnisse der Fragebögen zeigen, dass die meisten Schüler/innen sich durch die fachdidaktische Strukturierung nicht als <i>autonom wahrnehmen</i> und sich teilweise sogar explizit wünschen, mehr entscheiden zu dürfen.</p>

<ul style="list-style-type: none"> → 9 Schüler/innen beschreiben die Bemalung des Bootes als einzige eigene Entscheidung → 5 Schüler/innen nennen das Lötten → 19 Schüler/innen geben keine Antwort <p>Antworten zu „Berichte, was dir nicht so gut gefallen hat“:</p> <ul style="list-style-type: none"> → 10 von 89 Schüler/innen nennen hier, dass sie nichts selbst entscheiden durften → 15 von 89 Schüler/innen nennen hier, dass der Leiter zu viel geredet hat <p>Antworten zu „Das sollte anders gemacht werden“:</p> <ul style="list-style-type: none"> → 19 von 89 Schüler/innen wünschen sich, dass sie mehr selbst machen können → 10 von 89 wünschen sich mehr praktische Aktivität 	
--	--

Zusammenfassung: Validierung der SWOT-Analyse

Die Schwäche W3vP-Sch2 lässt sich durch die empirischen Daten verifizieren. Die Schüler/innen nehmen die enge Führung bei der Entscheidung zwischen den Schaltungen und die geringen Freiräume als unangenehm wahr und stellen keine eigenen Entscheidungskriterien auf. Das planvolle Handeln wird also durch die didaktische Strukturierung beschränkt oder sogar behindert. Die Daten zeigen, dass die Schüler/innen sich dadurch als nicht autonom wahrnehmen, sich explizit mehr Entscheidungsfreiräume wünschen. Das mit der Schwäche verbundene Risiko der Demotivation tritt teilweise ein.

Schritt 3: Notwendige Änderungen in der Dimension Autonomieorientierung

Notwendige Änderungen aufgrund der Stärke W3vA-St1:

Der eigenständige Aufbau von elektrischen Schaltungen am Experimentierboard anhand von Schaltplänen soll bleiben, aber die Aufgabenstellung dahingehend differenziert werden, dass die Schüler/innen Hilfen selbstständig nutzen können und selbst entscheiden, wann sie Hilfe anfordern.

Notwendige Änderungen aufgrund der Schwäche W3vA-Sch1 (Fremdsteuerung):

Die Aufmerksamkeit der Schüler/innen soll durch die Aufgabenformulierung stringenter auf die für die Begriffsbildung relevanten Aspekte der zwei Schaltungen fokussiert werden und das planvolle Handeln soll explizit unterstützt werden. Deswegen soll eine weniger „rezeptartige“ Anleitung entwickelt und eingesetzt werden, sodass die Schüler/innen das externe Handlungszielübernehmen und selbst fokussierte Handlungsschritte planen können. Außerdem soll der Begriff der Umpolung nicht thematisiert werden, sondern die Wahrnehmung allein auf die Drehgeschwindigkeit und das Abdecken einer Solarzelle gerichtet werden, um nicht zu viele Aspekte in den Fokus der Aufmerksamkeit zu rücken.

Notwendige Änderungen aufgrund der Schwäche W3vA-Sch2 (Freiräume):

Zusammenhängend damit sollen die Schüler/innen selbstständig zwischen Handlungsalternativen entscheiden können. Der Weg soll hier also geöffnet werden, sodass eine Abwägung der Vorteile der beiden Schaltungen stattfindet und die Schüler/innen selbst Kriterien entwickeln, um zwischen beiden Schaltungen abzuwägen und zu entscheiden. Das in der didaktischen Strukturierung angelegte Potential der Autonomiewahrnehmung soll ausgeschöpft werden.

5.4 Weitere Auszüge von SWOT-Analysen aller drei Orte

Insgesamt sind je zwei Segmente der drei Schülerlaborangebote nach dem gleichen Schema wie in 5.3 ausgewertet worden. Prägnante Beispiele aus den fünf weiteren ausgewerteten Segmenten werden im Folgenden dargestellt, um zu demonstrieren, inwiefern sich die Ergebnisse aus 5.3. in anderen Segmenten widerspiegeln, und um schwerpunktmäßig die Stärken und auch die Schwächen aufzuzeigen, hinsichtlich derer Änderungen der didaktische Struktur vorgenommen werden. Konkrete Stärken bzw. Schwächen der *fachdidaktischen SWOT-Analyse* werden herausgestellt und mithilfe auszugsweiser empirischer Daten validiert, bevor notwendige Änderungen formuliert werden.

5.4.1 *Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Kontextorientierung*

Beispielhaftes Problem: Schwacher Bezug der Handlungen und Beispiele der Experimentierstation zum übergeordneten Kontext (D3vK-Sch1)

Skizzierung des Segments 3 (DLR) „Station Vakuum“: In diesem Segment werden verschiedene Phänomene in einer Vakuumglocke, die einen Modellweltraum darstellt, untersucht.

„[...] wir machen heute Vakuum. Und ich habe ... schon gesagt, wo man ein ganz großes Vakuum findet, im Weltraum. Wisst ihr denn eigentlich noch, was das ist, Vakuum?“

Dabei wird das Verhalten verschiedener Objekte aus dem Alltag der Schüler/innen im Vakuum getestet. Die Schüler/innen sollen Hypothesen darüber aufstellen, was mit Objekten in der Vakuumglocke passiert, bei denen durch Absaugen der Luft der Druck reduziert wird (*„[...] was denkt ihr, was passiert denn damit im Vakuum?“*). Die Schüler/innen sollen das Verhalten der Objekte beschreiben und das Gesehene erklären (*„Wir gucken einfach einmal. Nachdem wir geguckt haben, was passiert, versuchen wir uns das einmal zu erklären warum, okay. [...] So, was ist passiert?“*). Die Vermutungen der Schüler/innen werden jeweils durch Erklärungen der leitenden Person anhand eines Tafelbilds und durch eine mündliche Erklärung ergänzt. Bei diesen Erklärungen werden physikalische Konzepte wie das Teilchenmodell, der Luftdruck oder die Schallwelle herangezogen. Als Objekte dienen ein Luftballon und ein Schokokuss, die sich jeweils ausdehnen, wenn die Luft aus der Vakuumglocke abgesaugt wird, sowie ein Wecker, dessen Schall im Vakuum nicht mehr zu hören ist.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: In diesem Segment wird zu Beginn der Bezug zum Segment 1 (Führung durch das DLR-Forschungszentrum) hergestellt und damit der übergeordnete Kontext der Raumfahrt aufgegriffen. Das im Weltraum herrschende Vakuum wird mit der Vakuumblocke simuliert. Die Schüler/innen werden potenziell angeregt, einen *Zusammenhang* zwischen dem übergeordneten Kontext Weltraum/Raumfahrt und Experimenten in der Vakuumblocke *herzustellen* (D3vKK1), um die *Relevanz* der Station *wahrzunehmen* (D3KM1). Dann wird der Kontext der Raumfahrt verlassen und lediglich auf die Phänomene in der Vakuumblocke fokussiert. Die Rückübertragung der Erkenntnisse bezüglich der Vakuumblocke auf den Kontext Weltraum/Raumfahrt wird hingegen nicht explizit unterstützt (D3vKK4), wodurch auch die Relevanzwahrnehmung der Experimente mit der Vakuumblocke nicht explizit unterstützt wird (D3vKM2). Auch das Herstellen von Zusammenhängen zwischen dieser und den anderen Stationen (Landerbau, Raketenbau) wird nicht explizit angeregt (D3vKK10). Das Risiko dieser Station besteht darin, dass ihr Wert, die Relevanz der Vakuumexperimente für Aufgaben in der Raumfahrt zu erkennen, nicht zum Tragen kommt.

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Die drei begleiteten Gruppen stellen an dieser Station einen generellen Zusammenhang zwischen der Vakuumblocke und dem Kontext Weltraum/Raumfahrt her (D3vKK1); sie erkennen die Vakuumblocke als ein Modell für den Weltraum, mit dem ähnliche Bedingungen geschaffen werden können. Dass dieser Bezug hergestellt wird, bestätigen zahlreiche Aussagen in den Nachinterviews, wie folgendes Beispiel illustriert:

DLR1a

- (681) I: Und was hat das jetzt mit dem Thema Raumfahrt zu tun, was ihr da gemacht habt?
- (682) S1: Also...
- (683) S2: Weil der Weltraum komplett aus Vakuum besteht.
- (684) S1: Da ist auch keine Luft.
- (685) S3: Der Weltraum ist ein großes Vakuum.

Aus derartigen Aussagen kann geschlossen werden, dass die Schüler/innen die Relevanz der Station für den Weltraum/die Raumfahrt wahrnehmen (D3KM1).

Die relative Schwäche der Station zeigt sich dort, wo es um die konkreten Objekte geht, die dem Vakuum ausgesetzt werden. Der Bezug der Beispiele, wie des expandierenden Schokokusses, zu Phänomenen in der Raumfahrt wird von der leitenden Person nicht explizit hergestellt, sofern dies fachlich überhaupt möglich ist. Nur bei der Untersuchung des Weckers wird im Anschluss ein Zusammenhang zwischen den Erkenntnissen über das Phänomen „Schall im Vakuum“ zu dem Kontext der Raumfahrt hergestellt („Man hört gar nichts.“ DLR1a-455) (D3vKK4), wobei die konkrete Bedeutung für die Raumfahrt z. B. für die Kommunikation von Astronauten unklar bleibt:

DLR1a

- (450) L: Ja, genau! Die wird unterbrochen. Weil die Luftteilchen fehlen, ne? Bei uns im Vakuum, wie gesagt, sind immer noch ein paar Luftteilchen vorhanden, das heißt, vielleicht ist der Weg einfach nur länger und die Kraft des Tons nimmt in der Zeit ab, deswegen wird es leiser. Wie ist

- das wohl im Vaku... im Weltall? Ja?
 (451) S: Ähh... ne, doch nicht.
 (452) L: Ja, sag!
 (453) S: Nein.
 (454) L: Nein?
 (455) S: Man hört gar nichts.
 (456) L: Das verstummt da oben, ne? Genau.

Dies bestätigt sich im Nachinterview, denn auf Nachfrage stellen die Schüler/innen keinen Zusammenhang zum übergeordneten Kontext Weltraum/Raumfahrt her (D3vKK4), sodass man schlussfolgern kann, dass die Schüler/innen die Relevanz der untersuchten Alltagsgegenstände für die Raumfahrt nicht erkennen (D3vKM2). Der folgende Auszug illustriert das:

DLR1a

- (666) I: Und was [habt ihr] noch [gemacht]?
 (667) S4: Wir haben...
 (668) S3: Wir haben...
 (669) S4: ...Dinge in ein Vakuum getan, die haben sich dann so zusammengezogen...
 (670) S2: ...sind geplatzt.
 (671) S1: Eins, hat sich, manche haben sich komplett vergrößert!
 (672) S2: Oder haben sich aufgebläht!
 (673) S4: Und sind aufgebläht.
 (674) S1: Oder verkleinert.
 (675) S3: Und einer ist erst als, eine Sache ist erst...
 (676) S2: Das Quietscheentchen!
 (677) S1: Ja, das Quietscheentchen (lachend)
 (678) S2: ...ist erst nachdem das Vakuum abgelassen wurde so geschrumpft.

Ein weiteres Beispiel ist der misslungene Versuch der Schüler/innen, über das Essen der Astronauten zu argumentieren. Sie können also auch in Bezug auf dieses Thema keinen konkreten Zusammenhang zwischen dem Phänomen „luftgefüllte Objekte dehnen sich aus“ und der Raumfahrt benennen:

DLR1a

- (687) I: Und warum noch? Oder warum habt ihr jetzt da dann Sahne getestet, also, was hatte das mit dem Weltraum zu tun? Mit der Raumfahrt?
 (688) S1: Weil wenn man jetzt irgendwie Essen dabei hat, zum Beispiel, glaube ich jetzt, dass man...
 (689) S2: Erdbeeren mit Sahne.
 (690) S1: Ja, und dann will man das so machen und dann so wuiiaaaaaass [macht mit den Händen eine ausdehnende Bewegung]?

Dies führt dazu, dass es den Schüler/innen nur in Ansätzen gelingt, einen Zusammenhang zwischen den Stationen (Führung, Lander, Rakete, Vakuum) herzustellen (D3vKK10), wie folgender Ausschnitt illustriert. Die Verknüpfung zur Vakuumstation wird nicht explizit:

DLR1a

- (3341) I: Und die Stationen untereinander? Also, jetzt habt ihr unterschiedliche gemacht. Fandet ihr, dass das eher so einzelne Sachen waren oder konntet ihr da auch Verbindungen erkennen? [...]
- (3346) S2: Also bei den einzelnen Experimenten. Fallschirm [Lander] und Luft also Raumschiff [Bau einer Rakete], fand ich, passten ziemlich gut zusammen, weil das ist ja im Prinzip ein Unterthema vom Raumschiff. Das Raumschiff fliegt meinetwegen oder diese kleine Anlage fliegt da ein paar Millionen Kilometer dahin. Dann wird das meinetwegen das, ein Teil aus dem, eine Klappe wird geöffnet, das Teil wird rausgeschmissen und auf einen Planeten wird es zugesteuert, steuert es zu. [...]
- (3353) S1: [...] und das mit dem Vakuum war auch eigentlich so Luft aber schon auch Raumfahrt.

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Schwäche ist durch die empirischen Daten weitgehend validierbar. Es zeigt sich, dass die Schüler/innen zwar einen allgemeinen Bezug der Station zum Kontext Raumfahrt herstellen, die konkreten Beispiele (Gummiente, Schokokuss etc.) aber nicht auf Situationen im Welttraum beziehen können. Daraus ergibt sich der Änderungsbedarf, dass der Zusammenhang zwischen den untersuchten Phänomenen und dem Zielkontext der Raumfahrt explizit hergestellt werden sollte oder, dass ggf. andere Beispiele genutzt werden sollten, für die es bessere Korrelate in der Raumfahrt gibt.

Beispielhafte Stärke: Ausgeprägter Bezug dekontextualisierter Erkenntnisse auf den übergeordneten Kontext (Z3vK-St1)

Skizzierung Segments 3 (ZNT) „Umpolung des Motors“: Im Segment erhalten die Schüler/innen am Smartboard während der Darstellung eines einfachen Stromkreises mit Schaltzeichen den Arbeitsauftrag, in Partnerarbeit am Steckbrett zu prüfen, was passiert, wenn man den Motor umpolt. Nachdem die Schüler/innen beobachtet haben, dass sich die Drehrichtung ändert, wird im Plenum am Smartboard der Schaltplan der Schaltung aufgezeichnet. Im Anschluss wird am Wassertisch geprüft, was eine unterschiedliche Drehrichtung für das Solarboot bedeutet:

„Jetzt überlegen wir mal: ist das wichtig für unser Solarboot, dass (unv.) wie rum sich der Motor dreht? Hat wer eine Idee? (unv.) Wir gehen mal zum Wasserbecken. [...] Was müssen wir denn damit noch tun? [...] Was denkt ihr, fährt das?“

Nachdem die Schüler/innen gesehen haben, dass das Boot bei falscher Polung rückwärts fährt, erarbeitet die leitende Person in einem fragend-entwickelnden Gespräch die Prüfung des Motors hinsichtlich der Polung, bevor die Schüler/innen diese Einsicht auf ihr Steckbrett übertragen sollen.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: In diesem Segment ist eine Stärke, dass die Schüler/innen explizit verbal und nonverbal unterstützt werden, zwischen der abstrakten Darstellung der elektrischen Schaltungen mit Schaltzeichen und Schaltskizzen am Smartboard und der Situation am Steckbrettes einen Bezug herzustellen. Das Steckbrett stellt hier den Kontext

für die abstrakten Schaltpläne am Smartboard dar. Das Steckbrett ist allerdings als eine Abstraktion des Solarboots am Wassertisch zu sehen. Die verschiedenen Kontextebenen werden hier also auch durch verschiedene Orte im Raum (Smartboard, Gruppenarbeitstische mit Steckbrettern, Wassertisch) unterstützt. So wechselt man vom Steckbrett zum Wassertisch, was gleichzusetzen ist mit dem Wechsel der Kontextebenen, um Erkenntnisse zur Umpolung des Motors von den Steckbrettern auf das Solarboot am Wassertisch zu übertragen (Z3vKK4). Die Wechsel werden also neben den verbalen Hilfen der leitenden Person auch nonverbal unterstützt. In diesem Sinne wechseln die Schüler/innen im Laufe des Angebotes 14-mal zwischen den drei Kontextebenen hin und her (Abbildung 5.9).

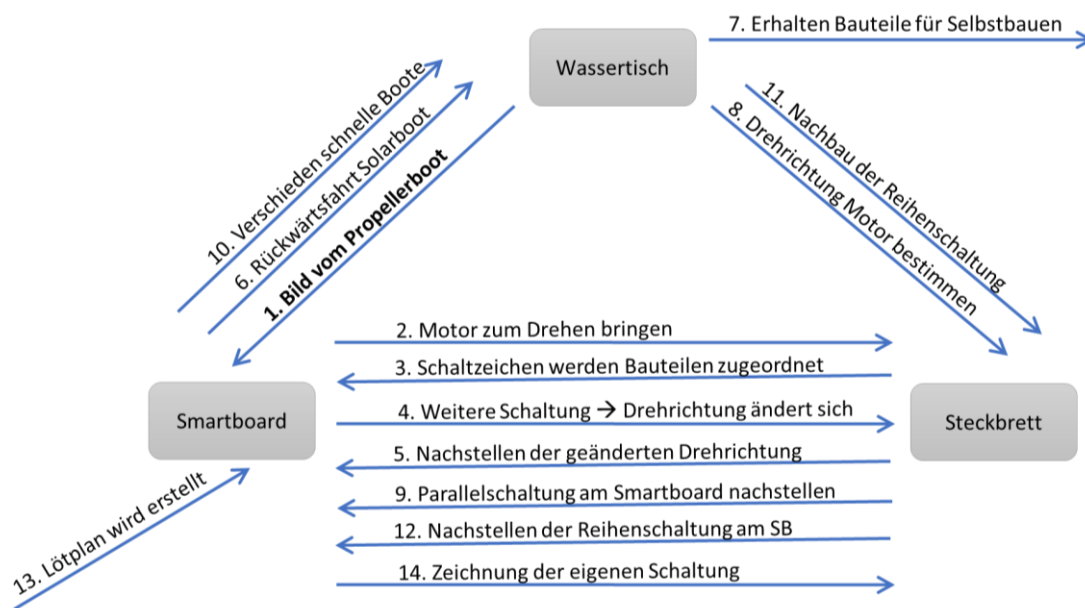


Abbildung 5.8 Ortswechsel während des Laborangebots

Dadurch, dass hier die Auswirkung der Umpolung auf das Solarboot (Fahrtrichtung) direkt wahrnehmbar gemacht wird (Z3vKK6), wird außerdem unterstützt, dass die Schüler/innen einen Anwendungsnutzen der Umpolung erkennen (Z3vKK7) und somit auch die Relevanz wahrnehmen, sich anschließend genauer mit der Polung des eigenen Motors zu befassen (Z3vKM2). Anschließend wird vom Solarbootes erneut abstrahiert, um die Funktion des Motors am Steckboard zu untersuchen. Ein mehrfacher Wechsel zwischen den Ebenen Solarboot – Steckbrett – Schaltskizze wird vorgenommen, aber auch explizit unterstützt (Z3vKK8).

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Dass der Wechsel zwischen den Kontext- bzw. den Abstraktionsebenen den Schüler/innen gelingt (Z3vKK4), kann an einem Beispiel illustriert werden, bei dem die Art und Weise der Verkabelung von Motor und Solarzellen auf das Solarboot übertragen wird:

ZNT1b

- (597) L: Jetzt überlegen wir mal: ist das wichtig für unser Solarboot, dass (unv.) wie rum sich der Motor dreht? Hat wer eine Idee? (unv.) wir gehen mal zum Wasserbecken. (laute Geräusche, S bewegen sich) Nein das ist noch nicht (unv.). Was müssen wir denn damit noch tun? Kai?

- (598) S1: Die Kabel verbinden?
- (599) L: Ja, mach das doch mal bitte! Und Stefan und Johannes, kommt mal mit hier rum, sonst seht ihr das (unv.) da ist ja noch Platz! Und vorsichtig, Hocker!
- [...]
- (608) L: Erzähl mal für alle anderen, was du verbunden hast!
- (609) S: Ich habe die roten Kabel miteinander verbunden und die schwarzen miteinander verbunden.
- (610) L: Geht es noch genauer? Welche Pole?
- (611) S: Ich habe Pluspol und Pluspol und Minuspol an Minuspol.

Den begleiteten Schüler/innen gelingt es, die Auswirkung der Umpolung vom modellhaften Steckboard auf den Kontext des Solarbootes zu übertragen und die Änderung der Drehrichtung des Propellers durch die Umpolung benennen zu können, was der folgende Transkriptauszug belegt:

ZNT1a

- (267) L: Gut! Sehr schön. Okay, dann wollen wir noch einmal schauen. Habt ihr eine Vermutung, was jetzt passiert? Anna?
- (268) S: Dass der Propeller der dreht sich in die andere Richtung
- (269) L: Ja, und dann?
- (270) S: Fährt das in die andere Richtung?
- (271) L: Hat diese Vermutung noch jemand, Pia?
- (272) S: Es fährt rückwärts?

Auch weitere Aussagen wie „Das fährt rückwärts!“ (ZNT1b 676) während der Beobachtung des Verhaltens des Solarbootes im Wassertisch lassen darauf schließen, dass die Schüler/innen wahrnehmen (Z3vKK6), dass das Solarboot bei der Umpolung des Motors die Fahrtrichtung ändert, und sie somit einen Anwendungsnutzen der Umpolung des Motors erkennen (Z3vKK7).

Des Weiteren zeigt sich in den Daten, dass alle begleiteten Schüler/innen die Relevanz wahrnehmen, sich anschließend die Polung des Motors für das eigene Solarboot genauer anzuschauen und diesen zu markieren (Z3vKM2). Aussagen wie folgende zeigen, dass die Schüler/innen sich bewusst sind, welche Auswirkung eine falsche Polung für das Solarboot hätte:

ZNT1c

- (423) L: Und hier hinten sind diese Kontakte an dem Motor. Die bitte nicht platt drücken und verbiegen, weil die brechen irgendwann ab, okay?
- (424) S: Das die Plus- und Minuspole, da muss man darauf aufpassen, dass man die nicht verwechselt mit den Kabeln.
- (425) L: Warum muss man darauf aufpassen? Das würde mich jetzt interessieren. (...) Denk mal an dein Boot nachher.
- (426) S: Eh, weil es sonst rückwärts fährt.

Auch bei der Markierung sprechen die Schüler/innen von sich aus immer wieder über die Fahrtrichtung des Solarbootes, was zeigt, dass sie die Relevanz der Markierung wahrnehmen. Es zeigt aber auch, dass es den Schüler/innen gelingt, die Erkenntnisse vom

modellhaften Steckboard sowie dem Solarboot am Wassertisch auf das eigene zu konstruierende Solarboot zu übertragen (Z3vKK8). Der folgende Auszug illustriert, wie die Schüler/innen einen Bezug der Motorpolung für die Fahrriechtung des Solarbootes herstellen (vgl. ZNT1a-354, 357,360):

ZNT1a

- (348) S1: Also, ich würde erst einmal Plus zu Plus. Da ist Plus und da ist Minus.
 (349) S2: Ja
 (350) S1: Jetzt gucken wir
 (351) S2: Warte, halte mal hier hinten fest. Soll ich die Lampe jetzt an machen?
 (352) S1: Ja.
 (353) S2: Ja, da kommt Wind hin.
 (354) S1: Jetzt fährt es eigentlich vorwärts.
 (355) I: Ja.
 (356) S2: Schalte einmal um!
 (357) S1: Wir machen das jetzt rückwärts.
 (368) S2: Jetzt tauschen wir das mal.
 (359) S1: Jetzt kommt hier Wind und hier nicht.
 (360) S2: Also, jetzt fährt es eigentlich rückwärts.

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Stärke lässt sich weitgehend anhand der Transkriptdaten validieren. Es zeigt sich, dass es den Schüler/innen gelingt, gemäß der didaktischen Strukturierung ihre Erkenntnisse zwischen modellhaften Darstellungen und realen Objekten wie dem Steckbrett hin und her zu übertragen. Dabei nehmen die Schüler/innen auch die Relevanz ihrer Handlungen für den Kontext des Solarbootes wahr. Aus dieser empirisch belegten Stärke heraus ergibt sich, dass im betrachteten Segment kein Änderungsbedarf im Bereich der Kontextualisierung besteht.

Tabelle mit weiteren Stärken und Schwächen hinsichtlich der Kontextorientierung

Im Folgenden (Tabelle 5.18) werden weitere Ergebnisse der empirisch geprüften SWOT-Analysen dargestellt. Dabei werden die verifizierten Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse mit den empirisch erkannten Einschränkungen kurz dargestellt sowie die daraus abgeleiteten Änderungsbedarfe formuliert.

Tabelle 5.18 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der Kontextorientierung		
Lernort	Empirisch geprüfte Stärken und Schwächen	Dadurch abgeleitete Änderungskonsequenz
ZNT – Segment 1: Einführung der Konstruktionsaufgabe eines Solarbootes	Stärke: Kontextwissen aktivieren (Z1vK-St1): Das Segment aktiviert durch den Kontext des Solarbootes das Vorwissen der Schüler/innen zu Bauteilen eines Antriebes. Indem weitere Alltagskontexte (Automotor, Solarzelle auf Haus) herangezogen werden, aktivieren die Schüler/innen auch Vorwissen zu Vorteilen von regenerativen Energien.	Die Aktivierung des Vorwissens zu Bauteilen eines Antriebes für ein Fahrzeug, bei dem der Kontext Solarboot herangezogen wird, soll erhalten bleiben. Dabei soll das Potential des Kontextes stärker genutzt werden und die ökologische Perspektive stärker aufgegriffen

	<p>Einschränkung: Es zeigt sich in den empirischen Daten jedoch, dass das Potential des Kontextes nicht ausgeschöpft wird, da die ökologische Perspektive nur beiläufig und sehr unspezifisch aufgegriffen wird.</p>	<p>werden. So eignet sich der Kontext Solarboot auch dafür, über alternative, zukunftsfähige Antriebe zu diskutieren, was stärker thematisiert werden sollte.</p>
<p>DLR – Segment 4: Station „Landenavigation“</p>	<p>Stärke: Bezug zu übergeordnetem Kontext (D4vK-St1): Der übergeordnete Kontext der Raumfahrt wird in diesem Segment aufgegriffen und durch die Landung eines Rovers auf dem Mars mit einer Landevorrichtung erweitert. Dadurch unterstützt es die didaktische Strukturierung, Zusammenhänge zu vorherigen Segmenten herzustellen. Die Aufgabe, mit Hilfe der bereitliegenden Materialien einen Lander für ein rohes Ei zu konstruieren und zu testen, wird gestellt. Der Ei-Lander ist hier also die modellhafte Darstellung des Kontextes der Marslandung. Gleichzeitig stellt der Ei-Lander einen Kontext für physikalische Gesetze der Mechanik dar. Dadurch wird begünstigt, dass die Schüler/innen einen Zusammenhang zwischen der Marslandung und dem Ei-Lander sowie physikalischen und technischen Überlegungen herstellen, und eine Relevanzwahrnehmung unterstützt.</p> <p>Einschränkung: In den Daten lassen sich keine Belege finden, die darauf schließen lassen, dass die Erkenntnisse über den Ei-Lander am Ende auch wieder auf den Kontext der Marslandung übertragen werden.</p>	<p>Der Bezug zum übergeordneten Kontext durch die Marslandung soll beibehalten werden, sodass der Ei-Lander als Modell für einen Marsrover dargestellt wird. Zusätzlich sollten die Schüler/innen dabei aber explizit unterstützt werden, die Erkenntnisse vom Ei-Lander anschließend wieder zurück auf den Marslander zu beziehen. Dabei sollten die Schüler/innen angeregt werden, Analogien zwischen dem Modelllander und einem realen Lander konkret herauszuarbeiten.</p>
<p>Lernort Technik und Natur – Segment 6: Das Koordinatensystem als Programmierhilfe</p>	<p>Stärke: Übergeordneter Kontext motiviert Inhalte (W6vK-St1): In diesem Segment werden die Aufgabenstellungen durch den Kontext motiviert, indem die Schüler/innen mit Koordinaten arbeiten, die für den computergesteuerten heißen Draht bei der Fertigung des Rumpfes nötig sind. Dabei unterstützt das Segment, dass die Schüler/innen einen Zusammenhang zwischen der realen Situation des Solarbootes und der modellhaften Darstellung von Koordinaten herstellen sowie die Relevanz ihrer Handlungen für den Kontext des Solarbootes wahrnehmen. Das Segment unterstützt dadurch auch,</p>	<p>Hier ergibt sich kein Änderungsbedarf. Die Strukturierung des Segments hinsichtlich der Kontextorientierung sollte beibehalten werden.</p>

	dass die Schüler/innen durch die Fertigung des Rumpfes mit einem computergesteuerten heißen Draht einen Anwendungsnutzen des Koordinatensystems erkennen.	
--	---	--

5.4.2 Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Problemorientierung

Beispielhaftes Problem: Problemlöseweg ist vorgegeben (W6vP-Sch1)

Skizzierung des Segments 6 (WHV) „Koordinatensystem als Programmierhilfe“: Das Ziel des Segments hinsichtlich der übergeordneten Problemlöseaufgabe ist es, dass Schüler/innen einen Bootsrumpf aus Styrodur mit Hilfe eines computergesteuerten heißen Drahts konstruieren. Nachdem die Funktionsweise eines Koordinatensystems anhand eines Rechteckes im Plenum rekonstruiert worden ist, zeichnen die Schüler/innen die Eckpunkte des Bootsrumpfes in Koordinatensystem auf einem Arbeitsblatt ein. Daraufhin übertragen sie die Koordinaten in ein Computerprogramm, das von der leitenden Person erklärt wird:

„Und den Schneideweg [des Rumpfes] bestimmen wir, indem wir verschiedene Punkte setzen und die nachher miteinander verbinden, sodass wir eine Form rausbekommen. Und hier haben wir schon so eine Form [Rechteck auf Arbeitsblatt] und die entsprechenden Punkte. Jetzt müssen wir nur noch rausfinden, wo liegen diese Punkte jetzt überhaupt? (...) Das geht hier los. Hier ist der Punkt p1. Wir haben hier also noch so eine Skala, ne? (...) Hier ist fünfzig, hier auch, da ist hundert. So. Okay. Wo könnte denn jetzt hier unser Punkt p1 liegen auf unserem Weg zu dieser tollen Form [des Bootsrumpfes]?“

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Zwar wird hier deutlich, dass das Segment zur Konstruktion des Rumpfes und somit zur Lösung der übergeordneten Problemlöseaufgabe beiträgt (W3vP-St1), aber die Lösung der Problemlöseaufgabe ist durch eine einzige Lösungshypothese genau vorgegeben (W3vP-Sch1). Dadurch werden viele Prozesse des Problemlösens nicht durch die Aufgabenstellungen unterstützt. So konstruieren alle Schüler/innen durch die didaktische Strukturierung den gleichen vorgegebenen Rumpf, sodass das Bilden von Lösungshypothesen nicht angeregt wird (W6vPK12). Stattdessen unterstützt das Angebot lediglich, dass die Schüler/innen die vorgegebene Form wahrnehmen (W6vPK7) und als geeignete Form erkennen (W6vPK10).

Die Schüler/innen werden nicht unterstützt, die Lösungshypothese zu bewerten (W6vPK13) und kritische Attribute einer geeigneten Rumpfform herauszuarbeiten (W6nK14). Auch wird durch die Engführung des Lösungsweges die Wahrnehmung der Selbstwirksamkeit reduziert, weil die Schüler/innen keine eigenen Ideen zur Lösung einbringen können (W6nPM5). Das Risiko besteht hier darin, dass eine Demotivation stattfindet.

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Die begleiteten Gruppen beschrifteten die Koordinaten auf dem Arbeitsblatt (WHV1-AB2) und verbinden die Punkte grafisch, sodass sie die Form des Rumpfes wahrnehmen (W6vPK7). Allerdings lassen sich keine Transkriptausschnitte finden, in denen die Schüler/innen explizit und von sich aus über die

dort entstandene Form diskutieren. Es lässt sich also nicht rekonstruieren, inwieweit die Schüler/innen die entstandene Form als geeignet erkennen (W6vPK10) oder kritische Attribute der Form herausstellen (W6nPK14). Befragte Schüler/innen können die Frage nach der geeigneten Rumpfform nicht beantworten. Einigen gelingt es, die spitz zulaufende Form als kritisches Attribut einer geeigneten Rumpfform herauszustellen (W6nPK14), wie folgende Aussage illustriert:

WHV1b

(2350) I: Okay. (...) Warum hat überhaupt so ein Boot so eine Form?

(2351) S2: Mhh... Damit das besser SCHWIMMEN KANN?

(2352) S1: Ja, das ist, ich glaube, das ist auch bei Autos so, dass die vorne eher so spitz zulaufen und hinten etwas breiter sind, damit der Luftwiderstand nicht ganz so stark ist.

An dieser Aussage kann man auch erkennen, dass die Schülerin die Rumpfform als geeignet bewertet (W6vPK13), indem sie die Form mit der eines Autos vergleicht und beschreibt, dass eine solche Form gut ist, weil es einen geringen Widerstand hat. Weitere Transkriptausschnitte zeigen, wie die Schüler/innen die Rumpfform als Lösungshypothese bewerten und eigene Lösungshypothesen bilden („Ich würde das hier vorne gerne auch ändern.“ WHV1c1725) (W6vPK12), obwohl dies nicht explizit durch das Angebot unterstützt wird:

WHV1c

(1725) S2: Ich würde das hier vorne gerne auch ändern. Also irgendwie hier und dann so quer. Also das wäre witzig.

(1726) I: Wie würdest du das dann zum Beispiel ändern wollen?

(1727) S2: Also jetzt zum Beispiel hierdurch.

(1728) I: Ah, ok. Keine Spitze. Die Spitze weg.

(1729) S2: Ja.

(1730) I: Mhm (bejahend).

(1731) S2: Weil die Spitze, die kann sehr leicht kaputt gehen und da bei so einem Rumpf vorne nicht so. Oder flach.

In allen Gruppen kritisieren die Schüler/innen die enge Vorgabe der Lösungshypothese („Unterschiedliche wäre witziger.“ WHV1c1754) und äußern auch explizit den Wunsch, eigene Lösungshypothesen zu bilden (W6vPK12) und diese auch umsetzen zu können, statt eine vorgegebene Form nachzubauen (vgl. WHV1c-1754):

WHV1c

(1753) I: Findest du es denn gut, dass jetzt alle das gleiche Boot machen? Oder hättest du lieber unterschiedliche Boote gemacht?

(1754) S2: Unterschiedliche wäre witziger. Also dann könnte sich jeder so seins präsentieren und da sagen, was er so an seinem so toll findet und was nicht so vielleicht. Und ja.

(1755) I: Und warum findest du das besser?

(1756) S2: Weil man kann dann seine Kreativität mal einsetzen. Also zum Beispiel, also das hinten kann ja gerne bleiben, weil das ja auch sonst nicht passen würde, aber dann vorne oder die Seiten so ein bisschen ändern.

Es wird dabei auch deutlich, dass die Schüler/innen sich hier wenig als kompetent wahrnehmen (W6vPM5), weil sie ihre eigenen Ideen nicht einbringen können (Wunsch von Schüler: „seine Kreativität mal einsetzen“ (WHV1c-1756). Dies wird auch durch weitere Aussagen der Schüler/innen in anderen Zusammenhängen unterstützt, die z. B. auf die Frage nach Verbesserungsvorschlägen sagen, dass sie einen eigenen Rumpf konstruieren möchten, „[...] damit man auch sagen kann, das habe ich auch selbst gemacht ohne Anleitung, ich habe etwas selbst entworfen. [...] weil dann sieht man, dass man halt selbst gemacht hat und dass man das auch ohne Hilfe hätte schaffen können.“ (WHV1b-2265-2267)

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Schwäche wird weitgehend validiert. Es zeigt sich, dass die Schüler/innen durch die enge Vorgabe der Lösungshypothese unterfordert und dadurch auch demotiviert sind sowie sich explizit wünschen, selbst Lösungshypothesen zu bilden. Aus dieser erkannten und belegbaren Schwäche ergibt sich der Änderungsbedarf, das vorhandene Potential der Problemlöseaufgabe stärker zu nutzen. Es sollten weniger instruktionsbasierte Aufgaben eingesetzt werden, die eine einzige Lösungshypothese vorgeben, sondern vielfältige Lösungswege sollten geöffnet werden, sodass die Schüler/innen eigene Lösungshypothesen bilden, prüfen und bewerten können.

Beispielhaftes Problem: Darstellung der Problemlöseaufgabe bleibt implizit (Z1vP-Sch1)

Skizzierung des Segments 1 (ZNT) „Einführung der Konstruktionsaufgabe für ein Solarboot“: Das Ziel des Segmentes unter dem Aspekt der Problemorientierung ist es, die übergeordnete Problemsituation der Konstruktion eines Solarbootes darzustellen. Im Plenum stehen die Schüler/innen an einem Wassertisch und nachdem der Leiter verkündet hat, dass die Schüler/innen ein Solarboot konstruieren sollen, werden die Ideen für Bauteile eines Solarbootes gesammelt und die tatsächlichen Bauteile von der leitenden Person gezeigt. Bei jedem Bauteil arbeitet die leitende Person im Gespräch mit den Schüler/innen die Funktion des Bauteils heraus. Abschließend zeigt die leitende Person den Schüler/innen ein Bild von einem Propellerboot, welches nachgebaut werden soll, wofür die Schüler/innen jetzt erst noch Wissen aufbauen müssten:

„Das heißt, jeder von euch soll ja heute so ein Solarboot bauen und wir wollen jetzt in der restlichen Zeit noch mal herausfinden, bis es so weit ist, was wir alles dafür brauchen, damit dieses Solarboot tatsächlich vorwärts fährt, ne?“

Fachdidaktische SWOT-Analyse: In diesem Segment wird die Konstruktion eines Solarbootes als Ziel des Tages von der leitenden Person dargestellt und später ein Foto von einem Propellerboot gezeigt, welches modellhaft nachgebaut werden soll. Dabei bleibt jedoch das Potential ungenutzt, die Problemlösesituation so darzustellen, dass das Solarbootes bestimmte Eigenschaften haben soll. Zwar werden die Schüler/innen angeregt, die Konstruktion als ein zu lösendes Problem zu erkennen (Z1vPK16), jedoch werden die Schüler/innen nicht unterstützt, den Zielzustand genauer zu benennen (Z1vPK17). Dadurch können die Potentiale der Unterstützung der Relevanzwahrnehmung durch die Zielklarheit einer Problemlöseaufgabe vermutlich nur in Teilen von den Schüler/innen genutzt werden (Z1vPM2). Diese fehlende Darstellung der Problemsituation birgt das Risiko, dass die Schüler/innen die Konstruktion des Bootes nicht als zu lösendes Problem erkennen.

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: In keiner Transkriptpassage ist zu erkennen, dass die Schüler/innen die Konstruktion eines Solarbootes selbstständig als Ziel thematisieren, woraus geschlossen werden kann, dass die Schüler/innen nicht angeregt werden, das zu erreichende Ziel, die Lösung des Problems zu erkennen (Z1vPK17). Dies wird dadurch belegt, dass nur eine Gruppe im Nachinterview auf die explizite Frage, welche Aufgabe bestand, die Konstruktion des Solarbootes nennt: „Ich würde sagen, die Aufgabe, das Solarboot zu bauen.“ (ZNT1c-2276). Die anderen Gruppen antworten auf die Frage verunsichert, beispielsweise: „Also wo genau Energie herkommt, glaube ich, also was man alles mit Energie machen kann. [...] Dass wir die Solarzellen besser kennengelernt haben.“ (ZNT1b-2619-2621) Daraus ist zu schließen, dass die Schüler/innen die Konstruktion des Bootes nicht als zu lösendes Problem erkannt haben (Z1vPK16).

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Schwäche, dass die Bootskonstruktion nicht explizit als Problemlöseaufgabe erkannt wird, lässt sich also anhand der empirischen Daten belegen. Die Problemsituation sollte dahingehend genauer beschrieben und es sollten genaue Kriterien für die Konstruktion des Solarbootes formuliert werden, bestenfalls von den Schüler/innen selbst. Die Aufgabe soll dadurch explizit als eine Problemlöseaufgabe dargestellt werden, mit definiertem Zielzustand und offenem Lösungsweg. Damit soll zudem die Relevanzwahrnehmung verstärkt werden.

Beispielhaftes Problem: Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe wird nicht genutzt (Z3vP-Sch1)

Skizzierung des Segments 3 (ZNT) „Umpolung des Motors“: In diesem Segment erhalten die Schüler/innen den Arbeitsauftrag, in Partnerarbeit am Steckbrett zu prüfen, was passiert, wenn man den Motor umpolt. Nachdem die Schüler/innen beobachtet haben, dass sich die Drehrichtung ändert, wird im Plenum am Smartboard der Schaltplan der Schaltung aufgezeichnet. Am Wassertisch wird geprüft, wozu eine unterschiedliche Drehrichtung für das Solarboot führt. Der Zielzustand wird vom Leitenden geschildert:

„Also ich muss an der Stelle immer sagen, wir machen zum Schluss des Tages heute natürlich ein kleines Wettrennen. [...] Was vermutet ihr, wenn Tanja jetzt das anders anschließt, fährt es noch?“

Nachdem die Schüler/innen gesehen haben, dass das Boot bei einer bestimmten Polung rückwärts fährt, erarbeitet die leitende Person im fragend-entwickelnden Gespräch die Prüfung des Motors, bevor die Schüler/innen ihre Bauteile markieren. Der Weg der Prüfung ist stark vorstrukturiert und kleinschrittig.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Das Segment trägt zwar zur Lösung der übergeordneten Problemlöseaufgabe bei, das Potential wird aber nicht ausgeschöpft. Erst in der Mitte des Segments werden die Schüler/innen angeregt, das Vorwärtsfahren des Bootes bei einem Wettrennen als Problemsituation erkennen (Z3vPK10) und dadurch die Markierung der Motoranschlüsse als Teil einer Problemlöseaufgabe wahrzunehmen (Z3vPK9). Somit wird auch die Relevanzwahrnehmung der Problemlöseaufgabe nicht von Beginn an unterstützt (Z3nPM3).

Durch die Experimente am Steckbrett zur Polung des Motors wird somit der Einfluss der Polung auf die Drehrichtung als Lösung bereits kleinschrittig aufgezeigt, bevor die eigentliche Problemsituation durch das rückwärtsfahrende Boot aufgebracht wird. Dadurch unterstützen die Aufgaben keine Prozesse des Problemlösens, bei denen die Schüler/innen selbstständig *Lösungshypothesen aufstellen* und selbstständig *prüfen* (Z3vPK11). Auch wird so das Potential nicht genutzt, eine herausfordernde Problemlöseaufgabe so zu stellen, dass die *Wahrnehmung der Selbstwirksamkeit* hier explizit unterstützt wird (Z3vPM4). Dieses Segment birgt also das Risiko, dass die Schüler/innen durch die kleinschrittigen Anleitungen nicht herausgefordert sind und sich ggf. langweilen.

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Während der Experimentierphase am Steckbrett sowie in der anschließenden Plenarphase am Smartboard stellen die Schüler/innen an keiner Stelle einen expliziten Zusammenhang zur übergeordneten Problemlöseaufgabe der Konstruktion des Solarbootes her. Die Relevanz ihrer Handlungen für die Problemlöseaufgabe wird nicht wahrgenommen (Z3nPM3). Erst als das Boot am Wassertisch betrachtet wird und die leitende Person das Wettrennen benennt, erkennen die Schüler/innen das „Rückwärts[fahren]“ (ZNT1a278) als Problemsituation (Z3vPK10) und somit die Relevanz der Polung für die übergeordnete Problemlöseaufgabe (Z3nPM3), wie folgender Auszug verdeutlicht:

ZNT1a

- (275) L: Wir müssen natürlich auch immer daran denken, wir machen heute zum Schluss des Tages auch noch ein Rennen, ein Wettrennen. Und Wettrennen heißt, der Erste, der ins Ziel kommt, hat gewonnen.
- (276) S: Und was bekommt der dann?
- (277) L: Ruhm und Ehre! Und das wird natürlich ganz schwer, wenn das Boot, Pia?
- (278) S: Rückwärts fährt.
- (279) L: Ja! Kommst du dann ins Ziel?
- (280) S: Nein!

Dies bestätigt sich auch durch Aussagen der Schüler/innen während der Markierung der Polung des Motors im Anschluss, indem die Schüler/innen die Markierung der Polung als relevant für die Fahrtrichtung beschreiben: „Dass die Plus- und Minuspole, da muss man darauf aufpassen, dass man die nicht verwechselt mit den Kabeln. [...], weil es sonst rückwärtsfährt.“ (ZNT1c-424-426). Weitere Aussagen der Schüler/innen wie die Antwort: „Um zu testen, wie das Boot fährt, also ob das rückwärts oder vorwärts.“ (ZNT1a-339) auf die konkrete Frage, wozu sie die Pole markieren, zeigen, dass es allen begleiteten Gruppen gelingt, die Markierung der Pole des Motors als Teil der Problemlöseaufgabe zu erkennen (Z3vPK9).

Trotzdem lassen sich weder an den Experimentierboards noch am Wassertisch oder bei der Markierung der Motoren Prozesse des Bildens und Prüfens von Lösungshypothesen rekonstruieren (Z3vPK11), weil alle Handlungen bereits im Plenum vorstrukturiert und der Reihe nach abgearbeitet werden, wie der folgende Auszug illustriert:

ZNT1a

- (343) S1: So, dann müssen wir
(344) S2: die Klemme, also die Klemmen
(345) S1: Ja, die Klemmen, jetzt brauchen wir noch ein schwarzes Kabel.
(346) S2: Ja, nehmen wir die Klemmen und stecken das rote Kabel in der roten Klemme
(347) S1: Und jetzt ist die Frage, wo was hinkommt.
(348) S2: Also, ich würde erst einmal Plus zu Plus. Da ist Plus und da ist Minus.
(349) S1: Ja.
(350) S2: Jetzt gucken wir
(351) S1: Warte, halte mal hier hinten fest. Soll ich die Lampe jetzt an machen?
(352) S2: Ja.
(353) S1: Ja, da kommt Wind hin.
(354) S2: Jetzt fährt es eigentlich vorwärts.

Dies führt dazu, dass die Schüler/innen die Aufgaben als wenig herausfordernd wahrnehmen (Z3vPM4). Denn sowohl bei der Markierung des Motors als auch bei den Experimenten am Steckbrett äußern die Schüler/innen auf die Nachfrage, inwieweit sie sich von den Aufgaben herausgefordert fühlen, dass die Aufgaben „nicht so schwer“ sind.

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Schwäche wird durch die empirischen Daten weitgehend belegt, Prozesse des Problemlösens finden kaum statt und die Schüler/innen sehen sich durch die Aufgabenstellungen wenig herausgefordert. Daraus ergibt sich der Änderungsbedarf, dass das Potential des Problemlösens stärker genutzt werden soll; so könnten die Schüler/innen selbst auf das Problem stoßen, dass das Boot rückwärts fährt und Lösungshypothesen dazu bilden und prüfen, wie sie dies ändern könnten.

Beispielhaftes Problem: Problemlöseprozess wird abgebrochen (D4vP-Sch1)

Skizzierung des Segments 4 (DLR) „Station Landenavigation“: In diesem Segment wird durch die leitende Person die Problemsituation geöffnet, dass ein Roboter heil auf dem Mars ankommen soll. Deswegen sei es notwendig einen Lander zu konstruieren. Das Ziel der Problemlöseaufgabe wird transparent gemacht, indem ein Ei heil bleiben soll, das aus dem 2. Stockwerk fällt:

„(...) Jetzt ist es natürlich so, dass wir möglichst versuchen, dass dieser Roboter heil ankommt. Weil, ja gut, weil man jetzt nicht sagen kann, okay wenn da jetzt irgendetwas passiert ist, er ist falsch gelandet et cetera, dann kann man nicht sagen, okay wir schicken da jetzt mal kurz einen Astronauten hin, der das grad so mal reparieren kann. Geht ja nicht, ne? Deswegen machen wir uns die Mühe, dass es halt so gut wie möglich landet und DAS ist eure Aufgabe: Ihr bekommt ein rohes Ei, das wir das ihr vom zweiten Stock runterwerfen sollt und es soll heil unten ankommen. [...] Aber eure Aufgabe ist es, zu überlegen, wie könnte ich so einen Fallschirm gestalten? ... und dazu gebe ich euch [diese Materialien].“

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Das Segment regt die Schüler/innen zu einem hochdynamischen Problemlöseprozess an (vgl. D4vP-St1). Durch den Bau des Lander und den einmaligen Test wird genau eine Lösungshypothese verfolgt und bewertet (D4vPK13), dann bricht der Problemlöseprozess ab, unabhängig davon, ob das Ei heil bleibt oder nicht. Zwar können die Schüler/innen gegenüber dem Leitenden weitere Lösungshypothesen mündlich vorbringen (D4vPK14), diese dann aber nicht umsetzen, um sie erneut zu prüfen und zu bewerten (D4vPK16). Dies begrenzt die kognitive Anregung und kann dazu führen, dass die Selbstwirksamkeitswahrnehmung der Schüler/innen bei Nichtgelingen der eigenen Konstruktion nicht unterstützt wird (D4vPM5). Es besteht das Risiko, dass die Schüler/innen frustriert sind, da sie das Problem nicht lösen konnten, obwohl sie anhand des Abwurfs weitere Lösungshypothesen ansatzweise entwickelt hatten.

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Von den drei begleiteten Gruppen gelingt es nur einer Gruppe, einen Lander zu konstruieren, sodass das Ei heil bleibt. Diese Gruppe freut sich lautstark darüber: „JA! Komplett heile! Nichts!“ (DLR1b-1923), woraus man schließen kann, dass sie sich hier durch das Gelingen als kompetent wahrnehmen (D4vPM5). Die beiden anderen Gruppen nehmen sich durch den Fehlschlag als nicht kompetent wahr (D4vPM5):

DLR 1c

(2053) S3: Wir sind so doof. Okay, das – wir haben es nicht geschafft.

DLR 1c

(2038) S1: Scheiße.

(2039) s4: Ups.

(2040) s2: Verkackt!

DLR 1a

(1422) L: Naja, also für mich ist das kaputt, muss ich leider sagen!

(1423) S3: NEIN!

(1424) S2: Aber, das lag daran, dass es da... oh Gott!

(1425) S1: Ja, das ist da dagegen gestoßen!

(1426) S4: Und das Ding ist eh gerissen, hier guck mal.

Auch im Nachinterview wird deutlich, dass sich die Schüler/innen dadurch, dass sie das Problem nicht lösen konnten, nicht als kompetent wahrnehmen und dies ihre Motivation („Spaß“) sehr stark beeinflusst („schade“), wie z. B. folgende Aussage zeigt: „Ja, hat Spaß gemacht, aber es war irgendwie so, fand ich halt irgendwie bisschen so schade, dass man dann trotzdem nicht schafft so“ (DLR1c-2249). Es fällt auf, dass alle Gruppen egal, ob das Ei heil geblieben ist oder nicht, ihre Lander-Konstruktion während des abschließenden Plenumsgesprächs auf Grundlage ihrer Beobachtungen beim Abwurf kritisch bewerten (D4vPK13) und dabei auch direkt neue Lösungshypothesen bilden (D4vPK14), um den Lander weiterzuentwickeln. Folgender Transkriptauszug illustriert dies. Die Fallgeschwindigkeit (vgl. DLR1b-1968) wird kritisch bewertet und die Veränderung der Fallschirmgröße wird als Lösungshypothese entwickelt (vgl. DLR1b-1673):

DLR 1b

(1968) S1: Wir hatten, hätten den Fallschirm eine Ecke größer bauen können. Der

ist mit so einem, das gesamte Teil ist mir nämlich etwas zu schnell gefallen.

(1669) L: Genau. Wie hätte man das denn sonst noch verhindern können, dass der so schnell fällt?

(1670) S3: Dass wir die gesamte Kapsel kleiner gebaut hätten.

(1671) L: Okay, was noch?

(1672) S2: Ja, Fallschirm oder so

(1673) S1: Größerer Fa-

(1674) L: Fallschirm

(1675) S1: Fallschirm größer – hatte ich auch schon gesagt. Von der Federung her war alles in Ordnung. Vielleicht hätte ich noch auf, hier auf beide Seiten was dranbauen können.

Diese von den Schüler/innen formulierten Lösungshypothesen, können jedoch nicht erneut geprüft werden (D4vPK16), weil das nicht vorgesehen ist. Einige Schüler/innen äußern im Nachinterview den Wunsch, ihre hypothetische Weiterentwicklung des Landers als neue Lösungshypothese erneut prüfen zu dürfen („Hätte man mehr [...] Versuche gehabt“ DLR1c-2280):

DLR1c

(2275) I: Was war denn daran so schwer?

(2276) S1: Ja, dass man

(2277) S4: Also, wir haben es jetzt ko...- letztendlich ja falsch gemacht. Irgendwie hätten wir es bestimmt auch anders machen können, aber das Schwere war halt irgendwie, des hinzukriegen und

(2278) I: Mh.

(2279) S4: Da wir nur einen Versuch hatten und nicht wussten, wie es wird.

(2280) S2: Hätte man mehr gemacht, hätte - Versuche gehabt, wäre das jetzt so, man hätte nochmal irgendwas verbessern können, zum Beispiel jetzt irgendwie das Ei unten packen können, damit es so fällt und irgendwie noch ein Polster machen können.

(2281) I: Mh.

(2282) S4: Aber wenn man super (unv.) drunter packt.

(2283) I: Also hättet ihr jetzt gerne nochmal

(2284) S4: Ja.

(2285) I: weiter ausprobiert?

(2286) S3: Also ich hätte gerne weiter noch ausprobiert

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Schwäche lässt sich durch die Daten validieren. Durch das Unterbrechen des Problemlöseprozesses sind die Schüler/innen demotiviert, da sie das Problem nicht gelöst haben. Es ergibt sich der Änderungsbedarf, dass der dynamische Prozess des Problemlösens durch eine mehrfache Testung des Landers und seiner Variation zwischen den Testdurchläufen durchgehalten wird und die Schüler/innen mehrere Optimierungszyklen des Landers organisieren dürfen.

Tabelle mit weiteren Stärken und Schwächen hinsichtlich der Problemorientierung
 Im Folgenden (Tabelle 5.19) werden weitere Ergebnisse der empirisch geprüften SWOT-Analysen dargestellt. Dabei werden die verifizierten Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse mit den empirisch erkannten Einschränkungen kurz dargestellt sowie die daraus abgeleiteten Änderungsbedarfe formuliert.

Tabelle 5.19 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der <i>Problemorientierung</i>		
Lernort	Empirisch belegte Stärken und Schwächen	Dadurch abgeleitete Änderungskonsequenz
Lernort Technik und Natur – Segment 6: Das Koordinatensystem als Programmierhilfe	Stärke: Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe (W6vP-St1): Das Segment trägt mit der Konstruktion des Rumpfes zur Lösung der übergeordneten Problemlöseaufgabe bei und diese strukturiert auch die Aufgabenstellungen im Segment. Dieser Bezug zur Problemlöseaufgabe wird durch die Aufgabenformulierungen transparent gemacht und als Ziel explizit dargestellt. So erkennen die Schüler/innen die Arbeit mit den Koordinaten als Teil der Konstruktion des Solarbootes an. Einschränkung: Trotzdem verbalisieren sie den Zielzustand ansonsten nie explizit. Die Schüler/innen formulieren während des gesamten Segments nicht, welche Bedingungen der Rumpf erfüllen soll oder wie genau der Zielzustand sein soll.	Der Zielzustand der Problemlöseaufgabe bleibt abstrakt. Hier wird das Potential der Problemlöseaufgabe nicht ausgeschöpft. Es sollte deshalb expliziter gemacht werden, was die Rumpfform für Bedingungen erfüllt oder wofür genau sie geeignet sein soll, sodass die Schüler/innen dabei unterstützt werden, den Zielzustand genauer zu beschreiben.
DLR – Segment 4: Station „Landenavigation“	Stärke: Unterstützung von Problemlösen (D4vP-St1): Das Segment wird zum Großteil durch eine Problemlöseaufgabe strukturiert. So wird zu Beginn eine Problemlösesituation durch die Landung auf einem fremden Planeten dargestellt und das Ziel klar formuliert: Es soll mit Hilfe der ausliegenden Materialien ein Modelllander konstruiert werden, damit ein Ei heil aus dem 2. Stock geworfen werden kann. Die didaktische Strukturierung unterstützt so, dass die Schüler/innen Lösungshypothesen bilden, diese prüfen und bewerten. Einschränkung: Teilweise werden sie aber durch Hinweise der leitenden Person und die beschränkte Auswahl an Materialien schnell in eine bestimmte Richtung	Die Problemlöseaufgabe sollte beibehalten werden und das Potential noch stärker genutzt werden, indem die leitende Person die Hilfestellungen noch stärker an das Vorwissen der Schüler anpasst und zunächst keine Vorgaben dazu gemacht werden, was gebaut werden soll. Es sollten gestufte Hilfestellungen dann vom Leitenden gegeben werden, wenn diese von Schüler/innen eingefordert werden, so dass sie selbst entscheiden können, wann sie Hilfe benötigen. Außerdem soll es eine

	gelenkt, die die Schüler/innen dann verfolgen.	größere Auswahl an Materialien geben.
DLR – Segment 3: Station „Vakuum“	Schwäche: Problemlösen wird nicht unterstützt (D3vP-Sch1): In diesem Segment werden keine Prozesse des Problemlösens unterstützt. Es werden aber auch keine Aufgaben im psychologischen Sinne von den Schüler/innen bearbeitet. Stattdessen wird in dem Segment von der leitenden Person ein Plenumsgespräch kleinschrittig angeführt, indem die Schüler/innen größtenteils zuhören, Vermutungen aufstellen, beobachten und versuchen, verschiedene Vakuumphänomene, die von der leitenden Person präsentiert werden, zu erklären. Dadurch fühlen sich die Schüler/innen durch die Station nicht herausgefordert.	Die Schüler/innen sollten durch die Station stärker herausgefordert werden. So sollte eine Problemlöseaufgabe formuliert werden, die die Schüler/innen motiviert, sich selbstständig mit Vakuumphänomenen auseinanderzusetzen.
ZNT – Segment 1: Einführung der Konstruktionsaufgabe eines Solarbootes	Schwäche: Problemlöseweg stark gelenkt (Z1vP-Sch2): In diesem Segment wird nicht unterstützt, dass die Schüler/innen selbstständig Lösungshypothesen dazu bilden, wie man ein Modellboot konstruieren kann. Stattdessen wird durch ein fragend-entwickelndes Gespräch, das Sammeln und Zeigen von nötigen Bauteilen und durch das Bild eines Sumpfbootes eine Bootsform vorgegeben, welche nachgebaut werden soll. Der Weg erste Lösungshypothesen für die Konstruktion eines Modellsolarbootes zu bilden ist hier also sehr geführt und lässt keine unterschiedlichen Lösungswege zum Ziel zu.	Die Problemlöseaufgabe sollte stärker geöffnet werden, indem die Schüler/innen selbst Lösungshypothesen dazu bilden, wie man ein Modellboot konstruieren kann. Den Schüler/innen sollte nicht direkt eine Lösung vorgegeben werden, auch wenn man dann nicht alle Ideen verfolgen kann.

5.4.3 Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Autonomieorientierung

Beispielhaftes Problem: Zu starke Fremdsteuerung (W6vA-Sch1)

Skizzierung des Segments 6 (WHV) „Das Koordinatensystem als Programmierhilfe“:

Nachdem die Funktionsweise eines Koordinatensystems anhand eines Rechteckes wiederholt wurde, zeichnen die Schüler/innen auf einem Arbeitsblatt (WHV1-AB2) die Eckpunkte des Bootsrumpfes in ein Koordinatensystem ein (s.o.). Die Schüler/innen erhalten den Auftrag, dieses in Einzelarbeit zu beschriften. Nachdem die Koordinaten im Plenum von der leitenden Person geprüft und ggf. korrigiert wurden, erklärt sie die Funktionsweise des Computerprogramms, sodass die Schüler/innen die Koordinaten vom Arbeitsblatt in den Computer übertragen:

„Wir brauchen ein entsprechendes Programm, in das wir jetzt gleich unsere Daten eingeben und das Programm heißt FiloCAD 2 USB. [...] Wir wollen unsere Daten jetzt ja eingeben. Das machen wir folge dermaßen. Hier seht ihr so ein Eingabefeld. Ja. Da blinkt der Cursor. Wenn wir jetzt eine Eingabe machen und zwar in der in folgender Form. Wir geben den Befehl ein zp. Klein. [...] gefolgt von einem Leerzeichen und jetzt kommen die X-Y-Werte. Wert für X Leerzeichen, Wert für Y und Enter-Taste. [...] Die Werte werden eingegeben und ihr habt gleich eine Kontrolle. Ihr seht, was gezeichnet wird, ne. Wenn die Werte nicht stimmen, dann wird da etwas anderes gezeichnet. [...] So. Das macht ihr jetzt erstmal.“

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Die Schüler/innen sind gelenkt durch die detaillierten Angaben der leitenden Person, die die Handlungsschritte engmaschig vorstrukturiert. Es gibt kaum Freiräume für die Schüler/innen oder Möglichkeiten für eigenständige Entscheidungen. So wird nicht unterstützt, dass die Schüler/innen selbst ein Handlungsziel festlegen oder Handlungsschritte planen (W6vAK22), (W6vAK17). Während der Arbeit am Computer werden alle Einzelschritte genau vorgemacht, sodass nur die Wahrnehmung des Programms unterstützt wird (W6vAK20). Die Schüler/innen müssen die durch die leitende Person korrigierten Koordinaten in das Computerprogramm eingeben. Das Potential des Programms, nämlich die Überprüfung der eingegebenen Koordinaten mit Hilfe der grafischen Rückmeldung, wird deswegen kaum genutzt (W6vAK21). Die leitende Person hat eine sehr dominante Rolle, sodass die Schüler/innen eher ihre Anweisungen durchführen als planvoll zu handeln. Die Schüler/innen können sich nicht als autonom wahrnehmen (W6vAM8). Außerdem sind die zu bearbeiteten Aufgaben durch die enge Struktur wenig anspruchsvoll, sodass die Schüler/innen sich hier nicht durch ein herausforderndes, eigenständiges Arbeiten als kompetent wahrnehmen können (W6vAM9). Diese Schwäche birgt das Risiko, dass die Schüler/innen gelangweilt und unterfordert sind, weil sie nur Anweisungen ausführen und keine Entscheidungsspielräume haben.

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Nach der Erklärung des Koordinatensystems anhand eines Rechteckes gelingt es allen begleiteten Schülergruppen, den Begriff der Koordinate anzuwenden (W6vAK17), um in Einzelarbeit die Koordinaten auf dem Arbeitsblatt (WHV1-AB2) zu beschriften. Die Schüler/innen aller drei begleiteten Gruppen nehmen sich durch die Bearbeitung des Arbeitsblattes nicht als besonders kompetent wahr (W6vAM9) und scheinen durch die Bearbeitung unterfordert. Dies kann man daraus schließen, dass die Schüler/innen die Aufgabe z. B. als „nicht herausfordernd“ (2156) und „sehr leicht“ (2154) einstufen, weil die Form vorgegeben sei und sie „eigentlich nur die Abstände der einzelnen Punkte“ (2154) beschriften müssen:

WHV1b

(2150) I: Kannst du (uvs.) Fandest du das jetzt schwer, oder?

(2152) S1: Sehr leicht.

(2153) I: Und warum?

(2154) S1: Weil, also ich finde es leicht, weil da auf dem Board das alles schon, die Punkte zwischen(unv.) sind aber die Linien nicht. Deswegen konnte man eigentlich nur, deswegen muss man eigentlich nur die Abstände der einzelnen Punkte sich genau angucken.

(2155) I: Okay und fandest du, hast du dich jetzt herausgefordert gefühlt?

(2156) S1: Nicht wirklich.

Auch die Koordinaten in das Computerprogramm zu übertragen, wird von den Schüler/innen als „nur eingeben und übertragen“ (1707) beschrieben, was darauf schließen lässt, dass sie sich nicht herausgefordert fühlen, was ihre Kompetenzwahrnehmung minimiert (W6vAM9):

WHV1c

(1704) I: Brian, findest du das da jetzt gerade schwer?

(1705) S2: Mhm (verneinend).

(1706) I: Wieso nicht?

(1707) S2: Keine Ahnung. Ist muss man auch nur eingeben und übertragen. 117. Ach so. Und Null. Also zp 0 0. Was soll man dann machen? Schuldigung? Soll man warten, wenn man fertig ist?

Folgende Aussage einer Schülerin zeigt, dass sie gern „ein bisschen selber gemacht“ (1409) hätte. Dieser Wunsch impliziert, dass die Schüler/innen sich nicht als autonom wahrnehmen (W6vAM8) und sich mehr Freiheit wünschen:

WHV 1a

(1404) S1: Das geht ja einfach!

(1405) S2: (unv.) da braucht man ja gar nichts zu machen.

(1406) I: Wieso findest du das jetzt einfach?

(1407) S1: Weil man nur Zahlen schreiben muss.

(1408) I: (lacht) Und findest du nicht so gut, bist du nicht so begeistert? (unv.)?

(1409) S1: Ich hätte es auch gerne mal ein bisschen selber gemacht.

(1410) I: Weißt du nicht? Okay. Und würdest du sagen, dass die Aufgabe jetzt herausfordernd ist, oder, also fordert dich das jetzt heraus?

(1411) S2: Eher nicht.

(1412) I: Ne? Wieso nicht?

(1413) S2: Weil, man (unv.) Zahlen (unv.), und wir haben das ja alles besprochen, das heißt, wir mussten die Zahlen jetzt nur abschreiben, was wiederum heißt, man muss die nur ordentlich in (unv.) übertragen und danach dann in den Computer reinschmeißen und sie ausschneiden.

Im gesamten Segment folgen die Schüler/innen allein den kleinschrittigen Anweisungen der leitenden Person (W6vAK22). Dies bestätigt sich auch durch die Antworten der Schüler/innen auf die Frage, was sie in diesem Segment selbst planen oder entscheiden durften (W6vAM8):

WHV1b

(2334) I: Mh und fandet ihr denn, dass das viel war, also fandet ihr, dass ihr viel selbst entscheiden durftet oder fandet ihr eher, dass viel vorgegeben war? Wie habt ihr das wahrgenommen?

(2335) S1: Also, das war schon viel vorgegeben.

WHV1c

(1797) I: Lukas, was würdest du sagen, was durftet ihr denn jetzt bis jetzt selbst entscheiden oder planen?

(1798) S1: Nichts

(1799) I: Und wie findest du das?

(1800) S1: Doof.

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Schwäche lässt sich also durch die Daten validieren und es zeigt sich, dass die starke Fremdsteuerung in diesem Segment zu einer Unterforderung und einer Demotivation der Schüler/innen führt. Es ergibt sich der Änderungsbedarf, dass die Aufgabenstellungen in diesem Segment geöffnet werden sollten, um den Schüler/innen mehr Entscheidungsspielräume zu geben, um Prozesse des Planvollen Handelns einzuleiten sowie die Kompetenz- und Autonomiewahrnehmung zu unterstützen.

Beispielhaftes Problem: Aufgaben zu eng vorstrukturiert (Z3vA-Sch1)

Skizzierung des Segments 3 (ZNT) „Elektrische Schaltungen am Steckboard“: In diesem Segment erhalten die Schüler/innen zunächst den Arbeitsauftrag, in Partnerarbeit am Steckbrett zu prüfen, was passiert, wenn man den Motor umpolt. Nachdem die Schüler/innen beobachtet haben, dass sich die Drehrichtung ändert, wird im Plenum am Smartboard der Schaltplan der Schaltung aufgezeichnet. Nachdem die Schüler/innen am Wassertisch gesehen haben, dass das Boot bei der falschen Polung rückwärtsfährt, ist der Weg der Prüfung eng vorstrukturiert und kleinschrittig vorbereitet durch die leitende Person:

„Dann sollte der sich drehen und was müssten wir dann kontrollieren, um zu sehen, ob unser Boot vorwärts fährt? [...] Also hier natürlich kontrollieren, ob hier Wind rauskommt. Wenn das der Fall ist, wisst ihr, das ist richtig rum angeschlossen und könnt da, wo das rote Kabel dranklemmt, an diesen Kontakt ein rotes Plus zeichnen und was zeichnet ihr hier hin? [...] Dann einfach noch mal umklemmen und dann sollte es eigentlich richtig sein und dann auch, ne, schwarzes Kabel Minuspol, rotes Kabel Pluspol anzeichnen.“

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Zwar erlaubt die Aufgabenstellung, dass die Schüler/innen sich aktiv mit den elektrischen Bauteilen auseinandersetzen und durch die Partnerarbeit mit ihren Mitschüler/innen interagieren (vgl. Stärke Z3vA-St1), jedoch sind die Aufgabenstellungen in diesem Segment eng geführt und der genaue Arbeitsweg ist vorstrukturiert. Die Schüler/innen werden somit nicht unterstützt, während der Partnerarbeit selbstständig Handlungsschritte zu planen und zwischen Handlungsalternativen zu entscheiden bezüglich der Frage, wie das Ziel erreicht werden kann (Z3vAK19). Dadurch wird auch die Autonomie der Schüler/innen nur begrenzt unterstützt (Z3AM12). Außerdem kann die Vorstrukturierung dazu führen, dass die Aufgaben wenig herausfordernd sind, sodass das Potential der Selbstwirksamkeitswahrnehmung in diesem Segment nicht ausgeschöpft wird (Z3vAM11). Diese Schwäche birgt das Risiko, dass die Schüler/innen gelangweilt und unterfordert sind.

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Beispielhaft ist im Folgenden ein solcher Ausschnitt dargestellt, bei dem die leitende Person die Handlungsschritte bei der Markierung des Motors vorstrukturiert. Dabei werden nur bestimmte Handlungsschritte durch die leitende Person vorgegeben (vgl. z. B. 454) und andere direkt von ihr verworfen (vgl. 439 oder 454). Außerdem beschreibt die leitende Person detailliert, wie die Schüler/innen bei der Markierung vorgehen sollen (vgl. 462). Dadurch planen die Schüler/innen nicht selbstständig ihre Handlungsschritte (Z3AK19):

ZNT1c

- (435) L: Das könnten wir machen und dann fängt der Motor an, sich zu drehen, und woher wisst ihr dann wie rum das Boot fährt? Lisa?
- (436) S: Das fährt nach rechts. Also das fährt geradeaus, wenn die Kabeln richtig verbunden sind.
- (437) L: Okay. Wie könnte ich das denn herausfinden, wie kann ich es überprüfen, ob das stimmt, Lucy?
- (438) S: (Der Propeller dreht sich?) nach rechts.
- (439) L: Also so rum. Wenn ich so drauf gucke, rechts oder wenn ich so drauf gucke? Es geht viel einfacher, wir brauchen gar nicht an die Richtung denken, wir können unsere Hand benutzen. Emma.
- (440) S: Man kann aber auch unten gucken da beim Pluspol ist es rot, der Pluspol ist rot eingezeichnet. Da muss das rote Kabel dran.
- (441) L: Ach so, du meinst abgucken vom Boot.
- (442) S: Und das Minus und der Minuspol ist da schwarz eingezeichnet. (unv.)
- (443) L: Das gucken wir uns mal an am Boot, ja? Wir treffen uns am Tisch, kommt mal mit. Bitte so aufstellen, dass ihr alle was seht.
- [...]
- (454) L: Wir können einmal schauen, wie das hier verbunden sind, weil wir ja dieselben Bauteile verwenden. Wir können aber auch unsere Hand benutzen, um zu spüren, ob der Propeller in die richtige Richtung dreht.
- [...]
- (458) L: [...] Halt mal beide Hände so. So, einmal davor und einmal dahinter. Das Kabel, das tun wir noch bisschen nach unten, so. [...] Geh mal mit dem Boot mit. Spürst du einen Unterschied an den beiden Händen? Was hast du denn gespürt, beschreib es mal.
- (459) S: An dieser Hand habe ich keine Luft gespürt und an dieser hier schon.
- (460) L: Okay. Also wenn die Luft hierhin weggepustet wird, dann bewegt sich das Boot in die andere Richtung, Emma.
- (461) S: Das ist der Luftdruck.
- (462) L: [...] Jetzt gehen wir nochmal eben zurück an euren Tisch hier an unseren Tisch hier. Das heißt, wenn ihr das gleich so aufbaut, ne, dann achtet darauf, welcher Pol an welchen Kontakt führt beim Motor und dann müsst ihr mal spüren, ob in diese Richtung die Luft gedrückt wird, weil ja in diese Richtung das Boot fahren soll. Ja? Und dann könnt ihr euch merken, wo ihr den Pluspol angeschlossen habt und wo ihr den Minuspol angeschlossen habt. [...]

Die enge Vorstrukturierung führt dazu, dass alle begleiteten Gruppen die Aufgaben sowohl

zur Umpolung am Steckbrett als auch die Markierung des Motors innerhalb kürzester Zeit gelöst haben. So zeigt folgender Ausschnitt, dass die Schüler/innen die vorgeplanten Handlungsschritte abarbeiten („indem ich die Hand hingehalten habe und geguckt, wo die Luft rauskommt“) und nicht selbstständig ihre Handlungsschritte planen (Z3vAK19):

ZNT1b

- (769) I: Was machst du denn jetzt, Jan?
 (770) S1: Die Kabel mit den Krokodilklemmen verbinden.
 (771) S2: So!
 [...]
 (780) I: Und, was hast du herausbekommen?
 [...]
 (782) S1: Dass das falsch verbunden ist.
 [...]
 (784) I: Und wie hast du das jetzt herausgefunden?
 (785) S2: Indem ich meine Hand hier hinten hingehalten habe und geguckt, wo die Luft rauskommt.
 (791) S1: Jetzt kommt hier die Luft raus! Ich hab's!

Die Schüler/innen nehmen die Aufgabe als sehr einfach wahr und fühlen sich nicht herausgefordert, wodurch auch die Kompetenzwahrnehmung nur begrenzt unterstützt wird (Z3vAM11). Trotz dieser Engführung beschreiben die Schüler/innen, dass sie sich bei der aktiven Auseinandersetzung mit den elektrischen Bauteilen als autonom wahrgenommen haben (Z3vAM12). Sie begründen das damit, dass sie viel selbst entscheiden durften: „Wir konnten entscheiden, wie wir die Solarplatten hinstellen“ (ZNT1bN2700) oder „Wie wir das machen wollen zum Beispiel. Welches Kabel wir als erstes machen wollen, das wurde uns ja nicht vorgegeben.“ (ZNT1b-2358)

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Schwäche lässt sich durch die Daten validieren und es zeigt sich, dass die Aufgaben durch die starke Vorstrukturierung im Plenum kaum Prozesse des Planvollen Handelns anregen und die Kompetenzwahrnehmung durch eine Unterforderung hemmen. Es hat sich jedoch nicht bestätigt, dass die Schüler/innen sich dadurch nicht als autonom wahrnehmen. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die aktive Auseinandersetzung mit den Bauteilen dazu geführt hat, dass sie den Grad der Autonomie als hoch einstufen. Es ergibt sich der Änderungsbedarf, dass die Phasen zwischen den Plenarphasen geöffnet werden sollten und eine detaillierte Vorstrukturierung in den Plenarphasen vermieden werden sollte.

Tabelle mit anderen Stärken und Schwächen hinsichtlich der Autonomieorientierung
 Im Folgenden (Tabelle 5.20) werden weitere Ergebnisse der empirisch geprüften SWOT-Analysen dargestellt. Dabei werden die verifizierten Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse mit den empirisch erkannten Einschränkungen kurz dargestellt sowie die daraus abgeleiteten Änderungsbedarfe formuliert.

Tabelle 5.20 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der <i>Autonomieorientierung</i>		
Lernort	Empirisch belegte Stärken und Schwächen	Dadurch abgeleitete Änderungskonsequenz
DLR – Segment 3: Station „Vakuum“	Stärke: Vorwissen einbringen (D3vA-St1): Das Segment unterstützt, dass die Schüler/innen ihre Vorstellungen und ihr Vorwissen aktivieren und dieses einbringen können, indem die Schüler/innen immer zunächst Vermutungen aufstellen sollen, bevor die Gegenstände im Vakuum untersucht werden. Bei der Durchführung werden die Schüler/innen durch die didaktische Strukturierung unterstützt, ihre Beobachtungen zu beschreiben und Wahrgenommenes mit den zuvor aktivierten Vorstellungen zu vergleichen.	Aus dieser Stärke ergibt sich kein Änderungsbedarf.
DLR – Segment 3: Station „Vakuum“	Schwäche: Starke Vorstrukturierung der Aufgaben (D3vA-Sch1): Die Station ist weitgehend fremdgesteuert. Handlungs- und Denkschritte werden durch den Stationsleiter weitgehend vorgegeben, Variationen durch die Schüler/innen sind nicht vorgesehen. Aufgrund dieser Engführung nehmen die Schüler/innen sich kaum als autonom wahr. Die Wahrnehmung der Kompetenz wird dadurch begrenzt, da sie kaum eigenständige Aktivitäten durchführen. Einschränkung: Die Schüler/innen nehmen sich durch Aktionen wie das Drücken des Knopfes der Vakuumpumpe oder das Formulieren einer eigenen Hypothese im Verlaufe des Gespräches als aktiv und selbstbestimmt wahr.	Die Selbsttätigkeit der Schüler/innen soll erhöht werden, sodass den Schüler/innen mehr Möglichkeiten zur Steuerung des Segments durch ihr Vorwissen gegeben werden.
DLR – Segment 4: Station „Landenavigation“	Stärke: Hohe Selbsttätigkeit (D4vA-St1): Die didaktische Strukturierung unterstützt, dass die Schüler/innen sich in diesem Segment selbsttätig mit den Lerngegenständen auseinandersetzen können und mit den Materialien direkt in Kontakt kommen und diese aktiv einzusetzen. Außerdem findet ein Austausch mit anderen Mitschüler/innen statt, um gemeinsam einen Lander zu konstruieren. Dabei können sie selbst entscheiden, welche Materialien sie verwenden wollen.	Hieraus ergibt sich kein Änderungsbedarf. Die hohe Selbsttätigkeit und Interaktivität mit den Mitschüler/innen soll beibehalten werden.

DLR – Segment 4: Station „Lande-navigation“	Stärke: Hohe Selbsttätigkeit (D4vA-St1): Die Schüler/innen können zwar Vorwissen in die Konstruktion einbringen, der Grad der Hilfestellung durch den Leitenden wird dadurch jedoch nicht verändert. So nennt die leitende Person zu Beginn bei allen Gruppen sofort den Fallschirm und den Airbag als Hilfestellung. Dadurch werden die Schüler/innen in Ihrer Autonomie eingeschränkt, weil sie nicht selbst entscheiden können, ob sie diese Hilfestellung möchten oder nicht.	Hier soll die Aufgabe zunächst offen formuliert werden und die Hilfestellungen durch die leitende Person sollen stärker an das Vorwissen der Schüler/innen angepasst werden.
ZNT – Segment 1: Einführung der Konstruktionsaufgabe eines Solarbootes	Schwäche: Starke Lenkung (Z1vA-Sch2): In diesem Segment hat die leitende Person eine dominante Rolle, was dazu führt, dass die Schüler/innen eher als Stichwort-Lieferant/innen dienen. Sie aktivieren kaum Vorwissen (meist nur Stichworte), während der größte Redeanteil bei der leitenden Person liegt. Dadurch kann das Vorwissen der Schüler/innen den Verlauf des Gespräches kaum beeinflussen.	Die Selbsttätigkeit der Schüler/innen soll erhöht werden, sodass ihnen mehr Möglichkeiten zur Steuerung des Segments durch ihr Vorwissen gegeben werden.
ZNT – Segment 3: Umpolung des Motors	Stärke: Selbsttätigkeit wird unterstützt (Z3vA-St1) Die Schüler/innen können an einem Steckboard sowie durch die Bauteile des Solarbootes mit elektrischen Bauteilen direkt interagieren und diese aktiv einsetzen. Durch das selbstständige Arbeiten in Partnerarbeit wird auch ein Austausch mit anderen Mitschüler/innen unterstützt.	Hieraus ergibt sich kein Änderungsbedarf. Die hohe Selbsttätigkeit und Interaktivität mit den Mitschüler/innen soll beibehalten werden.

6 Bereichsspezifische Generalisierung der Angebots-Nutzungs-Strukturen in den drei Schülerlaborangeboten (DBR-Zyklus 1)

Am Ende des ersten Design-based Research-Zyklus stellt sich die Frage, inwiefern sich aus den Ergebnissen der einzelnen Schülerlabore, die sich thematisch, räumlich, personell, also von ihrer Phänomenologie her deutlich unterscheiden, dennoch Erkenntnisse gewinnen lassen, die auf weitere Schülerlabore übertragbar sind. Gemäß Reinmann (2005) und auch Prediger et al. (2012) besteht ein Ziel von Design-Forschung darin, lokale, bereichsspezifische Theorien aufzustellen. Damit sind regelhafte Verallgemeinerungen gemeint, die sich in ähnlichen Kontexten und Situationen wiederfinden lassen. Sie haben nicht die Universalität allgemeiner Lerntheorien, können aber Erklärungen und Vorhersagen unter speziellen Bedingungen leisten. In der vorliegenden Studie besteht die Spezifität darin, dass komplexe Schülerlaborsituationen bzw. -angebote unter den drei relativ engen Perspektiven der Kontext-, Problem-, und Autonomieorientierung betrachtet werden. Hier ist nun zu diskutieren, ob die drei Angebote strukturelle Ähnlichkeiten in diesen drei Dimensionen aufweisen, worin diese bestehen und inwiefern angenommen werden kann, dass sich erkannte Ähnlichkeiten auch auf weitere Laborangebote übertragen lassen.

6.1 Generalisierungen hinsichtlich der Dimension Kontextorientierung

Kontextuelle Ausrichtung der Angebote

Die drei Angebote und die darin analysierten Segmente setzen explizit auf die Verwendung von Kontexten (W3vK, W6vK, Z1vK, Z3vK, D3vK, D4vK). Die Schüler/innen sollen im Laufe des Angebots durch die eingesetzten Kontexte der Alltagswelt, der Technik, insbesondere der Raumfahrt für diese Kontexte sensibilisiert werden und zudem motiviert werden, sich mit fachlichen Inhalten zu befassen. Im DLR_School_Lab ist der Oberkontext des gesamten Angebots die Raumfahrt mit konkreten Situationen wie der Landung auf dem Mars oder den Gefahren im Weltall durch das Vakuum. Im Lernort Technik und Natur sowie im ZNT stellt ein solarbetriebenes Boot den Oberkontext dar, wobei das Boot Anforderungen wie einen nachhaltigen Antrieb erfüllen soll und mit Hilfe von Solarzellen im Freien betreibbar sein soll. Dabei wird in den analysierten Segmenten vielfach zwischen Kontexten und dekontextualisierten modellhaften Darstellungen bzw. Situationen gewechselt. Der Kontext stellt also eine reale Situation dar, über die man mehr erfahren möchte, wozu man zunächst in einer modellhaften Situation Erkenntnisse erarbeitet, die, vom übergeordneten Kontext abstrahierend, dargestellt werden. Ein prägnantes Beispiel dafür ist das Steckbrett

mit elektrischen Bauteilen, das beim ZNT sowie am Lernort Technik und Natur eingesetzt wird, um wichtige Erkenntnisse, die später für die Konstruktion des Solarbootes gebraucht werden, zu gewinnen. In der dekontextualisierten Phase bzw. den Aktivitäten der modellhaften Darstellung wird dabei der Umstand genutzt, dass hier die Komplexität reduziert ist, indem man sich allein mit dem Fachlichen beschäftigt, ohne dass die Details des übergeordneten Kontextes einfließen und ggf. ablenken. Alle Angebote setzen in ihrer didaktischen Strukturierung dabei darauf, dass die Schüler/innen in der dekontextualisierten Modellsituation Ergebnisse erarbeiten, die sie später auf den Kontext rückübertragen sollen.

In den drei Lernangeboten ist eine Schichtung von Ober- und Unterkontexten bzw. von Kontexten und dekontextualisierten Aufgabenstellungen erkennbar. Es ist dabei nicht immer eindeutig festzulegen, wann eine Situation, eine Aufgabe, ein Objekt einen Kontext darstellt, weil jeweils zu fragen ist, in Relation wozu eine Aufgabenstellung ein Kontext ist. Ein Beispiel für diese relationale Klassifizierung als Kontext stellt das „elektrische Steckbrett“ (Segment 3 Wilhelmshaven) dar. So stellt dieses Steckbrett ein Modell für die elektrische Schaltung des Kontextes Solarboot dar, es dekontextualisiert z. B. von der Form des Bootes, von den Bedingungen des Fahrens. Oder aber bestimmte reale Situationen wie das Verschmutzen oder der Ausfall einer Solarzelle werden im Modell des Steckbretts dekontextualisiert nachgestellt. Andererseits stellt das Steckbrett einen Kontext dar für die Arbeit mit Schaltzeichen und Schaltskizzen im weiteren Fortgang des Angebots. Die Schaltzeichen abstrahieren davon, wie ein Motor oder eine Steckverbindung auf dem Steckbrett realisiert ist. Das Steckbrett ist also zugleich sowohl dekontextualisiertes Modell als auch Kontext. Im DLR_School_Lab etwa ist der von Schüler/innen selbst konstruierte Ei-Lander dekontextualisiert und modellhaft im Verhältnis zum echten Marslander, aber der Ei-Lander ist auch ein Kontext in Bezug auf physikalische Gesetze der Mechanik, etwa des kontrollierten Abbremsens.

An allen Lernorten wird zwischen den Kontextschichten hin- und hergewechselt. Im ZNT wird dies besonders augenscheinlich, weil jeder Kontextschicht ein eigener Raum im Schülerlabor zugeordnet ist: Der Wassertisch steht für den Oberkontext des Solarbootes; das Steckbrett an eigens dafür vorgehaltenen Gruppenarbeitstischen steht für das dekontextualisierte Schaltungsmodell des Bootes; ein Smartboard in einer anderen Ecke des Labors soll helfen, Fotos von Schaltelementen und Schaltsymbolen zu Schaltzeichnungen zusammenzufügen. Viele Wechsel zwischen den Kontextschichten spiegeln sich in vielen räumlichen Bewegungen der Schüler/innen innerhalb des Laborraums wider. Das Generalisierbare in diesem Zusammenhang ist, dass die Labore verschiedene Kontextschichten einsetzen, zwischen denen hin- und hergewechselt wird, was sich teilweise auch räumlich durch unterschiedliche Arbeitsorte innerhalb des Labors äußert.

Erkenntnisse über die Nutzungsprozesse der Schüler/innen

Die empirischen Ergebnisse zeigen jedoch, dass die Schüler/innen teilweise Schwierigkeiten haben, die Wechsel der Kontexte im übertragenen Sinne immer „mitzugehen“. Bei jenen Wechseln zwischen den Kontextschichten, bei denen die Schüler/innen durch bestimmte Hinweise in den Aufgabenformulierungen unterstützt werden (vgl. Z3vK, W6vK, Z1vK, D4vK), gelingt es den Schüler/innen besser, der didaktischen Strukturierung zu

folgen. Sie stellen dann während der Aktivitäten Zusammenhänge zwischen der modellhaften Situation und dem Kontext her und nehmen somit die Relevanz der „dekontextualisierten Aktivitäten“ wahr (Z3vK-St1, D4vK-St2, W6vK-St1). So konnten die Schüler/innen beispielsweise im ZNT die Erkenntnisse aus der modellhaften Darstellung der Steckbretter zur Drehrichtung des Motors bei der Umpolung auf das Solarboot ohne Schwierigkeiten übertragen (vgl. z. B. Z3vK-St1), obwohl die Daten des Beobachtungsrasters zeigen, dass im Laufe des Angebots bis zu vierzehnmal zwischen den verschiedenen Orten/Kontextschichten gewechselt wird. Hier könnten also die mehr oder weniger absichtlich angelegte Relation zwischen Kontextschicht und Bewegung im Laborraum als Teil der didaktischen Struktur, den Wechsel der Kontextschicht mental unterstützen. Auf der anderen Seite hat sich gezeigt, dass die Schüler/innen bei den Wechseln von einer Kontextschicht bzw. einem Experimentierort im Labor zu einer anderen Schicht/einem anderen Ort teilweise überfordert sind und nicht erkennen, dass der Wechsel kognitiv – z. B. ein Wechsel von einer eher realen Situation hin zu einer eher modellhaften – ist, wenn dies nicht durch bestimmte Hinweise in den Aufgabenformulierungen unterstützt wird. Dies hat sich beispielsweise darin gezeigt, dass die Schüler/innen während des Ablaufs und auch im Nachinterview zwischen dem Steckbrett und dem Solarboot kaum einen Zusammenhang herstellen konnten (vgl. W3vK-Sch1) in einem Sinne, wie dies von den Leitenden erwartet wird. Bei anderen Beispielen wie den Vakuumversuchen mit den Alltagsgegenständen (z. B. Schokokuss) und dem Oberkontext der Raumfahrt ist dasselbe zu beobachten (vgl. D3vK-Sch1).

Zusammengefasst bedeutet das, dass Schüler/innen Schwierigkeiten haben, als Dekontextualisierung gemeinte Phasen im Lichte des Kontextes zu erkennen, wenn das Angebot bzw. der Leitende den Wechsel der Kontextschichten nicht explizit macht. Nicht geklärt werden konnte (es war nicht Teil der Leitendeninterviews), warum diese Kontexttransparenz nicht durch explizite Hinweise unterstützt bzw. hergestellt wird. Es kann aber angenommen werden, dass der Lernort von der Überzeugungskraft der verschiedenen Kontextschichten und der damit verbundenen Dramaturgie ausgeht und diese Dramaturgie auch nicht vorwegnehmen möchte, indem man sie explizit macht. In den analysierten Nutzungsprozessen haben sich infolgedessen verschiedene Probleme ergeben. Zum einen hat sich gezeigt, dass die Schüler/innen, die nachweislich ihre Aktivitäten in der modellhaften Darstellung nicht mit dem Oberkontext des Angebotes zusammenbringen konnten, teilweise auch bei der Begriffsbildung maßgeblich gehemmt wurden, weil die Aufmerksamkeit nicht auf relevante Aspekte gelenkt war (vgl. z. B. W3vK-Sch1). Zum anderen gelang es vielen Schüler/innen nicht, Erkenntnisse aus der modellhaften Darstellung anschließend auf den Kontext zu übertragen, wenn sie dabei nicht unterstützt wurden (D4vK-St1, D3vK-Sch1). So bezogen die Schüler/innen beispielsweise im DLR die Erkenntnisse des Landers für das Ei im Anschluss nicht mehr auf den Kontext des Marslanders, weil die didaktische Strukturierung dies nicht unterstützte. Es kann also nicht davon ausgegangen werden, dass die Schüler/innen Erkenntnisse von Modellen automatisch auf den Kontext, also die reale Situation, beziehen und somit etwas über die Zielkontexte lernen.

Problematisch ist also der unmoderierte Übergang zwischen Kontextschichten. Dies ist vor allem dann kognitiv überfordernd, wenn die Kontextschichten ineinander verschachtelt sind und die Wechsel zu schnell und zu häufig erfolgen. In diesen Fällen erscheinen explizite Hilfen notwendig, die Kontexttransparenz muss angemessen sein. Es wird deutlich,

dass die Schüler/innen in dieser Altersstufe (5./6. Klasse) überfordert sind, wenn für eine folgende Aktivität nicht transparent gemacht wird, wie sie als Kontextschicht mit den Kontextschichten anderer Aktivitäten zusammenhängt. Es zeigt sich in den drei analysierten Laborangeboten, dass die Schüler/innen Hilfe dabei brauchen, diese Abstraktion mitzugehen, weil sie dies von sich aus nicht leisten können und dann die Sinnhaftigkeit ihres Tuns nicht gegeben ist, wodurch z. B. Begriffsbildungen maßgeblich gehemmt werden.

Dieses Problem auf der Nutzungsseite hängt auch mit der Schichtung verschiedener Kontexte zusammen, in der ein Oberkontexte (Raumfahrt, Solarboot) mit verschiedenen Unterkontexten (z. B. Alltagskontexte, Solarautos Rudi und Paul) verschachtelt werden. Teilweise werden Oberkontexte zu Beginn aufgemacht und dann nicht explizit wieder aufgegriffen. So wird zum Beispiel beim DLR (D3vK-Sch1), der Kontext des Weltraums verlassen, um in einer modellhaften Darstellung mit Hilfe von Alltagsgegenständen (z. B. Schokokuss) in der Vakuumglocke verschiedene Phänomene zu untersuchen. Diese Alltagskontexte stellen modellhafte Darstellungen in Bezug auf den Oberkontext Raumfahrt dar und sind gleichzeitig Kontext in Bezug auf physikalische Phänomene wie den Druck/den Druckunterschied. Die Erkenntnisse über diese Phänomene werden dann jedoch lediglich auf die Kontextschicht der Alltagskontexte bezogen, nicht mehr explizit auf den Oberkontext der Raumfahrt. Auch im Lernort Technik und Natur (vgl. W3vK-Sch1) wird von der Kontextschicht der Solarautos Rudi und Paul in eine modellhafte Darstellung am dortigen Steckbrett gewechselt, um dann wieder zurück zum Oberkontext des Solarboots zu kommen. Erkenntnisse der Kontextschicht des Steckbretts werden dann aber nicht wieder auf sämtliche darüberliegenden Kontextschichten bezogen, sodass es den Schüler/innen nicht gelingt, hier Zusammenhänge zu erkennen. Diese Problemlage ist über die drei Lernangebote generalisierbar.

Änderungskonsequenzen hinsichtlich *Kontextualisierung*

Aus diesen Erkenntnissen heraus ergibt sich, dass die Übergänge zwischen den Kontextschichten in der didaktischen Strukturierung mit expliziten Maßnahmen zur Erhöhung der Transparenz verbunden sein müssen. Ein diesbezügliches Defizit ist bei den analysierten Angeboten zu beobachten und entsprechende Maßnahmen sind jeweils zu fordern. Es sollte deutlich gemacht werden, wie die Kontextschichten zueinander stehen, inwiefern sie dekontextualisieren oder eben kontextualisieren und inwiefern bestimmte Darstellungen oder Mittel als Modelle zu sehen sind, die zu Analogieschlüssen führen sollen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass keine Sprünge entstehen, die für die Schüler/innen nicht nachvollziehbar sind, und dass auf einer Metaebene verdeutlicht werden soll, wo man sich auf dem Spektrum zwischen der Dekontextualisierung und der Kontextualisierung befindet und wie das eine System zum anderen steht. Dafür müsste in den Aufgabenstellungen oder den Anleitungen der leitenden Person explizit gemacht werden, wie die modellhaften Darstellungen mit dem Oberkontext zusammenhängen. Eine eventuell vorhandene „Rahmenhandlung“ des übergeordneten Kontextes sollte in allen Tätigkeiten auf andere Kontextschichten durchscheinen und sich nachvollziehbar auf das Vorangegangene beziehen.

6.2 Generalisierungen hinsichtlich der Dimension Problemorientierung

Ausrichtung der Angebote in der Dimension der Problemorientierung

Hinsichtlich der Problemorientierung der analysierten Segmente setzen alle Angebote auf instruktionsbasierte Aufgaben (W3vP, W6vP, Z1vP, Z3vP, D3vP). Die Aufgaben und Anleitungen der leitenden Person sind durchgängig nach einem relativ engen Schema aufgebaut, sind vorstrukturiert und werden bei jeder Gruppe in gleicher Weise reproduziert, sodass einzelne Schritte vorgeplant sind und Handlungsspielräume für die Schüler/innen eher klein ausfallen. So wird im Lernort Technik und Natur auf Aufgaben in einem Lernheft gesetzt, die die Schüler/innen nacheinander abarbeiten sollen, um so durch eine schrittweise Instruktion an das Ziel geführt zu werden (vgl. W3vP). Oftmals wird auch eine instruktionale Unterstützung von der leitenden Person eingesetzt, indem beispielsweise im Plenum genaue Schritte vorstrukturiert werden, bevor die Schüler/innen die Aufgaben bearbeiten (vgl. W6vP, Z3vP, D3vP). Dieses schematische und reproduzierbare Vorgehen hat nach Angaben der Leitenden zwei entscheidende Vorteile für die Umsetzung des Lernangebots innerhalb von vier Stunden: Erstens wird dadurch der zeitliche Ablauf standardisiert. Zufälligkeiten, die den Ablauf so stark beeinflussen, dass das Ziel des Vormittags, ein bestimmtes funktionsfähiges Produkt zu erstellen, gefährden, werden vermieden. Das fertige Produkt als oberstes und nicht hinterfragtes Ziel wirkt auf eine strenge Standardisierung des Angebots und des zeitlichen Ablaufs zurück (vgl. Kapitel 7). Zweitens können innerhalb eines Lernortes verschiedene Personen das Angebot auch kurzfristig übernehmen, ebenso neue Personen in das Angebot mit vertretbarem Aufwand eingewiesen werden. Diese teils organisatorischen Gründe, aber auch Paradigmen (es muss ein fertiges Produkt geben) stehen offenen Aufgabenstellungen, wie sie Problemlöseaufgaben mit nicht kalkulierbaren Zeitforderungen darstellen, entgegen. In diesen Aspekten stimmen die drei Lernangebote überein.

Problemlöseaufgaben sind tatsächlich in den drei Angeboten kaum zu finden. Nur im DLR_School_Lab wird die Ei-Landekonstruktion (D4vP) explizit als Problemlöseaufgabe dargestellt und individuellen Lösungswegen wird Freiraum zugewillt. Das Ziel der Aufgabe ist klar formuliert und der Weg ist weitestgehend offen bzw. freigegeben. Das ZNT sowie der Lernort Technik und Natur setzen mit ihren Angeboten ebenfalls auf die Konstruktion eines Produktes. Der Zielzustand ist hier ein funktionsfähiges Modellboot, welches mit Hilfe von Solarzellen betrieben wird. Hier besteht also das Potential für eine explizit angelegte übergeordnete Problemlöseaufgabe, die das gesamte Angebot strukturiert. Dieses Potential wird allerdings an beiden Orten nicht ausgeschöpft. So wird der Zielzustand nicht präzise genug beschrieben, Kriterien, die bestimmte Eigenschaften des Zielzustandes herausstellen, werden nicht zum Thema gemacht, während die Reproduktion eines vorgegebenen Solarboots im Vordergrund steht (vgl. z. B. Z1vP-Sch1).

Implizit tragen die einzelnen Segmente zur Lösung einer übergeordneten Problemlöseaufgabe bei (vgl. Z1vP, Z3vP, W3vP, W6vP). So dient beispielsweise im Lernort Technik und Natur das Segment zur Untersuchung der Reihen- und Parallelschaltung am Steckbrett dazu, die beiden Schaltungen als Lösungshypothesen zu prüfen und diese zu bewerten, um sich für eine der beiden Schaltungen für das Solarboot zu entscheiden. Allerdings wird dies

nicht explizit genannt (vgl. W3vP-Sch1), sondern erst nach den Aktivitäten am Steckbrett durch Fragen der leitenden Person auf die Problemlösesituation bezogen. In anderen Segmenten wird zwar deutlich gemacht, wie diese zur Lösung des Teilproblems der übergeordneten Problemlöseaufgabe beitragen kann, dann wird aber durch instruktionsbasierte Aufgaben der Lösungsweg kleinschrittig vorgegeben. Das Programmieren des „heißen Drahts“ ist zwar eine Teilaufgabe hinsichtlich der übergeordneten Problemlöseaufgabe, indem hier der Rumpf des Bootes gestaltet wird. Dies wird aber nur zurückhaltend transparent gemacht (vgl. W6vP-St1). Die Freiheit des Weges ist zudem nicht gegeben, sodass zentrale Charakteristika von Problemlöseaufgaben, die motivieren, nicht gegeben sind und kleinschrittige Arbeiten den Schüler/innen wenig Handlungsspielräume lassen.

Erkenntnisse über Nutzungsprozesse der Schüler/innen

In der empirischen Analyse hat sich gezeigt, dass die Schüler/innen durch diese unklare Darstellung der Zielsituation die Konstruktion der Solarboote nicht als übergeordnete Problemlöseaufgabe wahrnehmen (Z1vP-Sch1) und es ihnen teilweise sogar lange im Verlauf des Angebots nicht klar ist, dass sie ein Solarboot konstruieren werden (vgl. Z3vP-Sch1). Dadurch erkennen die Schüler/innen nicht immer, inwiefern die einzelnen Segmente zur Lösung des Problems, also zur Konstruktion des Solarbootes, beitragen (vgl. Z3vP-Sch1, W3vP-Sch1). So wird die Relevanzwahrnehmung der Schüler/innen hier nicht durch die Problemlöseaufgabe unterstützt. Die ist in den drei Angeboten in zwar spezifischer, aber doch ähnlicher Weise der Fall.

Dadurch, dass diese Aspekte nicht durch die didaktische Strukturierung unterstützt werden, können in den Daten keine Belege dafür gefunden werden, dass Prozesse des Problemlösens ablaufen. So erkannten die Schüler/innen im Lernort Technik und Natur beispielsweise nicht, dass die Reihen- und Parallelschaltung Lösungshypothesen darstellen, sodass bei der Bearbeitung der strukturierten Aufgaben keine Prozesse des Prüfens oder Bewertens dieser rekonstruiert werden konnten (vgl. W3vP-Sch1). Es zeigt sich zusätzlich, dass, selbst wenn der Zusammenhang eines Segments zur übergeordneten Problemlöseaufgabe transparent gemacht wird, die Schüler/innen durch die Geschlossenheit des Lösungsweges, der durch die stark vorstrukturierten Aufgaben gegeben ist, kaum Phasen des Problemlösens wie die Bewertung von Lösungshypothesen durchlaufen (vgl. W6vP-St1).

Daneben zeigen die Daten, dass sich die Schüler/innen durch die durchstrukturierten Aufgaben oft nicht herausgefordert fühlen und dadurch demotiviert sind (vgl. W6vP-Sch1, Z3vP-Sch1). Im Lernort Technik und Natur beispielsweise geben die Schüler/innen an, sich durch die enge Vorgabe der Lösungshypothese bei der Konstruktion des Bootsrumpfes unterfordert und dadurch auch demotiviert zu fühlen. Tatsächlich äußern sie explizit den Wunsch, selbst Lösungshypothesen bilden zu können (vgl. W6vP-Sch1). Dies zeigt sich auch im ZNT, wo die Schüler/innen die Aufgaben als einfach bezeichnen, weil sie nur genau das machen mussten, was ihnen gesagt und vorgegeben wird (vgl. Z3vP-Sch1). Dort jedoch, wo der Lösungsweg stärker geöffnet ist und die Problemlösesituation deutlich als eine solche transparent gemacht wird, lassen sich bei der Konstruktion eines Produktes, wie dem Ei-Lander, dynamische Prozesse des Bildens von Lösungshypothesen rekonstruieren (vgl. D4vP-St1). Es wird deutlich, dass das Lösen der Problemlöseaufgabe die

Kompetenzwahrnehmung unterstützt, und weitergehend, dass ein Misslingen einer solchen Aufgabe sich motivational negativ auswirkt (vgl. D4vP-Sch1).

Änderungskonsequenzen hinsichtlich der *Problemorientierung*

Als Änderungskonsequenz kann generalisiert werden, dass die Schülerlaborangebote in der Dimension Problemorientierung zu wenig auf explizite Problemlöseaufgaben fokussieren (z. T. aus organisatorischen Gründen), dass sie dort, wo das Potential besteht, Problemlöseaufgaben auszubauen, es nicht tun oder die Funktion einer Tätigkeit im Rahmen einer Problemlösung nicht transparent machen. Eine Öffnung hin zur verstärkten Integration von Problemlöseaufgaben ist daher anzuraten. Bisher setzen die Angebote hauptsächlich auf instruktionsbasierte Aufgaben und schöpfen die vorangelegten Potentiale hinsichtlich der Problemlösung nicht aus. Es sollten Problemlösesituationen genauer beschrieben und detailliertere Zielkriterien formuliert werden, sodass ein Abwägen verschiedener Lösungshypothesen sinnvoll unterstützt wird. Diese übergeordnete Problemlösesituation sollte zudem das Angebot stärker strukturieren, indem transparent gemacht wird, wie einzelne Segmente bzw. Aufgabenstellungen und Aktivitäten zur Lösung beitragen. Außerdem sollten die Lösungswege an einigen Stellen den Schüler/innen mehr Handlungsspielräume einräumen, um dem Lösungsweg stärker zu öffnen. Die Verschiebung in der Dimension Problemlösen sollte, auch im Hinblick auf die unterschiedlichen kognitiven Voraussetzungen, zum Zwecke der Differenzierung vorstrukturierte Aufgaben und offenere Problemlöseaufgaben in ein Gleichgewicht bringen. Dies gilt in gleicher Weise für die drei analysierten Laborangebote.

6.3 Generalisierungen hinsichtlich der Dimension Autonomieorientierung

Ausrichtung der Angebote in der Dimension Autonomieorientierung

Die didaktischen Strukturierungen der drei Angebote unterstützen, dass die Schüler/innen sich selbsttätig mit den Lerngegenständen auseinandersetzen (W3vA, W6vA, Z3vA, D4vA). So haben die Schüler/innen beispielsweise die Möglichkeit, mit elektrischen Bauteilen zu interagieren und diese am Steckbrett selbst einzusetzen (W3vA, Z3vA), die Koordinaten des Bootsrumpfes für die Programmierung selbst zu beschriften (W6vA) oder verschiedene Materialien zu einer Landekonstruktion zu kombinieren (D4vA). Dabei wird auch der Austausch mit anderen Mitschüler/innen unterstützt, indem Partner- oder Teamarbeit gefordert wird.

In den drei Angeboten wird darauf gesetzt, dass die Schüler/innen möglichst zur selben Zeit das Gleiche machen, um organisatorische Zwänge der Zeitstruktur der Angebote zu erfüllen, jedenfalls aus Sicht der Anbietenden. Dies führt bei den drei Angeboten dazu, dass Entscheidungsspielräume für die Schüler/innen, die aufgrund der Heterogenität der Schüler/innen unterschiedlich viel Zeit und Aufmerksamkeit seitens der Leitenden benötigen würden, sehr begrenzt sind. Die Angebote sind weitgehend fremdgesteuert. Im DLR_School_Lab zeigt sich dies beispielsweise darin, dass die Schüler/innen mit mehr Vorwissen gebeten werden, dieses zurückzuhalten, um nichts vorwegzunehmen (D3vA). Im

Lernort Technik und Natur sowie im ZNT konstruieren die Schüler/innen alle im gleichen Takt das gleiche Produkt (ein Solarboot), das sie mit nach Hause nehmen können, nach engen Vorgaben.

Die Fremdsteuerung äußert sich an den drei Lernorten durchaus unterschiedlich, aber in allen Fällen ist die weitgehende Fremdsteuerung durch Aufgabenblätter, Anweisungen der leitenden Personen oder durch die Materialauswahl gegeben. Beispielsweise werden auf den Aufgabenblättern Formulierungen gewählt, die Schüleraktivitäten kleinschrittig anleiten, z. B. durch die Verwendung von Lückentexten (W3vA). Im ZNT und DLR_School_Lab (Z3vA, D4vA) werden die Aufgaben oft im Plenum durch die leitende Person vorstrukturiert, bevor die Schüler/innen selbst aktiv werden, wodurch ihre Handlungen nicht auf eigenen Überlegungen und Entscheidungen basieren, sondern auf denen anderer, nämlich der Kursleitenden. Auch spiegelt sich die relative Fremdsteuerung dadurch, dass auf Vorwissen der Schüler/innen kaum Bezug genommen wird. Hilfestellungen z. B. bei der Konstruktion eines Fallschirmes und eines Airbags werden unabhängig vom Vorwissen der Schüler/innen gegeben, und zwar bevor die Schüler/innen die Hilfestellung benötigen (D4vA).

Die Phasen der Schüleraktivität sind meist durch Plenarphasen gerahmt, in denen die Schüler/innen zusammenkommen, ihre Ergebnisse gesammelt und neue Aktivitäten eingeleitet werden (Z1vA, Z3vA, D3vA, W3vA, W6vA). In diesen Phasen haben die leitenden Personen die dominante bzw. die Schüler/innen eine eher passive Rolle. Es finden dann meist dyadische Gespräche zwischen der leitenden Person und einzelnen Schüler/innen statt, die durch die leitende Person gesteuert sind.

Erkenntnisse über Nutzungsprozesse der Schüler/innen

Die empirischen Ergebnisse belegen, dass die Schüler/innen die Phasen der Selbsttätigkeit positiv wahrnehmen und durch die subjektiv wahrgenommenen Freiheiten motiviert sind (W3vA-St1, D4vA-St1, Z3vA-St1). Dabei nehmen die Schüler/innen sich als kompetent wahr, weil ihnen zugetraut wird, sich allein z. B. mit elektrischen Bauteilen auseinanderzusetzen (vgl. z. B. Z3vA-St1). Die hypothetische Schwäche der SWOT-Analyse, dass die Schüler/innen sich durch eine sehr starke Fremdsteuerung nicht als autonom wahrnehmen, konnte durch die empirischen Daten nicht durchgängig bestätigt werden (Z3vA-Sch1, D3vA-Sch1). Stattdessen zeigte sich, dass die Schüler/innen selbst kleinste Handlungsspielräume wie die Wahl der verfügbaren Kabel (vgl. Z3vA-Sch1) oder das Betätigen des An- und Ausschalters der Vakuumpumpe (D3vA-Sch1), als Situationen beschreiben, in denen sie selbst etwas bestimmen können. Trotz von außen betrachtet hoher Fremdsteuerung nehmen sich die Schüler/innen streckenweise als autonom wahr. Hier kann gemutmaßt werden, dass die Schüler/innen diese kleinen Freiräume im Kontrast zu schulischen Freiräumen honorieren.

Prozesse des Planvollen Handelns können durch die empirischen Daten belegt werden. Dadurch, dass die Schüler/innen selbst mit den Materialien und Objekten interagieren dürfen und mit ihren Mitschüler/innen im Team arbeiten, sind die Schüler/innen aktiv und Prozesse des Planvollen Handelns lassen sich rekonstruieren (W3vA-St1, D4vA-St1). So übernehmen die Schüler/innen beispielsweise das von der leitenden Person vorgegebene

Handlungsziel, Schaltpläne am Steckbrett nachzubauen, machen sich also das Ziel zu eigen, planen Handlungsschritte und bewerten diese beim Aufbau trotz der objektiv rezeptartigen Anleitung positiv (vgl. W3vA-St1). Teilweise werden die Schüler/innen hierbei jedoch durch Hilfestellungen der leitenden Person eingeschränkt, die sie unabhängig vom Vorwissen der Schüler/innen (vgl. D4vA-Sch1) bzw. ohne Nachfrage (vgl. W3vA-Sch1) erhalten.

In anderen Segmenten lassen sich durch die starke Fremdsteuerung kaum Prozesse des Planvollen Handelns erkennen (W6vA-Sch1, Z3vA-Sch1, D3vA). Das Entscheiden zwischen Handlungsalternativen wird durch die Angebote kaum unterstützt (W3vA-Sch2, W6vA-Sch1, Z3vA-Sch1, D3vA-Sch1). So zeigt sich beim Lernort Technik und Natur beispielsweise, dass aufgrund der fremdgesteuerten Entscheidung über die Wahl zwischen Reihen- und Parallelschaltung die Schüler/innen nicht angeregt sind, Kriterien für diese Entscheidung zu bilden (vgl. W3vA-Sch2). Schüler/innen nehmen durch die Fremdsteuerung Aufgaben auch als zu einfach wahr und fühlen sich unterfordert (W3vA-Sch2, W6vA-Sch1, Z3vA-Sch1). Sie wünschen sich explizit mehr Entscheidungsspielräume und äußern teilweise auch direkt Ideen, was sie gerne anders machen würden als durch die Fremdsteuerung vorgegeben. So äußerten die Schüler/innen beispielsweise am Lernort Technik und Natur, dass sie gerne selbst entscheiden würden, welche Schaltung sie bauen (vgl. W3vA-Sch2) oder wie sie die Rumpfform gestalten möchten (vgl. W6vA-Sch1). Die Unterforderung durch die Fremdsteuerung führt nachweislich sogar bei einigen Schüler/innen zu einer Demotivation (vgl. W6vA-Sch1).

Des Weiteren bewirkt die ausgeprägte Fremdsteuerung in allen drei Angeboten, dass Schüler/innen sich bestimmte Handlungsziele der didaktischen Strukturierung nicht zu eigen machen und dadurch auch bestimmte Begriffsbildungen nicht stattfinden (W3vA-Sch1, Z1vA-Sch1). Dies äußert sich beispielsweise darin, dass die Schüler/innen die gestellten Aufgaben zwar bearbeiten, ihre Aufmerksamkeit aber nicht auf die relevanten Aspekte richten und deshalb bestimmte Begriffe (Umpolung, Reihen- und Parallelschaltung) nicht aufbauen. Verstärkt wird dies durch Plenumsphasen, in denen die Schüler/innen als „Stichwortlieferanten“ dienen, sich auch so wahrnehmen und versuchen, die Stichworte zu nennen, die die leitende Person vermeintlich hören möchte; die Aktivierung eigenen Wissens wird dadurch eingeschränkt (Z1vA-Sch1).

Änderungskonsequenzen hinsichtlich der *Autonomieorientierung*

Zusammenfassend ergibt sich die Änderungskonsequenz, in der Dimension Autonomie mehr Selbststeuerung der Schüler/innen zuzulassen. Die Aufgabenstellungen, die eine Aktivität der Schüler/innen anbahnen, sollten stärker geöffnet sein und Entscheidungsspielräume bieten. Hilfestellungen sollten Schüler/innen bei Bedarf heranziehen können, ungefragt gegebene Hilfestellungen sollten vermieden werden. Zur wünschenswerten Selbststeuerung sollte auch gehören, dass die Schüler/innen an bestimmten Stellen selbstständig zwischen Handlungsalternativen entscheiden dürfen. Dabei sollten Situationen geschaffen werden, in denen eine Abwägung zwischen Handlungsalternativen notwendig wird und die Schüler/innen Kriterien entwickeln müssen, die begründete Entscheidungen herausfordern.

6.4 Fazit zur bereichsspezifischen Generalisierung

Eine der nach Edelson (2002) und Reinmann (2005) in Abschnitt 4.2 herausgestellten Ebenen der Generalisierung ist die der bereichsspezifischen Generalisierung, also der kontext- und fokusabhängigen Verallgemeinerbarkeit von Aussagen auf viele ähnliche Situationen. In der vorliegenden Studie stellt sich die Frage, ob die drei betrachteten sehr unterschiedlichen Laborangebote in den Dimensionen Kontext, Problemlösen und Autonomie Verallgemeinerungen zulassen, die vom konkreten Angebot losgelöst sind und sich auf strukturelle Ähnlichkeiten beziehen. Zunächst war nicht sicher, ob das gelingt, denn die Individualität der Angebote der drei Lernorte könnte eventuelle Gemeinsamkeiten überlagern, wofür viel sprechen würde. Tatsächlich konnte in diesem Kapitel mit Bezug zum Kapitel 5 aber herausgestellt werden, dass auf Ebene der didaktischen Strukturierung neben vielen Stärken auch eine Reihe von Problemen vorliegen, die an den drei Orten gleichermaßen, wenn auch individuell erkennbar sind. Die Kontextebenen und der Wechsel zwischen ihnen wird für die Adressatengruppe der Schüler/innen nicht transparent gemacht; die in den Angeboten angelegten Potentiale, Problemlösen zu unterstützen, werden nicht genutzt; und der Schwerpunkt der Steuerung liegt bei den leitenden Personen, obwohl die Schüler/innen mehr selbst steuern könnten und auch wollten. Zumindest in den letztgenannten beiden Dimensionen erzwingt die von den Lernortleitenden wahrgenommene organisatorische Begrenztheit der Laborangebote eine Engführung. In den folgenden Kapiteln wird untersucht, inwiefern Freiräume hier nicht auch für die Lernorte möglich sind, selbst unter den gegebenen organisatorischen Eckdaten.

7 Generalisierung der Kooperation zwischen Lernorten und Forschenden – Die „Design-Methodologien“

Nach Reinmann (2005) besteht mit Bezug zu Edelson (2002) eine weitere Ebene der Generalisierung im Design-based Research-Prozess in der Art und Weise, wie Forschende mit den Bildungsverantwortlichen z. B. von außerschulischen Lernorten interagieren und kooperieren. Dieser Generalisierungsebene wird in diesem Kapitel nachgegangen, bevor im Detail gezeigt wird, welche Änderungsvorschläge aufgrund der Ergebnisse der Kapitel 5 und 6 gemacht wurden bzw. mit den Lernorten zusammen erprobt wurden (Kapitel 8 und 9). Auf der Ebene der „Design-Methodologien“ geht es zunächst um die notwendige Offenheit von Schülerlaborbetreibenden dazu, den Forschenden einen intensiven Zugang zu den eigenen Bildungsangeboten zu ermöglichen. Dies ist kein trivialer Akt, birgt er doch das Risiko, dass die Forschenden Probleme oder Unzulänglichkeiten der Bildungsangebote detektieren und offenlegen. Bei kommerziell arbeitenden Einrichtungen droht hier unter Umständen ein wirtschaftliches Risiko, wenn bekannt werden würde, dass man den eigenen Zielen nicht gerecht wird. Deswegen muss die Kooperation zwischen Lernort und Forschenden von einem hohen Maß an Vertrauen geprägt sein. Im Programm GINT hat es eine Reihe von Fällen gegeben, bei denen die außerschulischen Lernorte dieses Vertrauen gegenüber einer GINT-Forschendengruppe nicht hatten und die Kooperation letztlich nicht zustandegekommen ist.

Von der Ausgestaltung der Kooperation hängt es ab, ob man den Zugang zu den Lernangeboten erhält, ob man das Einverständnis der Eltern für begleitende Befragungen bekommt, ob sich die pädagogisch Verantwortlichen der Lernorte für die teils schmerzlichen Erkenntnisse der Forschergruppe öffnen und ob sie dann bereit sind, zumindest probeweise Änderungsvorschlägen zu folgen und diese zu erproben. Das Vertrauen muss groß sein, Personen von außen in seine Bildungszusammenhänge hinein zu lassen und teilweise die Kontrolle aus der Hand zu geben mit dem vagen Versprechen, dass die seit Jahren im Prinzip erfolgreich laufenden Angebote substantiell verbessert werden könnten.

In den Kontakten zu den drei Schülerlaboren ist dieses Anfangsvertrauen vorhanden gewesen und hat dieser Studie alle Möglichkeiten eröffnet, wofür großer Dank und Anerkennung auszusprechen ist. Entwicklungsideen werden im Sinne des DBR-Ansatzes gemeinsam mit den pädagogisch Verantwortlichen der Schülerlabore, also in Kooperation von Wissenschaft und Praxis, diskutiert und in Abstimmung an die konkreten Kontextfaktoren vor Ort angepasst (vgl. Reinmann, 2005). Dieser zunächst leicht zu formulierende Vorgang muss mit beiderseitigem Aufwand erarbeitet werden, was im Folgenden dargestellt wird. Der Prozess ist keineswegs trivial und erfordert, dass die Forschenden sich in den Lernort eindenken und versuchen, den Mitarbeitenden auf Augenhöhe zu begegnen, was

aufgrund der Asymmetrie und voneinander abweichender Erwartungen eingangs Probleme mit sich bringen kann. Im Prozess des Design-based Research stellt die Kooperation zwischen Lernort und Forschung eine wichtige Ebene der Generalisierung in einem Forschungs- und Entwicklungsprojekt dar. Reinmann bezieht sich hier auf Edelson, der von der sogenannten „Design-Methodologie“ spricht:

“However, a design methodology provides guidelines for the process rather than the product. A design methodology describes (a) a process for achieving a class of designs, (b) the forms of expertise required, and (c) the roles to be played by the individuals representing those forms of expertise.” (Edelson, 2002, S. 115)

Das Vorgehen innerhalb der vorliegenden Studie wird im Folgenden dargestellt, um Generalisierungen für zukünftiger Kooperationen zwischen Forschenden und Personen in Schülerlaboren herauszuarbeiten (Abschnitt 7.1). Es wird darauf eingegangen, wie die Expertisen der Lernorte und die Expertise der Forschenden zusammengekommen und zu einer gemeinsamen Weiterentwicklung der Angebote genutzt worden sind. Bei allen drei Lernorten ist deutlich geworden, dass man den Lernort als eigenen „Kosmos“, als soziale Gruppe mit einer inneren Struktur, mit Regeln und Riten begreifen muss. Die Arbeit an den Lernorten hat damit Züge eines ethnografischen Vorgehens (vgl. Döring & Bortz, 2016, S. 337 ff.), bei dem ein soziales System zunächst mit aller Wertschätzung von innen her verstanden werden muss, bevor man neue Regeln (hier didaktische Strukturvorschläge) einbringt und deren Umsetzung erbittet. Dies ist überhaupt erst dann möglich, wenn man sich als Forschende als kompetent und verständig erweist und mit gewisser Empathie für die Nöte und Zwänge des Lernorts und seiner Mitarbeitenden Verständnis zeigt. Ein Teil der Generalisierung bezieht sich an den analysierten Orten auf die dort beobachteten Reaktionsmuster der Mitarbeitenden gegenüber Vorschlägen der Forschenden (Abschnitt 7.2).

7.1 Prozess der Zusammenarbeit während der Weiterentwicklung

Die Zusammenarbeit zwischen Forschenden und Praktikern der Schülerlabore, also dem integrativen Vorgehen im Zuge des Forschungsprozesses, wird im Sinne des Design-based Research-Ansatzes, wie in Kapitel 4 beschrieben, ein großer Stellenwert zugeschrieben. Dabei ist es besonders wichtig, die gegenseitige Expertise anzuerkennen und als solche wertzuschätzen. Nur dann kann es gelingen, in Kooperation empirisch begründete Veränderungen der Angebote umzusetzen. Im Folgenden wird die Zusammenarbeit in dieser Studie dargestellt. Dabei wird auf die Phase der Kooperation fokussiert, nachdem der erste Zyklus der empirischen Begleitung beendet ist, Erkenntnisse über Stärken und Probleme der Angebote vorliegen und das Angebot nun empiriebasiert weiterentwickelt werden soll. In dieser Phase lassen sich drei Teilphasen ausmachen (vgl. Abbildung 7.1), die an allen drei Schülerlaboren in gleicher Weise gestaltet worden sind. Das oben angesprochen Vertrauen und die gegenseitige Wertschätzung sind in dieser Phase erreicht, nachdem Lernort und Forschende mehrere Wochen zwecks Datenaufnahme interagiert haben.

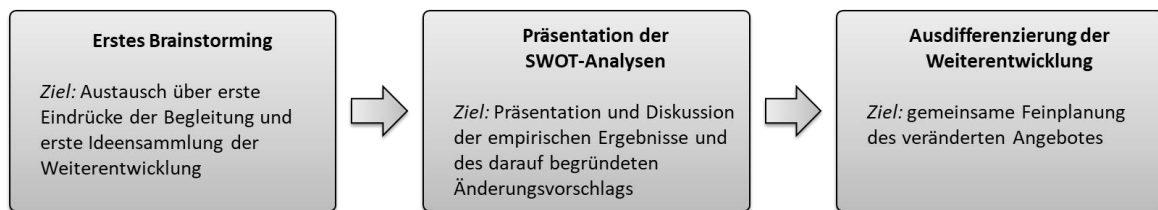


Abbildung 7.1 Prozess der gemeinsamen Weiterentwicklung

7.1.1 Teilphase: Gemeinsames Brainstorming nach der Datenaufnahmen des ersten Zyklus

Ziel: Hier geht es darum, den Lernorten erste Eindrücke der Begleitung zurückzumelden und gemeinsam Ideen für die Veränderung der Angebote zu formulieren. Dadurch sollen Überlegungen der Lernorte frühzeitig mit in die Weiterentwicklung der Angebote einbezogen werden. Dabei ist die Wertschätzung der Arbeit der Mitarbeitenden der Schülerlabore und ein Herausstellen der positiv zu bewertenden Abläufe von entscheidender Bedeutung für die weitere konstruktive Kooperation.

Verlauf dieser Treffen an den drei Lernorten: Nachdem die Lernlaborangebote das erste Mal durchgeführt und die Schülergruppen engmaschig durch empirische Erhebungsmethoden begleitet wurden, fand ein erstes Treffen mit zwei VertreterInnen der Universität, dem Leiter des Lernortes, den Mitarbeitern, die das konkrete Angebot durchführen sowie weiteren interessierten Mitarbeitenden statt. Die Anzahl der Schülerlaborvertreter/innen variierte zwischen fünf und neun Personen, je nach Lernort. Es wurde eine Reihe von Ideen der Weiterentwicklung und Veränderung des Angebots diskutiert, teilweise von den Akteur/innen des Lernorts eingebracht, vorwiegend aber von den Forschenden. Die Ideen wurden zunächst gesammelt. Die Forschenden brachten Eindrücke aus der empirischen Begleitung der Schülergruppen ein sowie daran ausgerichtete spontane Änderungsbedarfe, die sich auf die drei Analysedimensionen bezogen. In dieser Teilphase waren die Vorschläge noch sehr offen und allgemein, sodass diese durch Ideen der Lernorte ergänzt oder sogar schon präzisiert werden konnten. Es wurde sich darauf geeinigt, dass die Forschenden die diskutierten Punkte auf Basis der erhobenen Daten weiter ausarbeiten und einen konkreten Vorschlag entwickeln. Zum weiteren Vorgehen wurde vereinbart, dass bei einem nächsten Treffen die Ergebnisse der Befragung und der Beobachtung der Schüler/innen und die in Interviews erhobenen Ziele und Möglichkeiten des Lernorts (aus den geführten Interviews) so aufgearbeitet und gegenübergestellt werden sollten, dass konkrete Variationen des Angebots abgeleitet und diskutiert werden können.

Ergebnis: Ein solches Treffen ermöglicht allen Beteiligten, sich relativ offen über die Angebote, auch ihre Genese und die zu berücksichtigenden organisatorischen Rahmenbedingungen auszutauschen im Hinblick auf den Ablauf sowie die Ausnutzung der Ressourcen des Schülerlabors. Dadurch gibt man auch den leitenden Personen die Möglichkeit, sich reflektiert zu äußern und eigene Änderungsideen vorzutragen. Im Austausch gelingt es den Forschenden, erste Impulse zu implementieren, die dann aufgegriffen und weiterentwickelt werden. Ein Protokoll, das die Ergebnisse der gemeinsamen Diskussion zusammenfasst und den Mitarbeitenden der Schülerlabore mit der Bitte um Ergänzungen und Korrekturen zugeschickt wird, hilft, diesen Entwicklungsprozess aufrechtzuerhalten. So

entsteht ein Arbeitspapier, welches bereits auf Grundlage der gemachten Erfahrungen eine erste Vorauswertung der Begleitung darstellt und eine grobe Richtung der Veränderungen der Angebote skizziert.

7.1.2 Teilphase: Präsentation der Ergebnisse der SWOT-Analyse und der empirischen Daten sowie Diskussion einer Angebotsvariante

Ziel: In dieser Teilphase stellen die Forschenden bei einem gemeinsamen Treffen die Ergebnisse ihrer SWOT-Analyse sowie der empirischen Ergebnisse der Begleitung und Befragung vor und leiten daraus einen konkreten Vorschlag für die Weiterentwicklung des Angebotes ab; dieser wird beim Treffen diskutiert und gemeinsam ausdifferenziert.

Verlauf dieser Treffen an den drei Lernorten: Zu Beginn des Treffens stellten die Forschenden Ausschnitte der Ergebnisse der empirisch validierten SWOT-Analysen vor. Dabei wurden zum einen Stärken aber auch die Schwächen der Angebote dargestellt und jeweils konkreten Zielen der Leitenden gegenübergestellt, die sie selbst in den vorherigen Interviews geäußert hatten. Durch diese Gegenüberstellungen wurden bestimmte Diskrepanzen verdeutlicht, anhand derer spezifische Änderungsbedarfe und konkrete Vorschläge für eine Weiterentwicklung gemacht wurden. Folgendes Beispiel (vgl. Abbildung 7.2) soll dieses Vorgehen verdeutlichen. So wurde im Schülerlabor Lernort Technik und Natur in Bezug auf die Kontextorientierung dargestellt, dass die Schüler/innen während der Experimente nicht benennen konnten, wie diese mit dem Solarboot zusammenhängen und wozu sie die Experimente genau machten, während die Leitenden betonten, dass die Schüler/innen die Relevanz ihrer Handlungen erkennen sollen, um eine Sinnhaftigkeit zu erreichen.

Bootsantrieb: Zusammenhang und Kontext!	
Prozesse bei den Schülern:	Ziele und Potentiale des Lernorts:
<ul style="list-style-type: none"> • Schülern ist nicht klar, wozu sie Experimente machen und wie diese mit dem Solarboot zusammenhängen. Es wird nie über Vor- oder Nachteile der Schaltungen geredet. • Schüler können Fragen nicht beantworten, weil sie nicht wissen, worauf man hinaus will (im Gespräch im Plenum und beim Lückentext) • Im Post-Fragebogen kann weniger als die Hälfte den Grund für eine Reihenschaltung benennen. 	<ul style="list-style-type: none"> • „Dass ich nicht nur etwas mache, weil es jetzt mir gesagt wurde [...], sondern dass ich es mache, weil ich es machen will, [...] weil ich einen Sinn darin sehe und weil es mich weiterbringt.“ • „Es muss doch einen inneren Zusammenhang geben. Das heißt die Schüler müssen die Notwendigkeit erkennen, warum ich mich jetzt ausgerechnet an dieser Stelle damit beschäftigen muss.“

Abbildung 7.2 Exemplarische Gegenüberstellung der SWOT-Analyse und der Ziele der Lernorte

Anhand dieser Diskrepanz wurde dann ein Änderungsbedarf formuliert und konkrete Veränderungsideen wurden dargestellt (vgl. Abbildung 7.3). In diesem Beispiel wurde herausgestellt, dass die didaktische Strukturierung die Schüler/innen stärker unterstützen sollte, einen Bezug zwischen ihren Aktivitäten und dem Kontext des Solarboote herzustellen, indem der Rote Faden des Angebotes stärker expliziert wird, indem er zum Beispiel in die Aufgabenformulierungen aufgenommen wird.

Bootsantrieb: Zusammenhang und Kontext!		
Prozesse bei den Schülern:	Ziele und Potentiale des Lernorts:	
<ul style="list-style-type: none"> • Schülern ist nicht klar, was sie bei den Experimenten mit dem Solarboot machen sollen. Sie werden nie über die Schaltungen informiert. • Schüler können die Aufgaben nicht beantworten, worauf man hinweisen muss (im Gespräch Lückentext). • Im Post-Fragebogen wird die Hälfte der Schüler nicht in der Reihenfolge benennen. 	<p><i>Ziel der Handlungen und der Zusammenhang zum Solarboot müssen klarer zum Ausdruck gebracht werden:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Bezug zum Solarboot sollen bei den Handlungen klar formuliert werden. • Die Aufgabenformulierungen werden so gestellt, dass das Ziel der Handlung für die Schüler direkt erkennbar ist. • Der rote Faden soll explizit thematisiert werden, sodass immer klar ist, welche Rolle die Erkenntnisse der einzelnen Handlungsschritte für die Konstruktion des Bootes spielen. 	<p>etwas mache, es sagt wurde [...], es mache, weil ich [...] weil ich einen [...] und weil es mich</p> <p>en inneren eben. Das heißt n die ennen, warum erechnet an t beschäftigen</p>

Abbildung 7.3 Exemplarische Folie des aus der Diskrepanz abgeleiteten Änderungsvorschlages

In dieser Art und Weise wurden verschiedene Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse dargestellt. Während bei den Schwächen, wie im Beispiel gezeigt, immer darauf gesetzt wurde, Diskrepanzen herauszustellen, wurde bei Stärken mit dem Ausbau bestimmter Potentiale argumentiert. Pro Lernort wurden die fünf bis sieben Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse und die daraus resultierenden Änderungsideen vorgestellt.

Darauf aufbauend wurde ein konkreter Vorschlag für einen veränderten Ablauf des Angebotes gemacht. Dieser wurde ebenfalls auf einer Folie und in einem Handout vorgestellt, damit der neue Ablaufplan im Nachgang des Treffens bei den Lernortmitarbeitenden weiter diskutiert werden konnte. Die Änderungsvorschläge waren bereits sehr konkret ausgearbeitet, indem schon Vorschläge für Aufgabenformulierungen gemacht wurden. Teilweise bestand aber noch Offenheit, sodass die Lernorte weitere Konkretisierungen mit einbringen konnten. Ein Auszug eines solchen vorgeschlagenen Ablaufs ist in Abbildung 7.4 dargestellt.

Nach der Vorstellung der neuen Ideen wurden diese in der Gruppe aus Forschenden und Lernortaktiven diskutiert, ausdifferenziert und angepasst. Hierbei kam es durchaus zu Kontroversen, weil andere Routinen als die bisher bestehenden vorgeschlagen wurden und die Forschenden durchaus andere Paradigmen in den drei Dimensionen Kontext, Problemlösen und Autonomie vertraten als die Lernortmitarbeitenden. Was die Forschenden ggf. als „kleine Änderungen“ bezeichneten (allerdings auf Basis anderer Grundannahmen), wurde teilweise als eklatante Änderungen des Bisherigen aufgefasst. Beide Sichtweisen hatten ihre Berechtigung. Am Ende des Treffens hatte man sich auf einen Ablauf für das veränderte Angebot geeinigt, zumindest soweit, dass man die Änderungsvorschläge ausprobieren wollte, nachdem diese weiter konkretisiert sein würden.

Auszug aus dem Ablaufplan

„Wie kann ich mit Solarzellen einen Bootsantrieb bauen?“

Modus der Station: Die Schaltpläne sind gegeben, nämlich die Reihen- und Parallelschaltung, und es müssen jeweils die Auswirkungen für ein Solarboot untersucht werden. Dafür werden die Schaltungen systematisch untersucht, sodass Vor- und Nachteile für die eigene Konstruktion abgewogen und in den Entscheidungsprozess eingebracht werden können.

Ablauf:

- Die „Baupläne“ von Rudi und Paul dienen als Motivation für die anschließenden Experimente. Deswegen zeigt die leitende Person den Schüler/innen zwei unterschiedliche Schaltpläne (siehe Vorschlag für Arbeitsblatt), wobei nicht klar ist, welche zu welchem Fahrzeug gehört.
 - Die Aufgaben für die zwei Schaltpläne sind dann offener formuliert, sodass Schüler/innen selbst die Experimente steuern können. Die Aufträge lauten:
 - *Finde heraus, welcher Schaltplan zu welchem Auto gehört!*
 - *Was passiert bei den Schaltungen, wenn beim Wettrennen Blätter auf eine Solarzelle fallen?*
 - *Welche Schaltung ist für das Solarboot besser geeignet?*
- Ergebnisse werden diskutiert und die Vor- und Nachteile der Schaltungen im Plenum zusammengetragen. Die leitende Person erinnert an das Abschlussrennen und bittet die Schüler/innen abzuwägen, welche Schaltung sie für ihr Boot bauen möchten.
 - Jede/r Schüler/in bekommt ein Arbeitsblatt mit Fotos der Bauteile für das Löten, jedoch ohne eingezeichnete Kabel.
 - Die Schüler/innen sollen nochmals an die Experimentierboards gehen und die Schaltung aufmalen, für die sie sich entscheiden.

Abbildung 7.4 Beispielhafter Auszug aus einem vorgeschlagenen Ablaufplan

Ergebnis: Diese Treffen waren bedeutsam für den weiteren Fortgang des Projektes, denn die Bedeutung der Veränderungen muss allen Beteiligten aufgezeigt und die Vorschläge letztlich als sinnvolle Verbesserung angesehen werden. Wenn das nicht gelingt, wäre eine Erprobung von Veränderungen halbherzig und mit einiger Wahrscheinlichkeit zum Scheitern verurteilt. Durch die detaillierte Aufschlüsselung der Denkprozesse der Schüler/innen in Verbindung mit den gewünschten Zielen werden den Mitarbeitenden der Lernorte die Diskrepanzen deutlich gemacht und somit im besten Fall der Wunsch nach einer Umgestaltung geweckt. Dabei wurde genutzt, dass die empirischen Daten in gewisser Weise für sich sprechen und aufgrund ihrer Authentizität eine hohe Überzeugungskraft aufweisen. Gepaart mit den wörtlichen Aussagen der interviewten Lernortmitarbeitenden hinsichtlich der Ziele des Lernorts, die ebenfalls authentische Kraft aufgewiesen haben, war die Bereitschaft da, sich auf den neuen Ablauf einzulassen.

7.1.3 Teilphase: Kommunikation zur gemeinsamen Weiterentwicklung und Ausdifferenzierung des Vorschlages

Ziel: Die Feinplanung des veränderten Angebotes und die dafür benötigten Arbeitsmaterialien werden gemeinsam fertiggestellt.

Verlauf dieser Zusammenarbeit mit den drei Lernorten: Es gab weitere Besprechungen vor der ersten Durchführung des veränderten Angebotes, in denen die Leitenden gemeinsam mit den Forschenden an der Feinplanung arbeiteten. Dies geschah dann auf einer operativen Ebene mit denjenigen Personen, die die veränderten Abläufe umsetzen sollten. In

der Phase davor war immer auch der verantwortliche Leiter der Einrichtung dabei, der einen gewissen moralischen Druck ausübte, sich auf die Analysen und die Änderungsvorschläge einzulassen. Auf der operativen Ebene wurde an den Grundideen der Veränderung nichts mehr geändert, sondern die Vorschläge wurden weiter ausdifferenziert, konkrete Arbeitsmaterialien entwickelt und es wurden Entscheidungen über die organisatorische Umsetzung getroffen. Diese Teilphase erstreckte sich über ein bis vier Wochen, in denen beide Seiten Ideen einbrachten und zur Diskussion stellten. Am Ende stand die fachdidaktische Strukturierung des veränderten Angebots, welches empirisch begründete Änderungsvorschläge der Forschenden und auch Ideen und strukturelle und organisatorische Überlegungen der Lernorte umfasste.

Ergebnis: Eine abschließende Feinjustierung ist nur in enger Zusammenarbeit mit den Lernorten möglich, da die praktische Umsetzung von einer Reihe organisatorischer, methodischer und struktureller Faktoren abhängt. Ein enger und häufiger Austausch gestattet allen Beteiligten, sich einzubringen und verteilt zudem die anfallende Arbeit gleichmäßig. Auf diesem Wege gelingt es letztendlich, ein gemeinsam entwickeltes Projekt auszufeilen und für die Durchführung sowie erneute Überprüfung vorzubereiten. Dem Wunsch an einem der Lernorte, dass die Forschenden selbst den neuen Entwurf mit einer Lerngruppe umsetzen sollten, wurde nicht entsprochen. Hier ergab sich ein Dilemma. Denn im Sinne eines Einlebens in den Kosmos des Schülerlabors wäre es ein probater „Initiationsritus“ gewesen, sich als Forschende selbst den Schwierigkeiten des Laboralltags zu stellen. Aus methodischen Gründen und im Sinne der fachdidaktischen Ziele wäre dies aber kontraproduktiv gewesen, weil die Lernortbetreibenden die neuen Routinen übernehmen sollten und die Erprobung der neuen Angebotsvarianten an dieser Stelle im natürlichen Setting ablaufen sollte. Wie dieses Dilemma aufzulösen ist, blieb in der vorliegenden Studie offen.

7.2 Reaktionen der Mitarbeitenden in der Teilphase „Diskussion der neuen Angebotsvariante“

Im Folgenden wird beispielhaft ein Treffen zur „Präsentation der SWOT-Analyse und den empirischen Ergebnissen“, also das zweite Treffen der gemeinsamen Weiterentwicklung, geschildert, das als zentraler Dreh- und Angelpunkt der Zusammenarbeit bezeichnet werden kann. Die Darstellung beruht auf Notizen, die während der Treffen mit den Mitarbeiter/innen der Lernorte gemacht wurden und Erinnerungsprotokollen der Forschenden. Auch wenn die ablaufenden Kooperationen an den drei Schülerlaboren hoch individuell waren, hat sich doch herausgestellt, dass diese Art der Treffen sehr ähnlich abliefen und sich daraus eine Generalisierung ableiten lässt. Generalisierbar erscheinen auch bestimmte Rollen, die Lernortmitarbeitende gegenüber den Vorschlägen der Forschenden eingenommen haben.

7.2.1 *Beispielhafter Verlauf des Treffens zur Präsentation der SWOT-Analysen*

Einleitend muss erwähnt werden, dass vor dem Treffen mit den Vertreter/innen des Lernortes für die Präsentation der SWOT-Analysen die Forschenden zunächst nur mit dem/der Leitenden des Lernortes gesprochen haben. Der/Die Leitende hat die ‚politische‘ Aufgabe, den Ort nach außen und gegenüber der Universität und den Forschenden zu vertreten. Er/Sie war es, der auf die Kooperation angesprochen wurde oder sie gesucht hat. Er/Sie ist

nun auch der-/diejenige, der/die in den Folgewochen die vermittelnde Rolle einnimmt, der/die die expliziten oder impliziten Auseinandersetzungen der Akteure schlichtet oder dämpft. Diese Rolle fordert von den Forschenden auf einer Metaebene, auf der es nicht um das Konkrete des Angebots geht, dass sie den/die Leitende/n immer auch in seiner/ihrer Rolle als Vermittler ansprechen. Deswegen wird in diesem ersten Gespräch zwischen Leitendem/r und Universität deutlich gemacht, dass man sich durchaus dessen bewusst ist, dass man eine Störung einbringt und zunächst einmal einen erhöhten Arbeitseinsatz einfordert, dass man auch mal etwas ohne besseres Wissen vorschlägt etc. und dass man von dem/der Leitenden erwartet, dass er/sie seine/ihre Mitarbeitenden dahingehend motiviert, trotz eventueller Bedenken probeweise „mitzuziehen“ und die Ideen gemeinsam ausdifferenzieren.

Ein gemeinsames Treffen fand im Schülerlabor statt. Neben dem Leitenden, hier Bernd genannt, nahmen die Mitarbeitenden, Julia und Tom genannt, teil. Zwei Forschende waren anwesend. Sie stellten den Änderungsvorschlag ausführlich vor und begründeten ihn anhand der Ergebnisse der SWOT-Analyse und der empirischen Ergebnisse. Die Betreiber machten sich hierzu Notizen. Eine gewisse Skepsis der Betreibenden wurde durch Mimik und Körperhaltung deutlich. Nach der Vorstellung griff Bernd einen Teil des Vorschlags heraus, den er gut fand, und verwies gleichzeitig auf scheinbar unüberwindbare organisatorische Hürden, die mit dem Änderungsvorschlag verbunden waren.

Von Julia kamen Nachfragen zu einzelnen Phasen. Sie äußerte, dass sie „Panik“ bekommt, wie sie das alles umsetzen soll. Tom reagierte negativ emotional; ihm gelang es kaum, seine Gefühle unter Kontrolle zu halten. Er führte rationale Gründe gegen den Vorschlag an und betonte unermüdlich, dass der neue Vorschlag innerhalb der gegebenen Zeit von vier Stunden nicht umsetzbar sei. Hier griff Bernd ein und bat, diese Bedenken hintenanzustellen und sich zunächst auf den Vorschlag einzulassen. Die Forschenden versuchten, die aufgeladene Stimmung zu beruhigen, indem sie auf die Grundidee der Änderungen eingingen, auf die man sich im ersten Treffen bereits geeinigt hatte.

Tom hob daraufhin einzelne Punkte hervor, die er als schwierig ansah. Er griff Details heraus, die noch nicht geklärt waren: „Wie habt ihr euch das gedacht?“, um den Vorschlag insgesamt zu diskreditieren. Er verteidigte die bisherige Angebotsstruktur: „Das Angebot haben wir seit Jahren aufgebaut.“, und es wurde deutlich, dass er den Bedarf an einer Verbesserung gleichsetzte mit einer Kritik an seiner Person und seinen bisher erbrachten Leistungen. Gleichzeitig wurden Furcht vor Umstellungen oder erhöhtem Arbeitseinsatz deutlich. Er stellte schließlich den Grundsatz der Vorschläge in Frage: „Lohnt sich die Veränderung wirklich?“

Bernd versuchte zu schlichten, die Forschenden betonten erneut die Grundidee der Veränderungen, Tom beharrte auf seiner Kritik und stellte die empirischen Begleitung und die vorgestellten Aspekte in Frage und bezweifelte, ob Bedarf zur Überarbeitung bestünde: „Was genau haben die denn nicht verstanden?“ Bernd „wechselte die Seiten“ zwischenzeitlich und unterstützte seinen Mitarbeiter, um ihm Verständnis für seine Position zu signalisieren. Die Forschenden schlugen dann vor, dass man den Entwurf noch gemeinsam ausdifferenzieren sollte, wobei Tom eine entscheidende Funktion als

Praktiker zukomme. Julia bat nun darum, bestimmte Ideen in Bezug auf die Umsetzung zu konkretisieren. Das Gespräch wendete sich nach einer emotionalen Phase den Punkten zu, die eher leicht umzusetzen waren. Gemeinsam wurden dann in konstruktiver Atmosphäre konkrete Handlungsabläufe besprochen und der Zeitplan skizziert.

Insgesamt fällt an dieser episodischen Darstellung auf, dass die gemeinsame Diskussion oft einem Ringen um einen gemäßigten, für alle Beteiligten akzeptablen Veränderungsprozess glich. Positionen wurden abgeklopft, mögliche Schwierigkeiten herausgestellt, Befindlichkeiten ausgedrückt, um letztendlich eine Einigung zu erzielen. Die Vorstellung der Ideen zur Optimierung der Lernprozesse stellte dabei teilweise eine als ‚bedrohlich‘ empfundene Veränderung des bisherigen Zustands dar. Dies löste teilweise eine enorme Abwehrhaltung aus und macht deutlich, dass eine Veränderung neben rational didaktischen und empirischen Gründen immer auch eine emotionale Bereitschaft der Lernorte, an denen man etwas ändern möchte, voraussetzt. Dies ist aber nicht immer gegeben. Wichtig ist dabei die schlichtende Funktion des/der verantwortlichen Leitenden, der/die Autorität und kollegiale Führungspersönlichkeit einbringen muss, um eine Öffnung zu ermöglichen.

7.2.2 *Verschiedene Rollen in der Zusammenarbeit*

In den drei Schülerlaboren ist dieser Prozess sehr ähnlich verlaufen und es gab an allen drei Orten ähnliche Reaktionen auf die Impulse zur Veränderung. Fünf typische Reaktionsmuster können skizziert werden. Sie zu erwarten und mit ihnen umzugehen, ist als eine Generalisierung im Bereich Design-Methodologien anzusehen.

Reaktionsmuster der Lernortmitarbeitenden

Insgesamt waren in allen drei Schülerlaboren drei Rollen der Lernortbetreibenden zu erkennen:

1. Der Widerständige, der schwer zu überzeugen ist und am Bisherigen festhält

Emotional eng verbunden an die bisherige Struktur des Angebots, die er verantwortet und mit entwickelt hat. Änderungsvorschläge seitens der Forschenden treffen seinen affektiven Kanal. Er rationalisiert und sucht daher einzelne nachvollziehbare Kritikpunkte und scheinbar rationale Argumente, die vermeintlich gegen eine Veränderung sprechen. Diese fokussieren meist Detailspekte, werden aber als bedeutsam intoniert. Er reagiert skeptisch und zurückweisend auf die Impulse von außen, bringt sich aber schließlich engagiert in die Ausdifferenzierung der Änderungsvorschläge ein. Die Ressentiments bestehen aber oft weiterhin.

2. Der Bereitwillige, der sich gern auf neue Ideen einlässt und sie ausprobiert und zum Verbündeten der Forschenden wird

Er lässt sich auf die Vorschläge von außen ein, redet mit den Forschenden auch über das Verhalten der anderen Lernort-Personen, knüpft emotionalen Kontakt zu den Forschenden, äußert, dass er sich schon immer Veränderungen gewünscht hatte, und integriert die neuen Ideen flexibel in seine Handlungsmuster (z. B. expliziter Wunsch nach konkreten Materialien).

3. Der Vermittelnde, der ggf. eine Leitungsfunktion hat und qua Amt vermitteln muss, aber innere Widersprüche spürt

Er tritt vermittelnd auf, will nach außen politisch agieren und nach innen sowohl eine Aufgeschlossenheit einfordern als auch Streitigkeiten und Unwillen dämpfen. Dabei vertritt er in der Sache durchaus Positionen, die den Vorschlägen von außen widersprechen, sodass er auch hin und wieder und teilweise im Grundsatz in Interessenkonflikte mit seinem Rollenprofil kommt.

Verhaltensmuster der Forschenden

Auf Seite der Forschenden können auch aktiv verschiedene Rollen eingenommen und durchaus flexibel eingesetzt werden, um die Bereitschaft zur Mitwirkung der Lernorte zu erhöhen.

1. Die Rolle des *Fordernden*, der mit scheinbar utopischen oder idealistischen Ideen kommt (ggf. absichtlich übertrieben, um aufzurütteln). Er fokussiert die Kritikpunkte an der alten Vorgehensweise, betont die Bedeutung von Veränderung und den Fortschritt, den die Veränderung mit sich bringen werde. Er weist auf die Verpflichtung der Lernorte zur Weiterentwicklung hin und fordert zum Vorteil der Schüler/innen Mut und Offenheit ein.
2. Die Rolle des *Vermittelnden*, der pragmatisch vorgehen und die Sorgen der Betreibenden berücksichtigen will. Er ist emotional und wertschätzend, baut Vertrauen auf, versucht für das Projekt zu begeistern und führt immer wieder die positiven Aspekte einer Veränderung an. Dabei signalisiert er, dass alle als gleichberechtigte Partner agieren und gemeinsam dieses Projekt zum Erfolg führen werden. Er beschwichtigt, sucht nach Lösungen sowie neuen Anknüpfungspunkten und interagiert sensibel zwischen allen Beteiligten.

7.2.3 Reflexion der Mitarbeitenden über den gesamten Prozess der Zusammenarbeit

Nach dem zweiten Zyklus, der in Kapitel 8 dargestellt wird, wurde ein abschließendes Gespräch zusammen mit allen Lernortmitarbeitenden geführt, die eng an der Studie beteiligt waren. Das Gespräch wurde aufgezeichnet und transkribiert. Die Zusammenarbeit zwischen Personen der Praxis und den Forschenden wurde in diesem Gespräch reflektiert und bewertet. Im Folgenden werden einige Aussagen der Lernortmitarbeitenden dargestellt, die zeigen, wie die Lernortbetreibenden ihren Einsatz, den Mehrwert der Erprobungen und die Art und Weise der Zusammenarbeit wahrgenommen hatten. Die Zitate sollen hier unkommentiert für sich stehen, sie sind allerdings in drei Bereiche kategorisiert.

Kategorie „Zusammenarbeit auf Augenhöhe“

- *Ich fand den Austausch sehr auf Augenhöhe [...] ich meine das passiert leicht, man hat unglaublich viele Daten, hat die schon ausgewertet und dann passiert es ganz leicht, dass man sich da hinsetzt und sagt, so, das und das ist falsch. So habe ich das aber überhaupt nicht wahrgenommen. Sondern ihr habt die Daten dann einfach dargestellt und dann hat man in einem Austausch [...], dass ihr was vorgeschlagen habt, es kam Gegenrede, man hat sich auf einen Kompromiss geeinigt, aber wirklich kollegial auf Augenhöhe, wertschätzend [...] und das habe ich als sehr positiv empfunden.*

- *Es besteht ja ganz schnell die Gefahr, dass jemand denkt, da kommt jemand von der Uni und der weiß alles besser [...] Aber genau so war es eben nicht. [...] Wir haben vieles diskutiert, das fand ich sehr gut daran, weil das einem ja auch hilft, mal einen Schritt zurück zu treten und zu gucken, was machst du da eigentlich. Das fand ich sehr gut.*
- *Ich habe das für mich während des Gesamtprozesses als sehr angenehm empfunden, dass man zusammen geguckt hat, alles zusammen besprochen hat und sich an keiner Stelle überrumpelt gefühlt hat. Das ist ja schon ein Vertrauensverhältnis, sich in die Karten gucken zu lassen. [...] Da gehört eine Menge Vertrauen dazu und das habt ihr durch die Schritte ganz gut gemacht.*
- *Wir haben ja auch einiges diskutiert. Als wir die eine Woche da hatten, wo wir täglich die Arbeitsmappen geändert haben. Da haben wir ja auch viel diskutiert und da habe ich ja auch darauf hingewiesen, dass das technisch einfach schwierig ist [...] und deswegen hatten wir das dann zusammen angepasst.*

Kategorie „Hoher Arbeitsaufwand für den Lernort“

- *Es gibt einen Moment, wo der Lernort [...] besonders gefordert ist. Das ist der Moment, wenn es in die zweite Phase geht. [...] Dann kommt dieser eine Moment vor der zweiten Beobachtungsphase, da prasselt richtig Arbeit rein.*
- *Von dem ‚wir stellen die [Ergebnisse der SWOT-Analyse] transparent dar‘, bis zu ‚wir haben eine organisatorisch, methodisch, didaktisch, ressourcentechnische Durchführung davon abgeleitet‘ das braucht einen Moment. [...] Das fand ich eine sehr intensive Phase. [...] es gilt zu prüfen, wie was umsetzbar ist. Weil ich kann mich an Dinge erinnern, wo wir dann dran dachten, da habt ihr nicht dran gedacht, ihr habt an Sachen gedacht, wo wir gesagt haben, das ist wichtig, dass ihr daran gedacht habt, das können wir so übernehmen.*
- *Ich glaube, dass es eine Sache ist, zu erkennen [...] wo man fördernde Faktoren nach vorne und hemmende zurücknehmen kann. Ein langwieriger Prozess ist, wie man das didaktisch und methodisch und ressourcentechnisch runtergebrochen hat. Das hat bei uns viel Zeit in Anspruch genommen, weil wir da viel abgewogen haben. [...] Man muss da sehr fein tunen, was hat man für Materialien, was ist machbar [...], wo nehme ich was raus, um mehr Zeit zu haben.*
- *Der Eingriff war massiv, wo vorher gesagt wurde, man ändert nur an kleinen Stell-schrauben, aber der Eingriff war massiv, was aber letztlich trotzdem positiv zu werten ist. [...] Ich bin da jetzt sehr mit einverstanden.*
- *Also der Aufwand ist enorm hoch. Aber sowas von notwendig. Nicht weil es vorher so schlecht gewesen ist, sondern weil die Struktur klarer, aber die Aufgaben offener geworden sind. [...] Man muss sich an die Struktur gewöhnen. Die Kinder danken es einem. Mit Sicherheit. Die Motivation ist hoch. Keine Frage. [...] Aber es fordert uns auch viel Übung ab, weil es ist in dem offeneren Umfeld schwieriger, die Herde beisammen zu halten. [...] Der Aufwand ist hoch, aber ich mache den gern, weil der die Kinder voranbringt.*

Kategorie „Neue Perspektive auf das eigene Angebot“

- *Ihr habt ja die Zielsetzungen erfragt. Das habe ich unterschätzt das Gespräch. Und daran habt ihr gemessen. Und das ist clever. Denn es unterstützt mich dann ja dabei, den Weg zu gehen, den man eigentlich die ganze Zeit ausspricht. [...] Das hast du uns gespiegelt und das war gut, [...] weil man hört sich da selbst. [...] einfach mal gespiegelt, wie sich aus einer wissenschaftlichen Sicht und methodisch fundierten Sicht diese Ziele überhaupt in den Projekten abbilden lassen. Das finde ich schon sehr lehrreich.*
- *Was ich ganz gut fand, ist, dass man mal mit Abstand betrachtet, was mache ich da eigentlich. Das finde ich einen sehr wichtigen Aspekt. Mal von anderer Seite gucken zu lassen, was mache ich da eigentlich, um auch mal andere Aspekte rein zu bringen, auf die man selber vielleicht noch gar nicht gekommen ist.*
- *Toll ist, dass dann natürlich auch mal, von anderer Seite neue Aspekte reinkommen, auf die man selber vielleicht noch nicht gekommen ist.*
- *Wenn ihr dem Lernort den Wind aus den Segeln nehmen wollt, dass ihr die aus dem behüteten Elfenbeinturm seid [...] Wenn man an den Lernort geht und vorschlägt, das selbst einmal durchzuführen und ihr führt es dann durch, dann ist das geregelt. Wäre nur so eine Idee. [...] Das ist was anderes als drauf gucken. [...] Es geht einfach nur darum, dass man einmal die Verhältnisse geradegerückt hat.*

7.3 Fazit zur Generalisierungsebene Design-Methodologien

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die MitarbeiterInnen der Lernorte sich nach anfänglichem Zögern zunehmend engagiert auf das Projekt eingelassen haben. Je länger die Zusammenarbeit anhielt, desto größer wurde die Akzeptanz und es wurde der Mehrwert erkannt. Dementsprechend wurde dann auch der hohe Arbeitsaufwand toleriert und als sinnvoll und gewinnbringend erachtet. Am Ende der Forschungsphase waren sich alle einig, dass das Vorhaben lehrreich war und hilfreich bei der Evaluation anderer Projekte sein wird. Das Zusammenspiel von Wissenschaft und Praxis hat in den Augen der Lernorte gut funktioniert und soll ihrer Meinung nach weiter ausgebaut werden. Generalisiert werden können hier drei Aspekte:

1. Damit Veränderungen an Schülerlaboren stattfinden können, muss den dort aktiven Praktiker/innen der Bedarf deutlich gemacht werden. Sie selbst müssen einen Bedarf wahrnehmen. In der vorliegenden Studie hat es sich als Schlüssel erwiesen, die Überzeugungskraft empirischer Daten zu nutzen, sie in den Prozess der Weiterentwicklung einzuspeisen und sie nicht dem wissenschaftlichen Prozess vorzubehalten. Diskrepanzen zwischen den Zielen und Absichten der Lernorte und den rekonstruierten Prozessen auf Schülerseite herauszuarbeiten und sie mit Originalzitaten zu untermauern, hat in den drei Laboren den Boden bereitet, sich auf Veränderungen einzulassen.
2. Der Prozess der Kooperation hat verschiedene Phasen, in denen die Kooperation unterschiedlich gestaltet ist: vom ersten Abtasten und Kennenlernen über die teils schmerzliche Diskussion von Problembereichen der bisherigen Angebote bis zur detailreichen Ausarbeitung von Veränderungskonzepten. Alle diese Phasen sind emotional konnotiert. Es hat sich

in den drei Kooperationen als vorteilhaft erwiesen, eine ethnografische Perspektive einzunehmen, sich in die Regeln und Sozialstruktur an den Schülerlaboren einzudenken und die Emotionalitäten auszuhalten. Dieses Vorgehen ist an den drei Lernorten in ähnlicher Weise abgelaufen und stellt eine Generalisierung dar, die für ähnliche Vorhaben übernommen werden kann.

3. In der Sozialstruktur kann man sich generell auf drei Reaktionstypen einstellen hinsichtlich vorgebrachter Veränderungsvorschläge, den Bereitwilligen, den Renitenten und den Vermittelnden. Jede/r ist anders anzusprechen und hat eine wichtige Funktion im Veränderungsprozess. So weist der/die Renitente auf gedankliche Brüche der Vorschläge der Forschenden hin, was sehr notwendig ist.

8 Re-Design der drei Schülerlaborangebote

Auf Basis der Ergebnisse der SWOT-Analyse und deren empirischer Validierung (Kapitel 5) sowie den daraus ableitbaren Generalisierungen (Kapitel 6) sind zusammen mit den Lernortbetreibenden Veränderungen der Angebote entwickelt worden. Wie in Kapitel 7 dargestellt, sollten aus verschiedenen strategischen Überlegungen heraus die veränderten Angebote möglichst dicht an den ursprünglichen Laborangeboten bleiben. Erstens wiesen diese viele Qualitäten auf (vgl. Stärken in Kapitel 5 und 6) und zweitens sollte die Akzeptanz der Veränderungen gewährleistet werden. Denn die veränderten Angebote sollen im natürlichen Setting des Schülerlabors mit den Personen durchgeführt werden, die für die Angebote verantwortlich sind und diese tagtäglich umsetzen. Explizit sind die Lernangebote in ihren Ausrichtungen, was Kontexte, Problemlösen und Autonomie angeht, verändert worden, was im Folgenden dargestellt wird. Aus fachdidaktischer Sicht sind diese Änderungen von begrenztem Umfang, denn es sind bestimmte Aufgabenstellungen teilweise nur geringfügig nachjustiert worden. Aus Sicht der Personen, die das Angebot umsetzen, sind die Veränderungen wesentlich, denn sie sind mit bestimmten ungewohnten Grundannahmen hinsichtlich der drei Analysedimensionen, die jetzt zu Entwicklungsdimensionen geworden sind, verbunden.

Dieses Kapitel hat einen grundsätzlich anderen Charakter als die bisherigen analytisch ausgerichteten, denn nun besteht die Aufgabe im Design-based Research-Prozess darin, aus den gewonnenen Erkenntnissen zu einem Re-Design der Angebote zu kommen. Das ist im rekursiven Vorgehen mit fachdidaktischer Entwicklungsarbeit verbunden. Die Entwicklungsarbeit bietet Freiheiten, um Überlegungen der Forschenden, aber auch solche der Lernortaktiven zu berücksichtigen. Die notwendigen Verschiebungen in den drei Dimensionen können durch unterschiedliche konkrete Änderungen umgesetzt werden. Es gibt nicht den einen Weg, die geforderten Änderungen zu realisieren. Wenn man beispielsweise in der Dimension der Autonomieorientierung eine stärkere Selbststeuerung der Schüler/innen unterstützen möchte, dann hat man dazu viele Möglichkeiten. Die Änderungen sind nicht eindeutig aus den analytischen und empirischen Ergebnissen ableitbar, das Re-Design ist grundsätzlich ein kreativer Prozess, in dem auch gewisse Zufälligkeiten eine Rolle spielen. Hier ist die fachdidaktische Professionalität und Fantasie sowohl der Forschenden als auch der Lernortbetreibenden gefragt. Letztere insbesondere dann, wenn Vorschläge der fachdidaktisch Forschenden ausdifferenzieren und an die vorhandenen Kontextvariablen der Lernorte anzupassen sind.

Das Ergebnis des Re-Designs muss dann in einer erneuten SWOT-Analyse daraufhin geprüft werden, ob es die geforderten Veränderungen erfüllt und inwieweit die Veränderungen auch auf Schülerseite empirisch nachweisbar zu Veränderungen führen. Dies wird in

Kapitel 9 dargestellt. Welche Änderungen in den drei Laborangeboten in den drei Dimensionen vorgenommen worden sind, wird im Folgenden dargestellt.

8.1 Darstellung der Änderungen der drei Dimensionen im Angebot „Solarboot“ des Lernorts Technik und Natur

Die Rahmenbedingungen dieses Angebotes werden nicht geändert. Das Angebot ist weiterhin konzipiert für Schüler/innen der 5. und 6. Klasse und erstreckt sich über einen Vormittag, Dauer ca. vier Stunden, mit dem Ziel, ein Solarboot zu konstruieren. Die Konstruktion stellt eine übergeordnete Problemlöseaufgabe dar, die im Laufe des Tages gelöst werden soll, nun aber wesentlich expliziter herausgestellt wird. Zum Angebot kommt ein neues Segment am Beginn hinzu, in dem die Zielkriterien anhand einer konkreten Rennsituation am Wassertisch vorgestellt werden, für die ein geeignetes Boot konstruiert werden soll („Segment 0“).

Die Schüler/innen arbeiten an dem Vormittag weiterhin in zwei Teilgruppen. Eine Gruppe befasst sich mit der Frage „Wie kann ich mit Solarzellen einen Bootsantrieb bauen?“ und experimentiert dafür mit verschiedenen Verschaltungen, um sich dann für eine ihrer Ansicht nach bessere Schaltung zu entscheiden; diese verlötet sie anschließend selbstständig für den Antrieb des Solarbootes (Segmente 1-4). Die andere Gruppe befasst sich mit der Frage „Wie kann ich einen Bootsrumpf konstruieren?“ und testet zunächst verschiedene Fertigungsverfahren, um einen Bootsrumpf aus Styrodur zu erstellen. Anschließend designen die Schüler/innen eine eigene Rumpfform und programmieren abschließend einen computergesteuerten heißen Draht, um den Bootsrumpf zu erstellen (Segmente 5-7). Durch den Wechsel der Gruppen durchlaufen alle Schüler/innen beide Stationen. Abschließend findet das angekündigte Wettrennen unter den zu Beginn geschilderten Bedingungen auf den Wassertischen statt (Segment 8). Dabei werden die Konstruktionen von den Schüler/innen begründet und bewertet.

Segment 0 – Darstellung der übergeordneten Problemlöseaufgabe:

- **Dimension Kontextorientierung:** Die „Rahmenhandlung“ des übergeordneten Kontexts Solarboot soll die Tätigkeiten stärker motivieren, sodass diese nachvollziehbar auf das Vorangegangene bezogen werden können. Dafür soll zu Beginn als narrativer Anker im Sinne des Anchored Instruction-Ansatzes (Vanderbilt, 1990) der Kontext des Solarbootes anhand eines Solarboot-Wettrennens dramatisiert werden, sodass sich aus diesem Kontext heraus Aktivitäten motivieren lassen.
- **Dimension Problemorientierung:** Das Potential in der Konstruktion des Solarbootes als übergeordnete Problemlöseaufgabe soll stärker ausgeschöpft werden, indem das Angebot durch die Problemlöseaufgabe stärker strukturiert wird. Dafür wird eine Problemsituation konkret dargestellt, die eine Rennsituation an einem Wassertisch beschreibt, für die die Schüler/innen im Laufe des Vormittags ein Solarboot konstruieren sollen. Dabei werden die Zielkriterien (s. u.) klar formuliert, indem die leitende Person die Rennsituation detailliert darstellt.
- **Dimension Autonomieorientierung:** Statt zu Beginn ein fertiges Solarboot zu zeigen, welches nachzubauen ist, soll die Formulierung eines Zielzustandes (Kriterien

des Problems) stärker geöffnet werden, sodass die Schüler/innen in einem Plenumsgespräch angeregt sind, selbständig Zielkriterien für das zu entwerfende Solarboot aufzustellen.

Konkreter Ablauf (ca. 15 Min.): Die leitende Person zeigt den Schüler/innen zunächst an einem Wassertisch, unter welchen Bedingungen am Ende des Tages ein Wettrennen mit den selbst konstruierten Solarbooten stattfinden wird. Dabei erzeugt sie eine unruhige Wasseroberfläche sowie Gegenwind mit Hilfe des Wassertisches. Anschließend simuliert sie den Fall von Blättern an einem stürmischen Herbsttag, die sich auf die Solarzellen legen und sie funktionsuntüchtig machen. Anhand dieser Situation wird in einem fragend-entwickelnden Gespräch gemeinsam mit den Schüler/innen der Zielzustand des zu bauenden Bootes ausdifferenziert. Das Boot soll (1) mit Hilfe von Solarzellen angetrieben werden, (2) bei dem starken Wellengang sicher im Wasser liegen und auch funktionieren, wenn Blätter auf die Solarzellen fallen sowie (3) schnell im Ziel ankommen.

Segment 1 - Einführung in fossile und regenerative Energieträger:

- **Kontextorientierung:** Die Diskussion regenerativer und fossiler Energieträger soll stärker in die Rahmenhandlung des übergeordneten Kontextes des Solarboots einbezogen werden. Dafür soll die Aufgabenstellung so formuliert werden, dass ersichtlich wird, inwiefern das Solarboot bezogen auf Energieträger eine modellhafte Darstellung für erneuerbare Energien darstellt. Hier wird die Diskussion nun durch die Frage, was der Vorteil eines solarbetriebenen Bootes ist, eingeleitet, um die Schüler/innen zu unterstützen, vom konkreten Kontext zu abstrahieren.
- **Problemorientierung:** Das Zielkriterium der übergeordneten Problemlöseaufgabe, ein solarbetriebenes Boot zu konstruieren, soll aufgegriffen und zum Anlass genommen werden, die Solarzelle als vorgegebene Lösungshypothese zu bewerten. Somit soll hier nun transparent gemacht werden, wie das Segment zur Problemlösung beiträgt.
- **Autonomieorientierung:** Die Diskussion soll stärker von den Schüler/innen gesteuert werden, sodass sie ihr Vorwissen besser einbringen können und aktiv darauf reagiert werden kann. Deswegen wird die Phase interaktiver und offener gestaltet. Bildimpulse sollen die Schüler/innen anregen, ohne dass Hilfestellungen/Erzählungen der leitenden Person direkt zu Beginn ohne Bedarf gegeben werden.

Konkreter Ablauf (ca. 20 Min.): Im Plenum wirft die leitende Person die Frage auf, was der Vorteil eines solarbetriebenen Bootes ist. Dabei werden Bildkarten (Abbildung 8.1) zu fossilen und regenerativen Energieträgern als stiller Impuls auf den Tisch gelegt. Die Schüler/innen wählen selbst je ein oder zwei Bilder und nutzen diese, um mit Hilfe ihres Vorwissens die Frage gemeinsam zu beantworten. Im Laufe des Gesprächs werden die Bildkarten an die Tafel gehängt. Abschließend werden die Schüler/innen im Plenum angeleitet, die Karten so zu gruppieren, dass sie den



Abbildung 8.1 Gemeinsam sortierte Bildkarten

Begriffen regenerative und fossile Energien zugeordnet werden.

Segment 2 – Wettrennen der Solarautos:

- **Kontextorientierung:** Der Wechsel der Kontextschichten soll transparenter werden, indem expliziert wird, dass die Solarautos herangezogen werden, um von ihnen für das Solarboot zu lernen. Hier soll die Aktivität des Autorennens so eingeleitet werden, dass klar ist, dass in einen anderen Kontext gewechselt wird und wie dieser zum Kontext des Solarboots steht.
- **Problemorientierung:** Um den Beitrag der Aktivität in diesem Segment zur übergeordneten Problemlöseaufgabe darzustellen, werden die zwei Autos nun als Lösungshypothesen vorgestellt, die von den Schüler/innen auf das Solarboot hin geprüft werden. Die Öffnung der Suche nach der Ursache für die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Autos stellt eine eingebettete weitere Problemlöseaufgabe dar.
- **Autonomieorientierung:** Die Schüler/innen erhalten mehr Handlungsspielräume, indem die Aktivität stärker geöffnet wird. Die leitende Person hält sich dabei zurück und gibt zunächst keine Hilfestellungen, sodass die Schüler/innen ihre Aktivität stärker selbst steuern können.

Konkreter Ablauf (ca. 15 Min.): Um für die Konstruktion des Solarbootes zu lernen, präsentiert die leitende Person zwei Solarfahrzeuge, mit denen die Schüler/innen nacheinander ein Wettrennen miteinander fahren: Rudi (Reihenschaltung der Solarzellen = schnell) und Paul (Parallelschaltung der Solarzellen = langsam). In einem Plenumsgespräch äußern die Schüler/innen Vermutungen für die unterschiedlichen Schnelligkeiten, bevor sie die Fahrzeuge eigenständig genauer untersuchen, um ihre Hypothesen zu überprüfen. Die unterschiedliche Verkabelung wird als Grund für den Geschwindigkeitsunterschied in einem Plenumsgespräch herausgestellt.

Segment 3 – Elektrische Schaltungen am Steckboard:

- **Kontextorientierung:** Die Übergänge zwischen den Kontextschichten werden transparenter gemacht, indem dargestellt wird, wie diese zueinander stehen (→ Änderungsbedarf der Schwäche W3vK-Sch1). Dazu wird vom Leitenden ausgeführt, dass die Aktivität am Steckbrett dazu dient, die kennengelernten Schaltungen modellhaft zu untersuchen. Dies wird dadurch unterstützt, dass zwei vorgegebene Schaltpläne den Autos Rudi und Paul zugeordnet werden sollen. Auch der Bezug der Aktivitäten am Steckbrett zum übergeordneten Kontext des Solarboots wird transparent dargestellt, um die Rahmenhandlung des übergeordneten Kontextes fortzuführen.
- **Problemorientierung:** Es wird transparent gemacht, wie die Phase zur Lösung der Problemlöseaufgabe beiträgt, indem explizit gesagt wird, dass die zwei Schaltungen für die Konstruktion des Solarbootes als zwei mögliche Lösungshypothesen geprüft und bewertet werden sollen (→ Änderungsbedarf der Schwäche W3vP-Sch1). Dabei werden den Schüler/innen mehr Handlungsspielräume eingeräumt, indem der Lösungsweg stärker geöffnet wird.
- **Autonomieorientierung:** Die Aktivitäten sind verstärkt als selbstgesteuert angelegt (→ Änderungsbedarf der Schwäche W3vA-Sch1), indem keine kleinschrittigen

Anweisungen gegeben werden, sondern die Schüler/innen selbst entscheiden können, womit sie anfangen und wie sie Ergebnisse notieren. Die Aufgabenstellungen werden stärker geöffnet und Hilfestellungen in Form von Tippkarten angeboten. Damit werden ungefragte Hilfestellungen vermieden. Außerdem können die Schüler/innen selbstständig zwischen den zwei Handlungsalternativen der Schaltungen entscheiden (→ Änderungsbedarf der Schwäche W3vA-Sch2). Dabei sollen die Schüler/innen Kriterien entwickeln und zwischen diesen abwägen, indem durch die Rennsituation eine Situation geschaffen wurde, in der beide Schaltungen ihre Vorteile haben (Reihenschaltung ist schnell, aber unsicher; Parallelschaltung ist langsamer, aber sicher). Auch der bislang vorgefertigte Lötplan wird geöffnet.

Konkreter Ablauf (ca. 30 Min.): Die Schüler/innen erhalten ein Heft mit den Schaltplänen von Rudi und Paul, um diese genauer zu untersuchen, wobei unklar ist, welcher Schaltplan zu welchem Fahrzeug gehört. Es wird eine Tabelle der Bauteile und der dazugehörigen Schaltzeichen im Plenum besprochen. Die Schüler/innen bauen in Partnerarbeit die beiden Schaltungen mit Hilfe eines Schaltplanes im Arbeitsheft am Steckboard auf und ordnen die beiden Schaltpläne den Solarautos zu. Anschließend wägen sie die Vor- und Nachteile der beiden Schaltungen für das Solarboot hinsichtlich des Wettrennens am Ende ab und entscheidet sich für eine der beiden Schaltungen. Zum Schluss erstellen die Schüler/innen ihren eigenen Lötplan.

Segment 4 – Löten der Verschaltung:

- **Kontextorientierung:** In diesem Segment wird hinsichtlich der Kontextorientierung nichts geändert.
- **Problemorientierung:** In diesem Segment wird hinsichtlich der Problemorientierung nichts geändert.
- **Autonomieorientierung:** In diesem Segment wird hinsichtlich der Autonomieorientierung nichts geändert.

Konkreter Ablauf (ca. 30 Min.): Die Schüler/innen verlöten selbstständig mit Hilfe ihres selbst erstellten Lötplans eine der beiden Schaltungen. Dabei verwenden sie technische Werkzeuge und arbeiten nach einer Einweisung im Plenum selbstständig am eigenen Arbeitsplatz.

Segment 5 – Fertigungsverfahren eines Bootsrumpfes aus Styrodur:

- **Kontextorientierung:** Der übergeordnete Kontext des Solarboots wird explizit mit den konkreten Tätigkeiten der Schüler/innen in Bezug gesetzt. Dabei soll durch Nachfragen der leitenden Person bei der Bewertung verschiedener Schneidverfahren ein Bezug zum Solarboot hergestellt werden, sodass expliziert wird, dass die Aktivitäten wie das Schneiden von Styrodur mit einer Säge oder das Ausschneiden eines Dreiecks mit der Handsteuerung des heißen Drahtes als modellhafte Darstellungen der Fertigung eines Solarbootrumpfes dienen.
- **Problemorientierung:** Es wird der Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe transparent gemacht, indem das Schneidverfahren zu prüfen und zu bewerten ist, mit welchem eine geeignete Fertigungsform für die Konstruktion des Solarbootes gefunden ist. Der Lösungsweg wird geöffnet, indem die Schüler/innen

Lösungshypothesen für geeignete Schneidverfahren bilden, diese prüfen und bewerten.

- **Autonomieorientierung:** Die Schüler/innen erhalten bei der Erprobung der Fertigungsverfahren Handlungsfreiräume, sodass sie mehr selbstständig ausprobieren können. Sie sollen selbst entscheiden.

Konkreter Ablauf (ca. 25 Min.):

Im Plenum wird das Material Styrodur vorgestellt und die Eigenschaften des Materials für die Konstruktion eines Bootsrumpfes bewertet. Es werden verschiedene Varianten der Bearbeitung getestet und dann der heiße Draht von der leitenden Person vorgestellt. Die Handsteuerung (Abbildung 8.2) des heißen Drahtes wird in zwei Teams ausprobiert, um festzustellen, dass die Kanten ohne eine programmierte Steuerung nicht exakt und gerade geschnitten werden können. Die leitende Person führt den Begriff der Computersteuerung ein.



Abbildung 8.2 Handsteuerung des heißen Drahtes

Die Kanten ohne eine programmierte Steuerung nicht exakt und gerade geschnitten werden können. Die leitende Person führt den Begriff der Computersteuerung ein.

Segment 6 – Entwerfen eines eigenen Bootsrumpfes mit Hilfe des Koordinatensystems

- **Kontextorientierung:** In diesem Segment wird hinsichtlich der Kontextorientierung nichts geändert (→ Änderungsbedarf der Stärke W6vK-St1).
- **Problemorientierung:** Die Aktivitäten werden durch die übergeordnete Problemlöseaufgabe strukturiert. Konkretisiert wird das Zielkriterium, einen Rumpf zu konstruieren, der stabil im Wasser liegt und trotzdem schnell durch das Wasser gleitet (→ Änderungsbedarf der Stärke W6vP-St1). Dazu wird auf die geschilderte Rennsituation verwiesen und drei von der leitenden Person vorgegebene Lösungshypothesen werden hinsichtlich des Zielzustandes geprüft und bewertet. Anschließend wird der Lösungsweg für die Schüler/innen geöffnet (→ Änderungsbedarf der Schwäche W6vP-Sch1).
- **Autonomieorientierung:** Die Schüler/innen können ihre Aktivitäten verstärkt selbst steuern (→ Änderungsbedarf der Schwäche W6vA-Sch1), indem die Aufgabenstellungen auf dem Arbeitsblatt offener formuliert sind. Dadurch, dass sie selbst einen Rumpf entwickeln können, werden Entscheidungsspielräume geboten, in denen sie zwischen Handlungsalternativen entscheiden. Dies gilt auch bei der anschließenden Übertragung des Rumpfes vom Arbeitsblatt auf den Computer: Die Schüler/innen übertragen selbstständig ihre eigene Skizze in die Koordinaten der Software, das Feedback erhalten sie durch das Computerprogramm per Trial und Error. Die Schüler/innen arbeiten in Teams zwecks gegenseitigen Austausches.

Konkreter Ablauf (ca. 45 Min.):

Die Schüler/innen entwickeln einen Bootsrumpf, der mit Hilfe des heißen Drahts gefertigt wird. Die leitende Person zeigt zunächst drei verschiedene ungeeignete Formen (Abbildung 8.3), die die Schüler/innen im Plenum bewerten sollen, bevor sie in Partnerarbeit eine für die Rennsituation geeignete Form selbstständig entwickeln. Die Schüler/innen erstellen dafür auf einem Arbeitsblatt in einem Koordinatensystem einen Entwurf, den sie über Koordinaten in den Computer eintragen. Dabei gibt das Programm eine grafische Rückmeldung, um eventuelle Fehler herauszustellen und korrigieren zu können.

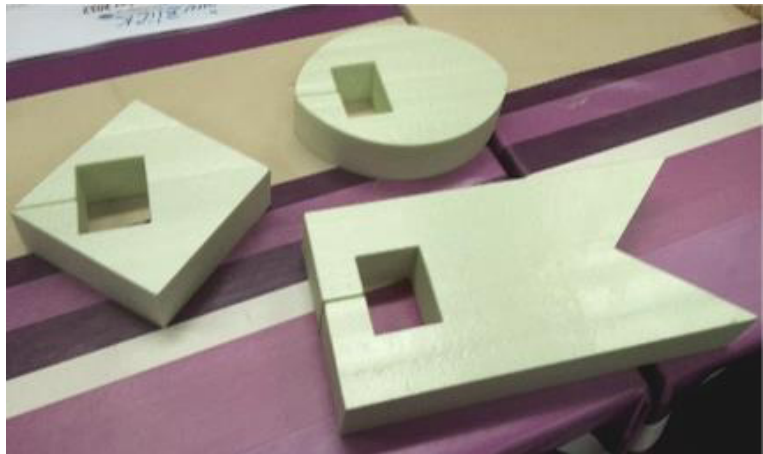


Abbildung 8.3 Drei ungeeignete Rumpfformen

Die Schüler/innen erstellen dafür auf einem Arbeitsblatt in einem Koordinatensystem einen Entwurf, den sie über Koordinaten in den Computer eintragen. Dabei gibt das Programm eine grafische Rückmeldung, um eventuelle Fehler herauszustellen und korrigieren zu können.

Segment 7 – Fertigung des Rumpfes mit dem heißen Draht:

- **Kontextorientierung:** In diesem Segment wird hinsichtlich der Kontextorientierung nichts geändert.
- **Problemorientierung:** In diesem Segment wird hinsichtlich der Problemorientierung nichts geändert.
- **Autonomieorientierung:** Die Schüler/innen haben Handlungsspielräume, indem sie sich gegenseitig unterstützen, anstatt kleinschrittig von der leitenden Person angeleitet zu werden. Zur Differenzierung werden die Schüler/innen, die schnell fertig sind, angewiesen, wie man die Schnittmaschine ansteuert und erklären es sich gegenseitig.

Konkreter Ablauf (ca. 20 Min.): Nachdem die Schüler/innen die Daten in das Computerprogramm eingegeben haben, schneiden alle nacheinander die Rumpfform aus. Dabei unterstützen sie sich gegenseitig, indem die schnelleren Schüler/innen den langsameren die Maschinensteuerung erklären und dabei helfen, sodass alle ungefähr zum gleichen Zeitpunkt die Konstruktion beendet haben.

Segment 8 – Zusammenbau und abschließendes Wettrennen der Solarboote:

- **Kontextorientierung:** In diesem Segment wird der übergeordnete Kontext des Solarboots explizit thematisiert, wofür der Zusammenbau eine Grundlage ist.
- **Problemorientierung:** Die übergeordnete Problemlöseaufgabe der Konstruktion des Solarbootes wird aufgegriffen, indem die Solarboote hinsichtlich der Kriterien geprüft und bewertet werden. Rumpfformen, die die Kriterien gut erfüllen, werden diskutiert. Die von den Schüler/innen getroffenen Entscheidungen werden reflektiert und ihre Lösungen bewertet.
- **Autonomieorientierung:** In diesem Segment wird hinsichtlich der Autonomieorientierung nichts geändert.

Konkreter Ablauf (ca. 45 Min.): Schließlich gilt es, die verlötete Schaltung der Solarzellen und den konstruierten Rumpf zusammenzufügen und so das entstandene Solarboot fertigzustellen und zu testen: Die Schüler/innen testen ihre Boote im Wasser unter verschiedenen Bedingungen und fahren verschiedene Rennen

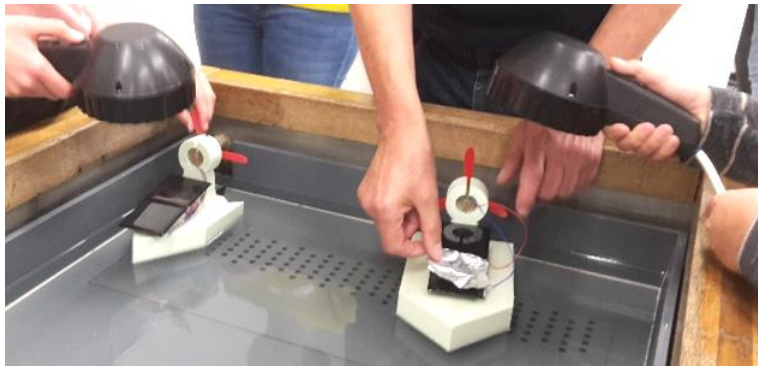


Abbildung 8.4 Abdecken einzelner Solarzellen beim Wettrennen

gegeneinander (Abbildung 8.4). Die leitende Person fordert die Schüler/innen auf, die Boote genau zu beobachten und miteinander zu vergleichen. Diese Beobachtungen werden in einer abschließenden Plenumsdiskussion gesammelt und die jeweiligen Boote als Lösungshypothesen bewertet.

8.2 Darstellung des Angebotes „Lass die Sonne an Board“ des ZNT:

Das Angebot widmet sich der Frage, wie Rettungsboote, die Menschen in Seenot helfen, konstruiert sein müssen. Als neues Element erhalten die Schüler/innen mit Hilfe einer Videobotschaft den Auftrag, einen Modellrettungskreuzer zu entwickeln, der bestimmte Eigenschaften erfüllen soll. Die Videobotschaft stellt einen narrativen Anker im Sinne des Anchored Instruction-Ansatzes (Vanderbilt, 1990) dar und soll den Kontext durch eine Geschichte oder wie hier durch eine direkte Ansprache plastischer gestalten, aus der sich eine Problemsituation ergibt. Bei der Problemlösung erarbeiten die Schüler/innen verschiedene Lösungsideen und untersuchen elektrische Schaltungen und deren Wirkung, um so Kriterien für die Konstruktion eines Solarbootes zu entwickeln. Dabei arbeiten die Schüler/innen in Planungsteams mit elektrischen Bauteilen in verschiedenen Experimenten zur Verschaltung von Solarzellen und verlöten selbstständig eine Schaltung für den Antrieb ihres Solarbootes.

Im Folgenden werden die Veränderungen konkret beschrieben, die durch die generalisierten Änderungsbedarfen im Bereich Kontextorientierung (→ Kon.), Problemorientierung (→ Pro.) und Autonomieorientierung (→ Aut.) begründet sind.

- **Segment 1 – Einführung der Konstruktionsaufgabe eines Solarbootes (ca. 50 Min.):** Die Aufgabenstellung der Konstruktion eines Solarbootes wird explizit in einen Kontext eingebettet (→ Kon.), aus dem sich eine Problemlöseaufgabe ergibt (→ Pro.). Den Schüler/innen wird dafür eine Videobotschaft von „Doris“, einer Mitarbeiterin der von der Deutschen Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger (DGzRS), gezeigt (Standbild aus der Videobotschaft, Abbildung 8.5). Darin werden die Schüler/innen beauftragt, einen Modellrettungskreuzer zu entwickeln, der schnell, sicher und umweltfreundlich zugleich ist. Hier werden die Zielkriterien nun konkret dargestellt (→ Pro.). Nachdem die Schüler/innen den Auftrag der DGzRS gehört haben, werden im Plenum Ideen gesammelt, wie ein Boot angetrieben werden kann, statt ein vorgegebenes Solarboot nachzubauen (→ Pro., Aut.). Zu den genannten Antrieben erhalten dreiköpfige Schülergruppen je eine kurze Information zu einem bestimmten Antrieb (Diesel, Solar, etc.) in Form eines Textes, den sie hinsichtlich der genannten Kriterien bewerten; sie skizzieren dann ein erstes Modellboot mit dem zugeteilten Antrieb. Die unterschiedlichen Ideen werden im Plenum bezogen auf den Auftrag der DGzRS bewertet. Die Schüler/innen werden unterstützt, von der modellhaften Darstellung der Bootsantriebe zu abstrahieren und regenerative und fossile Energieträger voneinander zu unterscheiden (→ Kon.). Die leitende Person formuliert die Tagesaufgabe, mit einem umweltfreundlichen Modellsolarboot, die genannten Kriterien zu erfüllen (→ Pro., Aut.).



Abbildung 8.5 Videobotschaft von Doris

- **Segment 2 – Erste Bootsvariante mit einem einfachen Stromkreis (ca. 55 Min.):** Die Aktivitäten am Steckbrett werden stärker geöffnet (→ Aut.), sodass die Schüler/innen mehr Handlungsspielräume haben und eine Lösungsvariante des Solarbootes selbst verlöten (→ Pro.), statt wie im vorherigen Angebot erst ganz am Schluss. Die leitende Person präsentiert den Schüler/innen die Steckboards als Experimentiermöglichkeit, um die Verschaltung des Solarbootes genauer zu untersuchen (→ Kon.). Das Löten wird erklärt. Die Schüler/innen erarbeiten selbstständig (→ Aut.) in ihren Teams am Steckboard, wie man den Motor zum Drehen bekommt. Die übergeordnete Problemlöseaufgabe wird hier aktiviert, indem die Schüler/innen einen einfachen Stromkreis verlöten und ihre Bauteile zu einem ersten Modellrettungskreuzer zusammensetzen (→ Pro.).
- **Segment 3 – Umpolung des Motors (ca. 20 Min.):** Statt vorgegebener Solarboote

testen die Schüler/innen ihre eigenen am Wassertisch (→ Pro., Aut.). Dafür wird nun eine konkrete Rettungssituation mit Hilfe einer Playmobil-Figur geschildert und mehrere Boote zur Rettung erprobt (→ Kon.). Dabei fahren wie beim vorherigen Angebot einige Boote vorwärts und andere Boote rückwärts. Statt die Ursache dafür vorher bereits im Plenum zu erarbeiten, sammeln die Schüler/innen selbst Ideen, woran dies liegen könnte, und überprüfen sie (→ Pro., Aut.). Sie vergleichen Boote, die vorwärtsfahren, mit rückwärtsfahrenden. Sie stellen Hypothesen auf, wie das Problem zu beheben sei (→ Pro., Aut.). Dabei weist die leitende Person darauf hin, dass sie das Steckboard nutzen können, um ihre Ideen daran zu überprüfen (→ Kon.). Die Schüler/innen arbeiten die Polung des Motors nun also selbstständig als Ursache heraus. Die Schüler/innen, deren Boot rückwärtsfährt, polen ihren Motor an der Lötstation um.

- **Segment 4 – Einführung der Reihen- und Parallelschaltung (ca. 35 Min.):** Der Leitende beruft ein Teammeeting ein (→ Aut.), in dem die Zuverlässigkeit als Zielkriterium thematisiert wird (→ Pro.). Die leitende Person verweist auf das DGzRs-Kriterium, dass das Boot auch funktionieren soll, wenn etwas eine Solarzelle abdeckt. Dies wird nicht wie im vorherigen Angebot nachgeschoben. Es werden Vorschläge zur Lösung des Problems gesammelt und wie schon im ersten Angebot auf eine zweite Solarzelle als Lösung fokussiert.



Abbildung 8.6 Präsentation der Schaltungen

Nun wird das Angebot aber stärker geöffnet (→ Aut., Pro.). In ihren Teams erarbeiten die Schüler/innen an den Steckbrettern selbstständig Möglichkeiten, eine zweite Solarzelle in die Schaltung zu integrieren. Die Möglichkeiten prüfen sie hinsichtlich der Zielkriterien und halten sie mit einer Skizze fest, die im Plenum diskutiert wird (Abbildung 8.6). Hier wird im Vergleich zur ersten Variante nicht so stark auf die Einführung der Schaltreihen gesetzt, sondern den Schüler/innen je nach Vorwissen überlassen, wie sie die Schaltungen als Skizze darstellen (→ Aut., Kon.). Die Reihen- und Parallelschaltung werden im Plenum als Lösungen herausgearbeitet und jeweils die Vor- und Nachteile der Schaltungen für den Rettungskreuzer der DGzRS herausgestellt (→ Kon., Pro.).

- **Segment 5 – Ergänzung des Modellsolarboots (ca. 30 Min.):** Dadurch, dass das Boot schnell und sicher sein soll, wägen die Schüler/innen die Vor- und Nachteile der Schaltungen hinsichtlich der Zielkriterien ab und entscheiden sich für einen der beiden Schaltungstypen (→ Pro., Aut., Kon.). Wie auch zuvor erstellen die Schüler/innen sich mit Hilfe eines Arbeitsblattes ihren eigenen Lötplan; sie erweitern den bereits verlöteten einfachen Stromkreis zu einer Reihen- oder Parallelschaltung, je nach ihrer Entscheidung (→ Pro.).

- **Segment 6 – Erprobung der Modellboote (ca. 30 Min.):** Die Schüler/innen erproben ihre selbst konstruierten Boote am Wassertisch (Abbildung 8.7), indem erneut verschiedene Rettungssituationen mit Hilfe einer Playmobil-Figur nachgestellt werden (→ Kon.). Während im bisherigen Angebot hier der Vormittag beendet wurde, werden nun die Modellboote im Plenum als Lösungshypothesen für die übergeordnete Problemlöseaufgabe bewertet (→ Pro.). Es wird diskutiert, dass beide Schaltungen ihre Vor- und Nachteile haben und



Abbildung 8.7 Abschlusserprobung der Solarboote

weiterführende Ideen für die Solarboote werden gesammelt. Es wird hier unterstützt, vom Kontext zu abstrahieren (→ Kon.), indem auch das Dilemma der Nutzung von Solarzellen thematisiert wird, dass diese zwar ressourcenschonend, aber nicht immer funktionstüchtig sind. Lösungsansätze wie Hochleistungsakkus oder Hybridformen werden angesprochen.

8.3 Darstellung des Angebotes „Marsmission“ des DLR_School_Lab:

Das Angebot besteht weiterhin aus den vier Segmenten der Führung durch die Labore des DLR-Standortes, wobei nun aber verschiedene Fragen aufgeworfen werden sollen, die die Schüler/innen an den drei Experimentierstationen „Vakuum“, „Landenavigation“ und „Antriebstechnik“ untersuchen werden.

- **Segment 1 – Führung durch die Labore (ca. 60 Min.):** Die Führung durch die Labore gibt den Schüler/innen einen Einblick in die Forschungs- und Entwicklungsprojekte des DLR sowie in die Grundlagen der Planetenkunde und der Satellitenraumfahrt. Die Führung hat jetzt aber die zusätzliche Funktion, als „Advanced Organizer“ das Bilden von Zusammenhängen mit den Experimentierstationen zu unterstützen (→ Kon.). Der Leiter wirft während der Führung Fragen auf, die einen Zusammenhang zu den Experimentierstationen herstellen. Um die Schüler/innen dazu stärker zu aktivieren (→ Aut.), werden zu jeder Frage Ideen der Schüler/innen gesammelt. So wird beispielsweise an dem Labor für Abwurftests die Frage aufgeworfen „Was könnte schwierig bei einer Landung auf dem Mars sein?“, die später an der Station „Landenavigation“ aufgegriffen wird. Es wird der übergeordnete Kontext der Marsmission als narrativer Anker (Vanderbilt, 1990) eingeführt, aus dem sich verschiedene Problemsituationen hinsichtlich des Starts, des Überlebens außerhalb der Rakete und der Landung auf dem Mars ergeben, die die Schüler/innen im Folgenden an drei Stationen lösen sollen (→ Kon., Pro.).

- Segment 2 – Station Antriebstechnik (ca. 45 Min.):** An dieser Station wird mit Hilfe von einer Wasser-Luft-Rakete die Funktionsweise von Raketen untersucht. Zunächst greift der Leitende die Frage aus der Führung auf: „*Wie funktioniert denn eine Rakete?*“, um jetzt verstärkt den Zusammenhang zum Kontext der Marsmission herauszustellen (→ Kon.). Wie im vorherigen Angebot wird mit Hilfe eines Longboards, auf dem ein/e Schüler/in sitzt und ein Gewicht von sich weg stößt, das Rückstoßprinzip erklärt. Dies wurde ergänzt durch das Werfen von unterschiedlich schweren Bällen (→ Aut.), um die Gewichtsabhängigkeit selbst zu erfahren. Anschließend werden Analogien zur echten Rakete und zur Wasser-Luft-Rakete herausgestellt (→ Kon.). Statt Flügel und Spitze einer Wasserrakete zu konstruieren, sollen die Schüler/innen selbstständig mit Hilfe einer Wasserrakete (Abbildung 8.8) das Prinzip von Raketen systematisch untersuchen (→ Aut.). Hier wird herausgefunden, wie die Flugweite einer Rakete von der eingefüllten Wassermenge abhängt, um die ideale Füllmenge zu bestimmen (→ Pro.), was in einer Tabelle festgehalten wird.
- Segment 3 – Station „Vakuum“ (ca. 45 Min.):** Die Frage aus der Führung wird erneut aufgegriffen: „*Was ist gefährlich, wenn man aus dem Raumschiff aussteigt?*“, um die Station in das Gesamtgefüge einzuordnen (→ Kon.). Die Schüler/innen sammeln im Plenum, welchen Gefahren ein Astronaut im Weltraum ausgesetzt ist, wenn er die Rakete verlässt. Es wird thematisiert, dass im Weltraum oder auf dem Mond ein Vakuum herrscht und die Astronauten deshalb einen Anzug benötigen, der im Folgenden untersucht werden soll. Anders als im vorherigen Angebot wird der Bezug zwischen den Experimenten an dieser Station und der Raumfahrt als Kontext hergestellt (→ Kon.), indem die Schüler/innen einen Luftballon als ein Modell für einen Raumanzug untersuchen. Die Aufgabenstellung wird geöffnet (→ Aut.), indem eine Problemlöseaufgabe in das Segment implementiert wird (→ Pro.), die fordert, zu untersuchen, was mit dem luftgefüllten Ballon passiert, wenn in der Vakuumglocke die Luft angesaugt wird. Die Beobachtungen werden im Plenum gesammelt und erklärt (auf die Teilchenerklärung wird in dieser Variante des Angebots nicht eingegangen). Die Bedeutung der Beobachtung für den Raumanzug wird explizit diskutiert (→ Kon.). Das Kriterium, dass ein Raumanzug luftdicht sein muss und sich nicht wie der Luftballon ausdehnen darf, wird festgehalten. Die Schüler/innen erarbeiten in der Problemlöseaufgabe (→ Aut., Pro.) mit Hilfe ausliegender Materialien, wie man den Modellraumanzug erweitern kann, damit er nicht platzt und trotzdem noch das Kriterium der Beweglichkeit erfüllt. Auch das Problem der fehlenden Schallausbreitung im Vakuum wird anhand eines Weckers thematisiert (→ Kon.). Die Schüler/innen verfolgen eigene Hypothesen, die sie auf den Raumanzug übertragen (→ Kon.).



Abbildung 8.8 Startrampe der Wasserrakete

- **Segment 4 – Station Landenavigation (ca. 45 Min.):** Der Leitende stellt erneut den Zusammenhang (→ Kon.) zum übergeordneten Kontext der Marsmission her: „*Was könnte schwierig sein bei einer Landung auf dem Mars?*“ Wie im vorherigen Angebot stellt er das Problem dar, dass ein Roboter über dem Mars abgeworfen werden und heil darauf ankommen soll, um diesen zu erforschen. Die Schüler/innen konstruieren mit Hilfe auslie-



Abbildung 8.9 Gemeinsame Konstruktion des Landers

gender Materialien (Abbildung 8.9) einen Modelllander für ein Ei, der möglichst viele Eigenschaften echter Lander aufweisen soll. Sie arbeiten im Team am Bau des Modelllanders, wobei Hilfestellungen nur bei Bedarf gegeben werden (→ Aut.). Anders als im unveränderten Angebot können die Schüler/innen nun im Ingenieursmodus Testungen durchführen, auf deren Grundlage sie den Lander entwickeln (→ Pro.). Auch haben die Schüler/innen die Möglichkeit, den Lander nach einem ersten Abwurf im Treppenhaus weiterzuentwickeln. Dabei werden im Plenum die Beobachtungen gesammelt, um eine konkrete Lander-Variante im Sinne einer Lösungshypothese zu prüfen und zu bewerten (→ Pro.). Auf dieser Grundlage entwickeln die Schüler/innen ihre Lösungshypothesen weiter und prüfen ihren Lander erneut. Abschließend beziehen die Schüler/innen ihre Erkenntnisse auf einen echten Marslander (→ Kon.).

9 Analysen und empirische Untersuchungen – DBR-Zyklus 2

Die weiterentwickelten Angebote müssen in Parallelität zu den unveränderten Angeboten ebenfalls einer SWOT-Analyse unterzogen werden. Zwar sollten die Veränderungen den Veränderungsbedarfen entsprechen, da aber nur bestimmte Veränderungen vorgenommen worden sind, können im veränderten Angebot bestimmte Schwächen weiterhin bestehen oder neue hinzukommen. Im zweiten Design-based Research-Zyklus wird dann auch wieder empirisch validiert, ob die herausgearbeiteten Stärken und Schwächen des neuen Entwurfs sich bei den Schüler/innen wiederfinden lassen. Dazu werden pro Angebot erneut zwei Schülergruppen begleitet. Erhebungsmethodisch ist dieser zweite Durchgang identisch mit dem ersten.

Wie in Kapitel 5 wird die Auswertung eines Segments des Lernortes Technik und Natur exemplarisch ausführlich beschrieben (Abschnitt 9.1), bevor weitere Ergebnisse anderer Segmente der drei Schülerlabore auszugsweise ergänzend hinzukommen (Abschnitt 9.2). In Kapitel 10 werden die Gemeinsamkeiten der empirisch geprüften Stärken und Schwächen der weiterentwickelten Angebote über alle drei Schülerlaborangebote hinweg dargestellt, um bereichsspezifische Generalisierungen herauszuarbeiten. Es sei hier vorweggenommen, dass die veränderten Ausrichtungen in den Dimensionen Problem-, Kontext- und Autonomieorientierung einen positiven Effekt sowohl auf die kognitiven Verarbeitungsprozesse als auch auf motivationale Prozesse der Schüler/innen zeigen.

9.1 Exemplarische Analyse des Segments „Elektrische Schaltungen am Steckboard“ (Lernort Technik und Natur)

Das hier exemplarisch gewählte *Segment 3 – Elektrische Schaltungen am Steckboard (30 Min.)* hat nach wie vor eine zentrale Rolle in der Fertigung der Verschaltung der Solarzellen des Bootes. Wie in Kapitel 8 dargestellt, wird den Schüler/innen in einem zusätzlichen Segment zu Beginn des Angebotes eine Rennsituation am Wassertisch gezeigt, für die die Schüler/innen ein geeignetes Solarboot konstruieren sollen (neues Segment 0). Daraufhin wird bei der Konstruktion der Verschaltung des Bootes zunächst die Frage aufgegriffen, welche Vorteile ein solarbetriebener Antrieb hat und es werden regenerativen und fossilen Energieträger thematisiert, bevor die zwei Solarautos Rudi (Reihenschaltung) und Paul (Parallelschaltung) behandelt werden, die die Schüler/innen für die Konstruktion ihres Solarbootes auswerten sollen (Segmente 1 und 2). Nachdem sie herausgefunden haben, dass *Rudi* schneller fährt als *Paul*, sollen die zwei Schaltungen an einem Steckbrett mit elektrischen Bauteilen von den Schüler/innen untersucht werden, um sich für einen Schaltungstyp zu entscheiden.

9.1.1 Aufgabenstellungen im Segment 3:

Beobachtbare Handlungen, eingesetzte Mittel, verwendete Methoden und umgesetzte Sozialformen sowie vor allem die konkreten Aufgabenstellungen werden in Tabelle 9.1 aufgeführt. Grundlage sind wie im DBR-Zyklus 1 eine Dokumentenanalyse der verwendeten Materialien (z. B. Arbeitsblättern) und der Beobachtungsraster und sonstiger Feldnotizen. Insbesondere die wörtlichen Aufgabenstellungen (aus den Transkripten oder dem schriftlichen Material) werden herangezogen.

Tabelle 9.1 Aufgabenstellungen	
Handlungen/Mittel/Sozialform	Aufgabenstellungen
Zunächst werden die in einer Tabelle dargestellten Bauteile und deren dazugehörigen Schaltzeichen im Plenum besprochen, um dann auf die ausgehängten Tabellen zu verweisen, die Hilfen beim Experimentieren darstellen sollen.	<ul style="list-style-type: none"> • „Ihr sollt gleich zwei Schaltungen untersuchen. Ihr sollt nämlich herausfinden welche Schaltung zu Rudi und welche zu Paul gehört.“ • „Wir gucken uns die Seite 2 an. (...) Die hängt hier überall auch so rum an den Arbeitsplätzen, wenn ihr da später noch mal was wissen wollt, könnt ihr da immer noch mal nachsehen. (...) Habt ihr schon mal irgendwann mit Stromkreisen zu tun gehabt?“
Anschließend erkunden die Schüler/innen in Partnerarbeit die beiden Schaltungen, indem sie diese anhand der Schaltpläne am Steckbrett mit den elektrischen Bauteilen aufbauen. Die Schüler/innen prüfen, welche Schaltung das kritische Attribut „schneller“ erfüllt, um Rudi als Reihen- und Paul als Parallelschaltung zu identifizieren. Außerdem untersuchen sie die beiden Schaltungen dahingehend, was passiert, wenn ein Blatt eine Solarzelle abdeckt oder eine Solarzelle kaputt geht. Die Schüler/innen entscheiden sich zwischen den beiden Alternativen für eine Schaltung und übertragen diese Schaltung in einen Lötplan, indem sie eine im Lernheft vorangelegte Skizze ergänzen.	<ul style="list-style-type: none"> • „Und dazu, schlagt mal bitte die nächste Seite auf. Da findet ihr nämlich diese Zeichen, die ich euch gerade gezeigt habe, wieder. Wir sind hier anscheinend da. Was findet ihr in diesem Schaltplan wieder? Was ist da zu sehen?“ • „Da sollt ihr gleich Aufgaben lösen und zwar sollt ihr ja herausfinden, welche Schaltung zu wem gehört. Und wir wollen noch mal wieder an unser Solarboot denken. Wir haben ja eben gesehen, was da im Wasser alles passieren kann. Sturm und Wellen und Blätter können runterfallen. Zum Beispiel auch auf die Solarzellen. Und da sollt ihr mal untersuchen, was da eigentlich passiert, wenn so ein Blatt auf eine Solarzelle fällt. Das sind die beiden Aufgaben, die ihr da lösen sollt. Und zwar mit diesem Experimentiergerät.“ • „Und wenn ihr die Eigenschaften dieser Schaltungen herausgefunden habt, dann sollt ihr auf der folgenden Seite euch entscheiden, welche Schaltungen ihr für eurer Solarboot nehmen wollt. Also was euch wichtig ist. Soll das möglich schnell sein, soll das sicher sein? Alle diese Dinge müsst ihr noch ein bisschen im Hinterkopf behalten. Und dann seht ihr hier den Motor mit dem Pluspol und dem Minuspol und ihr sehr hier die Solarzellen, auch mit Plus- und Minuspol jeweils und da

	<p>zeichnet ihr dann die Kabel ein. Das ist dann nachher euer Bauplan. “</p> <p>Formulierungen im Lernheft:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1. Baue diese Schaltung nach. <ul style="list-style-type: none"> ○ Tipp: Schaue auf Seite 2 nach, was die Zeichen in der Schaltung bedeuten. ○ (nur bei der Parallelschaltung) Tipp: Verbinde alle Pluspole miteinander! • 2. Finde heraus, ob die Schaltung zu RUDI oder zu PAUL gehört! • 3. Was passiert bei der Schaltung, wenn bei einem Wettrennen Blätter eines Baumes auf eine der Solarzellen fallen? • Notiere, was du herausgefunden hast! • Aufgaben im Lernheft für den Lötplan: <ul style="list-style-type: none"> ○ 1. Entscheide dich für eine der beiden Schaltungen für dein Solarboot. ○ 2. Stecke den Rotor auf den Elektromotor. ○ 3. Zeichne die Kabel mit den Farben rot und schwarz ein. ○ Tipp: Den Pluspol des Motors kann man an der kreisrunden Vertiefung neben einem der Metallanschlüsse erkennen. Es ist ein Pluszeichen eingedruckt.
<p>Abschließend werden die Ergebnisse im Plenum unter Anleitung der betreuenden Person zusammengetragen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • „Ich möchte zunächst einmal jetzt von euch erfahren, was ihr denn jetzt herausgefunden habt. Also die Eigenschaften der beiden Schaltungen möchte ich gerne wissen. Dann möchte ich wissen, welche Schaltung zu welchem Fahrzeug gehört. Zu Rudi oder Paul. Und dann möchte ich wissen, für welche Schaltung ihr euch entschieden habt.“

9.1.2 Analysedimension Kontextorientierung

Im Folgenden (Tabelle 9.2) wird der Dreischritt *Fachdidaktische SWOT-Analyse – Empirische Überprüfung – Notwendige Änderungen* für die Analysedimension der Kontextorientierung dargestellt. Potenziell angelegte kognitive und motivationale Prozesse mit Bezug zur Dimension Kontextorientierung sind in Tabelle 9.3 aufgelistet.

Schritt 1: Fachdidaktische SWOT-Analyse hinsichtlich der Kontextorientierung

Tabelle 9.2 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich der Kontextorientierung	
Analysefrage	Ausprägung des Segments bezüglich der Analysefrage
Gewählter Kontext Inwieweit werden im Angebot technische, anwendungsbezogene, alltagsweltlich gesellschaftliche oder wissenschaftliche Fragestellung angesprochen?	In diesem Segment wird der übergeordnete Kontext des Solarbootes fortgeführt und durch die Aufgabenformulierungen explizit zu weiteren Kontextebenen in Bezug gesetzt. Zum einen wird der Kontext des vorherigen Segments des Autorennens mit Rudi und Paul aufgegriffen. Es wird teilweise aber auch von diesen realen Situationen abstrahiert, indem dekontextualisiert am Steckbrett Erkenntnisse für diese gesammelt werden. Gleichzeitig stellen die Steckbretter mit den elektrischen Bauteilen aber auch eine reale Situation dar, also einen Kontext für die noch stärker abstrahierten Schaltzeichen.
Interdisziplinarität Inwieweit werden Disziplingrenzen überschritten sowie multiple Perspektiven aufgegriffen und aufeinander bezogen?	Hier werden technische und physikalische Perspektiven aufgegriffen. Es gibt keinen expliziten Bezug zu anderen Perspektiven.
Strukturierung Inwieweit werden fachliche Inhalte mit Hilfe von Kontexten verdeutlicht (fachsystematisch-kontextorientiert) bzw. inwiefern bilden Kontexte die Ausgangspunkte der Strukturierung des Angebots (kontextstrukturiert)?	In diesem Segment wird ausgehend vom übergeordneten Kontext des Solarbootes mehrmals moderiert zwischen verschiedenen Kontextebenen hin- und hergewechselt: <ul style="list-style-type: none"> • So wird der Kontext des Autorennens zunächst durch die Aufgabenstellungen fortgeführt, indem zwei Schaltpläne mit Hilfe der Steckbretter den Fahrzeugen Rudi und Paul zugeordnet werden sollen. Hier wird also mit Hilfe des Steckbrettes von der realen Situation abstrahiert, die wiederum eine reale Situation für die abstrakten Schaltzeichen darstellt. Durch die Aufgabenformulierung unterstützt die Strukturierung hier den Wechsel der Kontextebenen. • Die Charakteristika der zwei prototypisch aufgebauten Schaltungen (Rudi (Reihenschaltung) und Paul (Parallelschaltung)) sollen dann hinsichtlich ihrer Schnelligkeit und Sicherheit für das Solarboot geprüft werden. Dafür beziehen die Aufgabenstellungen sich explizit auf die zu Beginn beschriebene Rennsituation, für die eine geeignete Schaltung gefunden werden soll. Somit werden die Schüler/innen unterstützt, die Erkenntnisse wieder auf den übergeordneten Kontext des Solarbootes zu beziehen.

Tabelle 9.3 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich der Kontextorientierung		
Aufgabenformulierungen und eingesetzte Mittel	Kognitive Anregung	Motivationale Anregung
<p>Mittel: Steckbrett mit elektrischen Bauteilen sowie ein Aufgabenblatt im Lernheft zum Ausfüllen</p> <p><i>Leitende Person:</i> „Ihr sollt gleich zwei Schaltungen untersuchen. Ihr sollt nämlich herausfinden, welche Schaltung zu Rudi und welche zu Paul gehört.“</p> <p><i>Arbeitsblatt:</i> „Finde heraus, ob die Schaltung zu RUDI oder zu PAUL gehört!“</p>	<p>W3nKK1: Die didaktische Strukturierung ist so angelegt, dass sie sowohl durch die mündliche Aufgabenformulierung der leitenden Person als auch durch die damit verbundene schriftliche Aufgabenformulierung im Lernheft die Schüler/innen unterstützen kann, einen <i>Zusammenhang</i> zwischen den Experimenten und der vorherigen Tätigkeit des Autorennens <i>herzustellen</i>.</p> <p>W3nKK2: Der Kontext der Solarfahrzeuge erscheint geeignet dazu, dass die Schüler/innen ihre <i>Aufmerksamkeit</i> auf die Drehgeschwindigkeit der Motoren bei der Reihen- und Parallelschaltung <i>richten</i>.</p> <p>W3nKK3: Die Schüler/innen werden angeregt, <i>wahrzunehmen</i>, dass sich aufgrund einer Reihenschaltung ein Motor schneller bewegt als bei einer Parallelschaltung. Sie werden daraufhin unterstützt, einen <i>Zusammenhang</i> zwischen den Schaltungen und den Autos <i>herzustellen</i>, indem sie Rudi der Reihenschaltung und Paul der Parallelschaltung <i>zuordnen</i>.</p>	<p>W3nKM1: Die <i>Relevanzwahrnehmung</i> der Schüler/innen, sich die elektrischen Schaltungen genauer anzuschauen, wird durch den gewählten Kontext des Autorennens und die verschiedenen Verhaltensweisen der Fahrzeuge im vorherigen Segment unterstützt, indem die Fahrzeuge den Schaltplänen einer Reihen- und einer Parallelschaltung zugeordnet werden müssen.</p>
<p>Mittel: Steckbrett mit elektrischen Bauteilen sowie ein Aufgabenblatt im Lernheft zum Ausfüllen</p>	<p>W3nKK4: Die Schüler/innen werden angeregt, hier durch die Aufgabe einen <i>Zusammenhang</i> zwischen dem Experiment, eine Solarzelle im Stromkreis abzudecken, und</p>	<p>W3nKM2: Der Kontext des Solarbootes kann die <i>Wahrnehmung der Relevanz</i> der Experimente unterstützen. Hierzu gehört auch,</p>

<p><i>Leitende Person:</i> „Und wir wollen noch mal wieder an unser Solarboot denken. Wir haben ja eben gesehen, was da im Wasser alles passieren kann. Sturm und Wellen und Blätter können runterfallen. Zum Beispiel auch auf die Solarzellen. Und da sollt ihr mal untersuchen, was da eigentlich passiert, wenn so ein Blatt auf eine Solarzelle fällt.“</p> <p><i>Lernheft:</i> „Was passiert bei der Schaltung, wenn bei einem Wettrennen Blätter eines Baumes auf eine der Solarzellen fallen?“</p>	<p>der Aufgabenstellung, ein Solarboot zu konstruieren, <i>herzustellen</i>.</p>	<p>dass die Widrigkeiten des Wetters thematisiert werden.</p>
<p>Mittel: Aufgabenblatt im Lernheft zum Ausfüllen</p> <p><i>Leitende Person:</i> „Und wenn ihr die Eigenschaften dieser Schaltungen herausgefunden habt, dann sollt ihr auf der folgenden Seite euch entscheiden, welche Schaltungen ihr für eurer Solarboot nehmen wollt. Also was euch wichtig ist. Soll das möglichst schnell sein, soll das sicher sein? Alle diese Dinge müsst ihr noch ein bisschen im Hinterkopf behalten. Und dann seht ihr hier den Motor mit dem Pluspol und dem Minuspol und ihr sehr hier die Solarzellen, auch mit Plus- und Minuspol jeweils und da zeichnet ihr dann die Kabel ein. Das ist dann nachher euer Bauplan.“</p> <p><i>Lernheft:</i> Entscheide dich für eine der beiden Schaltungen für dein Solarboot.</p>	<p>W3nKK5: Die Schüler/innen werden unterstützt, <i>einen Zusammenhang</i> zwischen den Experimenten und der Konstruktion des Solarbootes <i>herzustellen</i>, indem sie die Erkenntnisse über die beiden Schaltungen hinsichtlich der Schnelligkeit und der Sicherheit auf das Solarboot übertragen, um dessen Auswirkung für das Boot zu <i>benennen</i>.</p>	

Stärken und Schwächen der didaktischen Strukturierung von Segment 3 hinsichtlich der Dimension Kontextorientierung

Stärke: Wechsel zwischen Kontextebenen wird unterstützt (W3nK-St1)

Die Schüler/innen werden explizit dabei unterstützt, zwischen den Kontextebenen hin- und herzuwechseln, also zum einen die Abstraktion in der modellhaften Darstellung der Steckbretter mitzugehen und dabei immer noch einen Bezug zu den realen Situationen der Solarfahrzeuge herzustellen sowie die Gegenbewegung der anschließenden Kontextualisierung der Erkenntnisse. So wird der Kontext des Autorennens durch die Aufgabenstellung, herauszufinden, welche Schaltung zu welchem Fahrzeug gehört, wieder aufgegriffen, sodass die Schüler/innen motiviert werden, sich mit den elektrischen Schaltungen auseinanderzusetzen. Dadurch werden die Schüler/innen angeregt, während der Arbeit am Steckbrett vom Kontext zu abstrahieren und die Aktivitäten aber trotzdem im Lichte des Kontextes zu sehen. Durch die anschließende Zuordnung der Schaltpläne wird die Kontextualisierung der Erkenntnisse auf die reale Situation der Solarautos begleitet.

Des Weiteren wird durch den fortgeführten Kontext der Solarautos während der Aktivitäten am modellhaften Steckbrett unterstützt, dass die Schüler/innen ihre Aufmerksamkeit auf die Geschwindigkeit des Motors richten, da dies das Kriterium ist, welches hilft, die beiden Schaltungen zuzuordnen. Somit unterstützt der Kontext des Autorennens das Herausarbeiten der Schnelligkeit als kritisches Attribut der Reihen- und Parallelschaltung.

Aufgrund der Stärke erwartete kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen:

- **W3nKM1:** Die Schüler/innen könnten durch den Kontext des Autorennens, von dem sie für das Solarboot lernen können, die *Relevanz wahrnehmen*, sich die elektrischen Schaltungen genauer anzuschauen.
- **W3nKK1:** Die Schüler/innen könnten einen *Zusammenhang* zwischen den Experimenten und der vorherigen Tätigkeit des Autorennens *herstellen*.
- **W3nKK2:** Die Schüler/innen könnten die *Aufmerksamkeit* auf die Drehgeschwindigkeit der Motoren bei der Reihen- und Parallelschaltung *richten*.
- **W3nKK3:** Die Schüler/innen könnten *wahrnehmen*, dass sich die Reihenschaltung schneller dreht als die Parallelschaltung und daran Rudi als Reihenschaltung und Paul als Parallelschaltung *erkennen*.

Aufgrund der Stärke erkennbares Potential:

Aufgrund dieser Stärke besteht das Potential, dass die Schüler/innen durch den Kontext die Relevanz für weitere Experimente erkennen und selbst einen Bedarf formulieren, welche Experimente am Steckbrett nötig sind, um etwas über den Kontext der Fahrzeuge aussagen zu können. Somit könnten die Schüler/innen die Relevanz der Experimente ohne externe Aufgaben formulieren.

Stärke: Bezug zum übergeordneten Kontext (W3nK-St2)

Der übergeordnete Kontext des Solarboots wird fortgeführt und die Schüler/innen werden explizit dabei unterstützt, zu jeder Zeit eine Relevanz der Aktivitäten für diesen zu erkennen. So stellen die Aufgabenformulierungen einen expliziten Bezug zwischen den Aktivitäten am modellhaften Steckbrett und dem Kontext des Solarbootes her, indem die zwei

Schaltungen für das zu konstruierende Solarboot geprüft werden sollen. Dadurch wird den Schüler/innen auch explizit geholfen, die abstrahierten Erkenntnisse des Steckbrettes auf die reale Situation des Solarbootes zu übertragen.

Aufgrund der Stärke erwartete kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen:

- **W3nKM2:** Durch den Bezug zum Kontext in den Aufgabenformulierungen könnten die Schüler/innen die Relevanz der Experimente und Beobachtungen für das Solarboot *wahrnehmen*.
- **W3nKK4:** Dadurch könnten die Schüler/innen auch *einen Zusammenhang* zwischen dem Experiment, eine Solarzelle im Stromkreis abzudecken, und der Aufgabenstellung, ein Solarboot zu konstruieren, *herstellen*.
- **W3nKK5:** Die Schüler/innen *stellen* einen *Zusammenhang* zwischen den Ergebnissen der Experimente und dem Solarboot *her* und *benennen* die Auswirkungen für das Boot.

Aufgrund der Stärke erkennbares Potential:

Der Kontext des Solarboots birgt darüber hinaus das Potential, dass Schüler/innen sich an den Steckbrettern auch mit einer Kombination der Reihen- und Parallelschaltung auseinandersetzen, um sowohl das Kriterium der Schnelligkeit als auch das Kriterium der Sicherheit erfüllen zu können. Auch könnten am Steckbrett weitere Aspekte, wie z. B. eine Lenkung des Solarboots mit Hilfe von zwei getrennten Stromkreisen, untersucht werden.

Schritt 2: Empirische Validierung der Ergebnisse der SWOT-Analyse in der Dimension Kontextorientierung

Es folgt die empirische Validierung der herausgearbeiteten Stärken und Schwächen bzw. der potenziell ablaufenden Prozesse, aufgelistet in den Tabellen 9.4 und 9.5.

Tabelle 9.4 Empirische Validierung hinsichtlich der Stärke „Wechsel zwischen Kontextebenen wird unterstützt“ (W3nK-St1)	
Transkriptausschnitt	Codierung und daraus rekonstruierte kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen
WHV2a (631) S1: Das gehört Paul. Das gehört Paul. (632) S2: Da merkt man, dass es Paul ist, weil das viel viel langsamer ist. (633) I: Mhm (bejahend). (634) S1: Das ist langsamer. Weitere Stellen: WHV2a(571-575)	W3nKM1 (bestätigend): An den Äußerungen einer der zwei begleiteten Schüler/innengruppen während der Experimente erkennt man, dass die Schüler/innen die <i>Relevanz</i> der Aufgabe <i>wahrnehmen</i> , da sie die Beobachtungen nutzen, um die beiden Fahrzeuge in den Schaltungen zu identifizieren („Das merkt man, dass es Paul ist, weil das viel viel langsamer ist.“ WHV2a-632).

<p>WHV2b (413) I: Ok, und wozu sollen wir das machen? (414) S2: Weiß ich nicht. Damit wir vielleicht herausfinden, wer von den beiden, warum von den beiden, warum einer schneller ist. (415) I: Mhm (bejahend). (416) S1: Warum einer schneller und der andere langsamer ist. Das steht da drin.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2b(N1350-1353) WHV2a(530-535)</p>	<p>W3nKM1 (widerlegend): Die Schüler/innen <i>nehmen</i> die Experimente <i>als relevant wahr</i> und erkennen, dass die Schaltungen hinsichtlich der unterschiedlichen Geschwindigkeiten untersucht werden („warum einer schneller ist“ WHV2b-414). Die <i>Relevanz</i> der Experimente hinsichtlich der Zuordnung der Fahrzeuge wird von den Schüler/innen auf Nachfrage jedoch nicht explizit genannt.</p>
<p>WHV2a (508) S1: Ich verbinde grad alles so zusammen, wie ich denke, wie es zusammen verbunden werden soll. (509) I: Mhm (bejahend). (510) S2: Also wie bei Paul?! (511) S1: Rudi natürlich.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(664-671) WHV2a(571-581) WHV2a(527-528) WHV2a(649-651)</p>	<p>W3nKK1 (bestätigend): Die Schüler/innen einer Gruppe sprechen während der Experimentierphase immer wieder von Rudi und Paul (vgl. z. B. WHV2a-510), was zeigt, dass sie einen <i>Zusammenhang</i> zwischen den Experimenten und den Fahrzeugen aus dem vorherigen Segment <i>herstellen</i>.</p> <p>W3nKK1 (widerlegend): Die Schüler/innen der anderen Gruppe sprechen während der Experimentierphase nicht von Rudi und Paul, was vermuten lässt, dass die Schüler/innen hier nicht explizit einen Zusammenhang zwischen den Experimenten und den Fahrzeugen des vorherigen Segments herstellen.</p>
<p>WHV2a (630) S2: Also wie man ja sieht, ist das ja das rote Kabel und da auf den Plus. Da sieht man es ja. (unv.) so ein zweites Kabel, den muss man auch auf den anderen Plus. (631) S1: Das gehört Paul. Das gehört Paul. (632) S2: Da merkt man, dass es Paul ist, weil das viel viel langsamer ist.</p> <p>WHV2b (479) S1: (unv.) Ich muss was ausprobieren. Ich muss immer ausprobieren, also. (...) Vielleicht geht das dann ja noch schneller und dann braucht man den.</p>	<p>W3nKK2 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>lenken</i> bei der Beobachtung der Reihen- und Parallelschaltung die <i>Aufmerksamkeit</i> auf die Drehgeschwindigkeit (z. B. „[...] weil das viel langsamer ist.“ WHV2a-632).</p> <p>W3nKK3 (bestätigend/widerlegend): Dabei bezieht sich eine Gruppe explizit auf die Fahrzeuge (vgl. WHV2a-632) und die andere Gruppe während der gesamten Experimentierphase nicht (vgl. WHV2b-482). Es gelingt also nur einer Gruppe, die Geschwindigkeit des Motors <i>wahrzunehmen</i> und daran in der Experimentierphase Rudi als Reihenschaltung</p>

<p>(480) S2: Es geht langsamer. Wetten man. (481) I: Wieso glaubst du das? (482) S1: Es geht schneller. (483) S2: Ah ja.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2b(413-419) WHV2b(489-491) WHV2b(586-587) WHV2a(573-579)</p>	<p>und Paul als Parallelschaltung zu erkennen.</p>
<p>WHV2b (691) L: Mhm (bejahend). Wie war das denn überhaupt mit der Geschwindigkeit bei der Parallelschaltung? Auch wenn beide Zellen beleuchtet werden, wie war es dann mit der Geschwindigkeit des Motors im Vergleich zu Reihenschaltung? (...) Dalia? (692) S: Beim ersten Mal (unv.). (693) L: Hast du jetzt meine Frage beantwortet? (694) S: (unv.) (695) L: Mona? (696) S: Also die erste Schaltung die ging richtig schnell (unv.) Und die andere Schaltung ist nicht so schnell. Also ein bisschen langsamer. (unv.) (697) L: Zu wem gehört also welche Schaltung? Hannah? (698) S2: Die Parallelschaltung gehört zu Paul und die Reihenschaltung gehört zu Rudi.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2b(672-676)</p>	<p>W3nKK3 (bestätigend): In der Plenarphase können die Schüler/innen die Fahrzeuge den Schaltungen zuordnen (z. B. „Die Parallelschaltung gehört zu Paul und die Reihenschaltung gehört zu Rudi.“ WHV2b-689), weil sie die unterschiedlichen Geschwindigkeiten <i>wahrgenommen</i> und so Rudi als Reihen- und Paul als Parallelschaltung erkannt haben.</p>
<p>WHV2b (668) S1: Die gehört zu Paul. Wenn ein Blatt auf eine von Paul's Solarzellen fällt, dann fährt es weiter. (669) L: Mhm (bejahend). Dann müssen wir vielleicht vorher noch mal eben überspringen, wer war denn der Schnellere hier? (670) S1: Rudi. (671) L: Rudi war der Schnellere. Ok. Und du sagst, die Reihenschaltung wäre zu Paul. Ok. [...]</p>	<p>W3nKK3 (widerlegend): In der Plenarphase haben einzelne Schüler/innen Schwierigkeiten, auf Grund der wahrgenommenen unterschiedlichen Geschwindigkeiten Rudi als Reihen- und Paul als Parallelschaltung zu <i>erkennen</i> und ordnen diese falsch zu: „[...] Und du sagst, die Reihenschaltung wäre zu Paul. [...]“ (WHV2b671)</p>

<p>WHV2b(N) (1354) I: Mhm (bejahend). Ok, und was habt ihr daran herausgefunden? (1355) S2: Das Parallel. (1356) S1: Nein, das, Paul hatte die Parallelschaltung, aber wenn vor Paul von den zwei, weil der hat ja vier Solarzellen. Wenn ich jetzt zwei verdecken würde, würde er trotzdem noch fahren. Wenn ich bei Rudi alle verdecken würde, würde Rudi nicht mehr fahren, oder nur die Hälfte verdecken würde, Rudi könnte nicht mehr fahren. Dafür ist Rudi am Anfang schneller.</p> <p>WHV2a(N) (1321) I: So, könnt ihr noch mal erklären, was ihr jetzt gerade gemacht habt? (1322) S2: Also wir haben die Solarzelle vom Solarboot gebaut und also erstmal haben wir, also es gibt zwei Arten, einmal Rudi, der Schnelle und einmal Paul, der ist langsamer, aber der ist sicher. Also wenn man, wir machen halt noch so ein Wettrennen. Da kommen zum Beispiel Blätter und Strömung. Wenn jetzt eins auf Paul kommt, dann kann er noch weiterfahren, weil wir haben ja zwei und der eine macht dann die andere Arbeit. Wenn nur einer bei Rudi auf die Solarzelle kommt, dann fährt er gar nicht.</p>	<p>W3nKK3 (bestätigend): Im Nachinterview können beide Gruppen aufgrund der Drehgeschwindigkeit Rudi als Reihen- und Paul als Parallelschaltung benennen (vgl. WHV2a-1356 und WHV2a-1322). Dies lässt darauf schließen, dass auch wenn die Schüler/innen während der Experimentierphase diesen Zusammenhang nicht explizit geäußert haben, der Zusammenhang nach dem Segment trotzdem hergestellt werden kann (vgl. WHV2b-1356).</p>
--	---

Zusammenfassung: Validierung der SWOT-Analyse

Die Stärke Wn3K-St1 kann mit Einschränkungen verifiziert werden. Die empirischen Daten zeigen, dass der Kontext der Solarfahrzeuge Rudi und Paul die Aufmerksamkeit der Schüler/innen auf die Geschwindigkeit lenkt, sodass die unterschiedlichen Geschwindigkeiten von allen Schüler/innen wahrgenommen werden. Jedoch zeigt sich auch, dass nur eine Gruppe während der Experimente einen Zusammenhang zu den Solarfahrzeugen herstellt. Die andere Gruppe stellt diesen Zusammenhang erst im Laufe der Plenarphase explizit her. Trotzdem gelingt es beiden Gruppen im Nachinterview, einen Zusammenhang herzustellen und die beiden Fahrzeuge als Reihen- und Parallelschaltung zu erkennen, sodass den Schüler/innen der Wechsel zwischen den Kontextebenen hier offenbar gelingt.

Tabelle 9.5 Empirische Validierung hinsichtlich der Stärke „Bezug zum übergeordneten Kontext“ (W3nK-St2)

Transkriptausschnitt	Codierung und daraus rekonstruierte kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen
<p>WHV2b (418) I: Aber was hat das jetzt eigentlich mit dem Solarboot zu tun? (419) S1: Gucken, wie man das am besten macht, damit das schnell geht oder halt wie man das macht, damit es langsamer geht.</p> <p>WHV2a (536) I: Und was hat das jetzt mit dem Solarboot zu tun? (537) S2: Wegen Solarboot, da kann das entscheiden, wer schneller ist. (538) S1: Und zwar ich glaube. (539) I: Lass mal erstmal Cemil aussprechen. (540) S2: Wenn man genau die gleiche Schaltung macht, dann würde es genauso wie Rudi werden, also genau so schnell. Aber vielleicht ist sicher. (541) I: Was meinst du mit sicher? (542) S2: Also die fährt zwar schnell, aber nicht sicher. Wenn ich jetzt Pauls nachmache, dann ist ja nicht schnell aber sicher. (543) I: Mhm (bejahend). OK und was heißt sicher? (544) S2: Also der kann dann nicht so schnell (Sprit?) geben.</p>	<p>W3nKM2 (bestätigend): Durch Äußerungen der Schüler/innen wie „[...] damit das schnell geht oder halt wie man das macht, damit es langsamer geht“ (WHV2b-419) oder „Wegen Solarboot, da kann das entscheiden wer schneller ist.“ (WHV2a-537) kann man darauf schließen, dass die Schüler/innen die <i>Relevanz</i> der Experimente für das Solarboot <i>wahrnehmen</i>.</p> <p>W3nKK4 (bestätigend): Außerdem zeigt dies, dass die Schüler/innen auf Nachfrage einen <i>Zusammenhang</i> zwischen den Experimenten der elektrischen Schaltung und dem Solarboot <i>herstellen</i> können.</p>
<p>WHV2b (509) S1: Darf man das machen, wenn, ah, ich weiß, was wir machen sollten. (...) Noch mal. (510) S2: (unv.) Finja. (511) S1: Aber wenn das Blatt jetzt davor kommt auf dem Solarboot, dann hört es ja einfach auf.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2b(623)</p>	<p>W3nKK4 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>stellen einen Zusammenhang</i> zwischen dem Experiment, eine Solarzelle im Stromkreis abzudecken, und der Aufgabenstellung, ein Solarboot zu konstruieren, <i>her</i>. Dies wird daran deutlich, dass sie sich durch das herunterfallende „Blatt“ auf die zu Beginn geschilderte Rennsituation beziehen.</p> <p>W3nKM2 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>nehmen</i> also auch die <i>Relevanz</i> der Experimente für das Solarboot <i>wahr</i>.</p>

<p>WHV2b (709) I: (unv.) Warum, würdest du sagen, ist das wichtig für dich, dass du die Parallelschaltung nehmen willst? Also, warum hast du dich dafür entschieden? (710) S2: Also, wenn da mal ein Blatt oder so vor fällt, dann fährt das halt weiter. Nur noch vor (unv.) (711) S1: Ja, und dann fällt das Blatt auf das andere. Wenn ich jetzt die andere Schaltung habe, fällt das Blatt auf mein, meiner hört einfach auf und wie soll ich das Blatt da runterkriegen? (712) S2: Weil wir testen das ja auch gleich. Und dann macht er ja glaube ich auch die Wind an und dann Blätter.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2b(N1359-1363) WHV2a(536-544)</p>	<p>W3nKK5 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>stellen einen Zusammenhang</i> zwischen den Ergebnissen der Experimente und dem Solarboot <i>her</i>, was man daran erkennt, dass sie die Auswirkungen der Eigenschaften der Schaltungen für das Boot während des Wettrennens benennen, wenn ein Blatt auf eine Solarzelle fällt (vgl. z. B. WHV2b-711).</p> <p>W3nKM2 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>nehmen</i> also auch die <i>Relevanz</i> der Experimente für das Solarboot <i>wahr</i>.</p>
---	--

Zusammenfassung: Validierung der SWOT-Analyse

Die Stärke W3nK-St2 lässt sich durch die empirischen Daten verifizieren. Es zeigt sich, dass die Schüler/innen während der Experimente von der realen Situation abstrahieren und an den modellhaften Steckbrettern die Eigenschaften der elektrischen Schaltungen untersuchen, dabei aber immer einen Bezug zum Solarboot herstellen können, sodass sie die Relevanz der Experimente für das Solarboot wahrnehmen.

Schritt 3: Notwendige Änderungen in der Dimension Kontextorientierung

Notwendige Änderungen auf Grund der Stärken W3nK-St1 und W3nK-St2:

Auf Grundlage der empirisch belegten Stärken scheint keine grundlegende Änderung des Segments hinsichtlich der Kontextorientierung nötig zu sein. Trotzdem könnten noch kleine Anpassungen des Arbeitsblattes vorgenommen werden, um zu erreichen, dass die Schüler/innen schon während der Experimente nicht nur einen Bezug zum übergeordneten Kontext des Solarbootes, sondern auch zu den Fahrzeugen Rudi und Paul herstellen.

9.1.3 Analysedimension Problemorientierung:

Im Folgenden (Tabelle 9.6) wird der Dreischritt *Fachdidaktische SWOT-Analyse – Empirische Überprüfung – Notwendige Änderungen* für die Analysedimension der Problemorientierung dargestellt. Potenziell angelegte kognitive und motivationale Prozesse mit Bezug zur Dimension Autonomie sind in Tabelle 9.7 aufgelistet.

Schritt 1: Fachdidaktische SWOT-Analyse hinsichtlich der Problemorientierung

Tabelle 9.6 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich Problemorientierung	
Analysefrage	Ausprägung des Segments bezüglich Analysefrage
Problemtransparenz Inwieweit wird eine Problemsituation dargestellt und dabei der IST-Zustand als Anfangszustand beschrieben?	<p>Das Segment ist Teil der übergeordneten Problemlöseaufgabe, da die Schüler/innen die beiden Schaltungen als Lösungshypothesen für ihr Solarboot prüfen und bewerten sollen. Dabei werden instruktionsbasierte Aufgaben eingesetzt, die den Problemlöseprozess teilweise lenken.</p> <p>Durch die Aufgabenformulierungen wird die übergeordnete Problemsituation, ein Solarboot mit bestimmten Eigenschaften für das zu Beginn geschilderte Wettrennen zu konstruieren, explizit aufgegriffen.</p>
Zieltransparenz Inwieweit wird das Ziel als SOLL-Zustand transparent dargestellt?	<p>Ziel ist, die zwei kennengelernten Schaltungen als Lösungshypothesen für das Solarboot genauer zu testen und zu bewerten. Dies wiederum wird zu Beginn des Segments durch die Aufgabenformulierungen der leitenden Person explizit gemacht, indem die Schüler/innen sich aufgrund der Experimente begründet für eine Schaltung entscheiden sollen. Dies wird durch die Aufgabenformulierungen im Lernheft unterstützt, indem auch hier das Ziel transparent gemacht wird.</p> <p>Die Kriterien zur Bewertung der Lösungshypothesen (Schnelligkeit und Sicherheit) sind während der Experimentierphase klar, da diese bereits zu Beginn des Tages bei der Darstellung der Rennsituation dargestellt und durch die Aufgabenformulierungen der leitenden Person und des Lernheftes explizit aufgegriffen werden.</p>
Offenheit des Lösungswegs Inwieweit ist der Weg zur Lösung des Problems offen? Inwieweit werden Anregungen gegeben, eigene Lösungswege zu suchen?	<p>Der Weg der Prüfung der Lösungshypothesen ist teilweise durch instruktionale Aufgaben im Lernheft strukturiert, die den Weg der Lösung des Problems steuern, aber auch Freiheiten bieten, da nicht jeder Schritt rezeptartig vorgegeben ist.</p> <p>Der Weg der Bewertung der verschiedenen Lösungshypothesen ist offen, da die Schüler/innen ohne Anleitung die beiden Schaltungen unter Berücksichtigung bestimmter Kriterien bewerten und sich auf dieser Grundlage für eine Schaltung entscheiden können.</p>

Tabelle 9.7 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich der Dimension Problemlösen		
Aufgabenformulierungen und eingesetzte Mittel	Kognitive Anregung	Motivationale Anregung
<p>Mittel: Steckbrett mit elektrischen Bauteilen sowie ein Aufgabenblatt im Lernheft zum Ausfüllen</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Leitende Person:</i> „Ihr sollt gleich zwei Schaltungen untersuchen. Ihr sollt nämlich herausfinden, welche Schaltung zu Rudi und welche zu Paul gehört.“ • <i>Lernheft:</i> „Finde heraus, ob die Schaltung zu RUDI oder zu PAUL gehört!“ 	<p>W3nPK1: Die Schüler/innen werden durch diese Aufgabenstellung angeregt, die zwei Schaltungen als <i>Lösungshypothesen</i> unter dem Aspekt der Schnelligkeit zu <i>prüfen</i>.</p> <p>W3nK2: Die Schüler/innen werden angeregt, <i>wahrzunehmen</i>, dass sich die Reihenschaltung schneller dreht und „schnell“ als <i>kritisches Attribut</i> der Reihenschaltung bzw. „langsam“ als <i>kritisches Attribut</i> der Parallelschaltung <i>herauszuarbeiten</i>.</p>	
<p>Mittel: Steckbrett mit elektrischen Bauteilen sowie ein Aufgabenblatt im Lernheft zum Ausfüllen</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Leitende Person:</i> „Und wir wollen noch mal wieder an unser Solarboot denken. Wir haben ja eben gesehen, was da im Wasser alles passieren kann. Sturm und Wellen und Blätter können runterfallen. Zum Beispiel auch auf die Solarzellen. Und da sollt ihr mal untersuchen, was da eigentlich passiert, wenn so ein Blatt auf eine Solarzelle fällt.“ • <i>Lernheft:</i> „Was passiert bei der Schaltung, wenn bei einem Wettrennen Blätter eines Baumes auf eine der Solarzellen fallen?“ 	<p>W3nPK3: Die Schüler/innen werden potenziell durch diese Aufgabe angeregt, ‚Sicherheit‘ als ein <i>Zielkriterium</i> zu <i>erkennen</i> und die beiden Schaltungen daraufhin als <i>Lösungshypothesen</i> zu <i>prüfen</i>.</p> <p>W3nPK4: Die Schüler/innen werden durch diese didaktische Strukturierung unterstützt, <i>wahrzunehmen</i>, dass die Reihenschaltung aufhört zu drehen, wenn man eine Solarzelle abdeckt, und die Parallelschaltung sich weiterdreht. Sie werden angeregt, „unsicher“ als <i>kritisches Attribut</i> der Reihenschaltung und „sicher“ als <i>kritisches Attribut</i> der Parallelschaltung <i>herauszuarbeiten</i>.</p>	<p>W3nPM1: Die <i>Relevanzwahrnehmung</i> durch die übergreifende Problemlöseaufgabe, ein geeignetes Solarboot für die dargestellte Rennsituation zu konstruieren, wird hier durch die didaktische Strukturierung unterstützt. Die Experimente werden zu Beginn des Segments explizit als Teil der Problemlöseaufgabe des gesamten Tages darstellt, indem die zwei Schaltungen als Lösungshypothesen geprüft werden sollen.</p>

<p>Mittel: Aufgabenblatt im Lernheft zum Ausfüllen</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Leitende Person:</i> „Und wenn ihr die Eigenschaften dieser Schaltungen herausgefunden habt, dann sollt ihr auf der folgenden Seite euch entscheiden, welche Schaltungen ihr für euer Solarboot nehmen wollt. Also was euch wichtig ist. Soll das möglich schnell sein, soll das sicher sein? Alle diese Dinge müsst ihr noch ein bisschen im Hinterkopf behalten. Und dann seht ihr hier den Motor mit dem Pluspol und dem Minuspol und ihr seht hier die Solarzellen, auch mit Plus- und Minuspol jeweils und da zeichnet ihr dann die Kabel ein. Das ist dann nachher euer Bauplan.“ • <i>Lernheft:</i> „Entscheide dich für eine der beiden Schaltungen für dein Solarboot.“ 	<p>W3nPK5: Die Schüler/innen werden durch diese Aufgabenstellung dazu angeregt, die <i>Begriffe</i> der Reihen- und Parallelschaltung <i>anzuwenden</i> und die beiden Schaltungen als <i>Lösungshypothesen</i> für die Konstruktion des Solarbootes zu <i>bewerten</i>.</p>	<p>W3nPM2: Die <i>Wahrnehmung der Selbstwirksamkeit</i> wird durch die didaktische Strukturierung unterstützt, indem die Schüler/innen das in den Experimenten aufgebaute Wissen anwenden können, um eine begründete Entscheidung für eine geeignete Schaltung für das Solarboot zu treffen.</p>
--	---	---

Stärken und Schwächen der didaktischen Strukturierung von Segment 3 hinsichtlich der Dimension Problemorientierung

Stärke: Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe (W3nP-St1)

Das Segment trägt zur Lösung der übergeordneten Problemlöseaufgabe bei, was die Einordnung des Segments im Gesamtangebot unterstützt. Die Aufgabenstellung unterstützt explizit, dass die Schüler/innen die Problemsituation als solche erkennen und die Schaltungen als Lösungshypothesen prüfen sollen. Zusammen mit der übergeordneten Problemlöseaufgabe fördert die didaktische Strukturierung auch die Relevanzwahrnehmung der Experimente am Steckbrett.

Durch den Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe, die am Anfang des Angebotes geschildert wird, sind die Kriterien der Prüfung und Bewertung der Lösungshypothesen transparent. Da Schnelligkeit und Sicherheit aber nicht in einer der beiden Schaltungen vereinbar sind, unterstützt die Problemsituation hier auch ein Abwägen zwischen

verschiedenen Kriterien. Durch die Wahl, welche Kriterien man bei seinem Solarboot als wichtiger hervorheben möchte, wird hier auch die Selbstwirksamkeitswahrnehmung unterstützt.

Aufgrund der Stärke erwartete kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen:

- **W3nPM1:** Die Schüler/innen könnten die *Relevanz* der Experimente *wahrnehmen*, weil sie diese durch die didaktische Strukturierung als Teil der Problemlöseaufgabe des gesamten Tages erkennen und als Lösungshypothesen hinsichtlich Schnelligkeit und Sicherheit überprüfen.
- **W3nPK1:** Die Schüler/innen *prüfen* die zwei Schaltungen als *Lösungshypothesen* unter dem Aspekt der Schnelligkeit.
- **W3nPK3:** Die Schüler/innen könnten durch den Verweis auf die zu Beginn beschriebene Rennsituation in den Aufgabenstellungen „Sicherheit“ als ein Zielkriterium erkennen und die beiden Schaltungen daraufhin als *Lösungshypothesen prüfen*.
- **W3nPK2 & W3nPK4:** Die Schüler/innen könnten die *Begriffe* Reihen- und Parallelschaltung mit ihren *kritischen Attributen ausbilden*.
- **W3nPK5:** Die Aufgabe, sich zwischen den Schaltungen zu entscheiden, scheint geeignet, damit die Schüler/innen die *Begriffe* der Reihen- und Parallelschaltung *anwenden* und die beiden Schaltungen als *Lösungshypothesen* für die Konstruktion des Solarbootes *bewerten*.
- **W3nPM2:** Die Schüler/innen könnten sich als *wirksam wahrnehmen*, weil sie ihr Wissen anwenden können, um eine begründete Entscheidung für eine geeignete Schaltung für das Solarboot zu treffen.

Aufgrund der Stärke erkennbares Potential:

Die Problemlöseaufgabe birgt das Potential, dass die Schüler/innen selbstständig Lösungshypothesen bilden und nicht nur der Solarantrieb, sondern auch weitere Antriebe untersucht werden. So könnten die Schüler/innen diese hinsichtlich der Zielkriterien prüfen und sich zwischen verschiedenen Antrieben entscheiden.

Schritt 2: Empirische Validierung der Ergebnisse der SWOT-Analyse in der Dimension Problemorientierung

In Tabelle 9.8 wird empirisch validiert, inwiefern sich die herausgearbeitete Stärke bezüglich der Problemorientierung im Segment 3 durch Transkriptauszüge belegen lässt.

Tabelle 9.8 Empirische Validierung hinsichtlich der Stärke „ <i>Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe</i> “ (W3nP-St1)	
Transkriptausschnitt	Codierung und daraus rekonstruierte kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen
WHV2a (536) I: Und was hat das jetzt mit dem Solarboot zu tun? (537) S2: Wegen Solarboot, da kann das	W3nPK1, W3nPK3 (bestätigend): Die Schüler/innen sprechen während der Experimentierphase ständig über die Schnelligkeit und Sicherheit des

<p>entscheiden, wer schneller werden. (538) S1: Und zwar ich glaube. (539) I: Lass mal erstmal Cemil aussprechen. (540) S2: Wenn man genau die gleiche Schaltung macht, dann würde es genau so wie Rudi werden, also genau so schnell. Aber vielleicht ist sicher. (541) I: Was meinst du mit sicher? (542) S2: Also die fährt zwar schnell, aber nicht sicher. Wenn ich jetzt Pauls nachmache, dann ist ja nicht schnell, aber sicher. (543) I: Mhm (bejahend). OK und was heißt sicher? (544) S2: Also der kann dann nicht so schnell (Sprit?) geben.</p> <p>WHV2b (586) S2: Das ist langsamer als das andere. (587) S1: Das stimmt. (588) S2: (unv.) (589) S1: Und wenn ich meine Hand vor halte. Guck mal, wenn ich meine Hand vor halte, hört es nicht auf. (590) S2: Ja.</p>	<p>Solarbootes (z. B. „Also die fährt zwar schnell, aber nicht sicher.“ WHV2a-542). Aus diesen Aussagen kann man schließen, dass die Schüler/innen die Schaltungen als <i>Lösungshypothesen</i> erkennen und diese am Steckbrett bezüglich der Drehgeschwindigkeit (W3nK7) und bezüglich dessen, was passiert, wenn man eine Solarzelle abdeckt (W3nK9), <i>prüfen</i>.</p> <p>W3nPM1 (bestätigend): Dies lässt auch darauf schließen, dass die Schüler/innen die Experimente als Teil der Problemlöseaufgabe (Konstruktion des Solarboots) erkennen und somit dessen <i>Relevanz wahrnehmen</i>.</p>
<p>WHV2b (418) I: Aber was hat das jetzt eigentlich mit dem Solarboot zu tun? (419) S1: Gucken, wie man das am besten macht, damit das schnell geht oder halt wie man das macht [, dass] es langsamer geht.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(536-544)</p>	<p>W3nPK1 (bestätigend): Antworten der Schüler/innen während der Experimente auf die Frage, wie die Experimente mit dem Solarboot zusammenhängen („Gucken, wie man das am besten macht, damit das schnell geht oder halt wie man das macht [, dass] es langsam geht.“ WHV2b-419), zeigen, dass die Schüler/innen die zwei Schaltungen als <i>Lösungshypothesen</i> hinsichtlich ihrer Schnelligkeit <i>prüfen</i>.</p> <p>W3nPM1 (bestätigend): Daraus kann man auch erkennen, dass die Schüler/innen die Experimente als Teil der Problemlöseaufgabe (Konstruktion des Solarboots) erkennen und somit dessen <i>Relevanz wahrnehmen</i>.</p>
<p>WHV2a (592) S1: Ja, was passiert bei der Schaltung, wenn man bei einen Wettrennen Blätter eines Baumes auf die Solarleiste fallen.</p>	<p>W3nPM1 (bestätigend): Während der Experimente beziehen die Schüler/innen sich durch die Aufgabenstellung auf die Rennsituation, bei der Blätter auf</p>

<p>Ach ja, ich habe das gerade schon getestet. Dann geht es ja aus. Weil das ist ja ein Blatt, zählt genauso wie meine Hand. Also einfach, es geht aus.</p> <p>WHV2b (511) S1: Aber wenn das Blatt jetzt davor kommt auf dem Solarboot, dann hört es ja einfach auf. [...] (514) S2: Drei. Was passiert bei der Schaltung, wenn bei einem Wettrennen Blätter eines Baumes, einer Solarzelle (515) S1: Ja, es hört auf. (516) S2: [SuS beobachten, was passiert.] Dann hört es NICHT auf.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(637-643)</p>	<p>Solarzellen fallen können (vgl. z. B. WHV2a-592). Daraus kann man schließen, dass sie die <i>Relevanz wahrnehmen</i>, die Auswirkungen des Abdeckens einer Solarzelle zu untersuchen.</p> <p>W3nPK3 (bestätigend): Des Weiteren kann man daraus erkennen, dass die Schüler/innen die „Sicherheit“ als Zielkriterium übernommen haben und die Schaltungen diesbezüglich als <i>Lösungshypothesen prüfen</i>.</p> <p>W3nPK4 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>nehmen wahr</i>, dass die Reihenschaltung aufhört zu drehen, wenn man eine Solarzelle abdeckt, und <i>arbeiten</i> ‚unsicher‘ (z. B. „[...] dann geht es ja aus. [...]“ WHV2a-592) <i>als kritisches Attribut</i> der Reihenschaltung <i>heraus</i> bzw. ‚sicher‘ (z. B. „[...] Dann hört es NICHT auf.“ WHV-2b-516) <i>als kritisches Attribut</i> der Parallelschaltung.</p>
<p>WHV2b (629) I: Mhm (bejahend). Und was hat euch das jetzt gebracht, dass ihr die Experimente macht? Also wozu habt ihr die. (630) S1: Jetzt haben wir, ja, wenn die jetzt die Parallelschaltung haben, dann läuft der Motor langsamer, aber wenn da jetzt ein Blatt vor ist, arbeitet er weiter. Aber wenn wir das jetzt so hatten, die normale Schaltung, dann arbeitet das halt nicht mehr weiter, aber dafür läuft der Motor schneller. Eigentlich ist das ja jetzt beides gleich schnell. Wenn ein Blatt vor ist, ist ja beides gleich schnell.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(649)</p>	<p>W3nPK2 & W3nPK4 (bestätigend): In beiden Gruppen gelingt es den Schüler/innen, die beiden kritischen Attribute der Schaltung in der Experimentierphase zu benennen (vgl. z. B. WHV2b-630). Die Schüler/innen <i>bilden</i> durch die Experimente also <i>die Begriffe</i> Reihen- und Parallelschaltung mit ihren <i>kritischen Attributen aus</i>.</p>
<p>WHV2a (637) S2: Warte. (...) Hier müssen wir hinschreiben Paul und wenn da ein Blatt davor hältst, dann fährt es weiter. Also, dass es sicher ist. Jetzt mach weiter, ein bisschen. (638) S1: Was passiert, wenn (unv.) Ja, aber</p>	<p>W3nPK2, W3nPK4 (widerlegend): Obwohl die Schüler/innen <i>wahrgenommen</i> haben, dass sich die Parallelschaltung beim Abdecken einer Solarzelle weiterdreht und sie <i>das kritische Attribut</i> „sicher“ <i>herausarbeiten</i>, haben sie weiter die Vorstellung, dass auch Paul wie Rudi</p>

<p>das bleibt ja dann immer noch. (639) S2: Ja, aber das fährt ja sozusagen noch weiter. (640) S1: Ja, aber ja nicht unendlich. (641) S2: Ja trotzdem. (642) S1: Das wäre ja bei Rudi auch. Wo Rudi ist ja. Das ist ja nur die Restenergie die er da noch fährt. (643) S2: Ja, deswegen ja. Das ist ja sicher. Wenn wir gleich die Rudischaltung machen, so machen, hört es direkt auf.</p>	<p>nach einer gewissen Zeit aufhört zu drehen, diese Zeit aber länger ist als bei Rudi („Das wäre ja bei Rudi auch. Wo Rudi ist ja. Das ist ja nur die Restenergie, die er da noch fährt.“ WHV2a-642).</p>
<p>WHV2a (715) L: [...] Wer erzählt mir etwas über die Reihenschaltung? Leon?! (716) S1: Also das erste war Rudi, weil bei Rudi war es so, dass sein Motor schneller ausgeht und wenn ich zum Beispiel meine Hand davor leg, dann geht der Motor auch, also dann ging das direkt aus. Und wenn da zum Beispiel ein Blatt drauf fiel, dann wäre das genau das Gleiche. Und wenn ich auch nur EINEN abdecke, dann geht das auch nicht mehr. Und wenn ich zum Beispiel, der andere war Paul und wenn. (717) L: Darf das jemand anderes erzählen, Leon? (718) S1: Ja. (719) L: Das war ja schon mal prima, was du erzählt hast. Jacob. (...) Cemil? Möchtest du was erzählen? Über den anderen? (720) S2: Das andere war die Parallelschaltung. Die Schaltung ist eigentlich die sicherere Art, da es zwar langsamer, aber wenn ein Blatt auf eine Solarzelle fällt, kann die andere noch weiterarbeiten. Ist also sicherer.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2b(689-696)</p>	<p>W3nPK1, W3nPK3 (bestätigend): Im Plenum präsentieren die Schüler/innen ihre Ergebnisse der Experimente so, dass ihre <i>Überprüfung der Lösungshypothesen</i> hinsichtlich der Sicherheit und der Schnelligkeit ersichtlich wird, indem sie direkt die Vor- und Nachteile der Schaltungen bezogen auf die Rennsituation schildern (vgl. WHV2a-716).</p> <p>W3nPK2, W3nPK4 (bestätigend): Dabei <i>wenden</i> die Schüler/innen die <i>kritischen Attribute</i> der Reihen und Parallelschaltung <i>an</i>, um die Nachfragen der leitenden Person zu beantworten, woraus man schließen kann, dass sie diese <i>Begriffe aufgebaut</i> haben.</p>
<p>WHV2b(N) (1352) S2: Und, nein, nein, nein. Erst sollten wir noch gucken, warum das schneller ist. (1353) S1: Ja, warum wer schneller ist. Und wie dann, wer schneller ist oder wer dann überhaupt noch fährt, wenn da jetzt ein</p>	<p>W3nPK1, W3nPK3 (bestätigend): Die Schüler/innen beschreiben im Nachinterview die Schaltungen als Lösungshypothesen, die sie hinsichtlich der Schnelligkeit und Sicherheit geprüft haben („Und wie dann, wer schneller ist oder wer</p>

<p>Blatt oder irgendwas vor ist. (1354) I: Mhm (bejahend). Ok, und was habt ihr daran herausgefunden? (1355) S2: Das Parallel. (1356) S1: Nein, das, Paul hatte die Parallelschaltung, aber wenn vor Paul von den zwei, weil der hat ja vier Solarzellen. Wenn ich jetzt zwei verdecken würde, würde er trotzdem noch fahren. Wenn ich bei Rudi alle verdecken würde, würde Rudi nicht mehr fahren, oder nur die Hälfte verdecken würde, Rudi könnte nicht mehr fahren. Dafür ist Rudi am Anfang schneller.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(N1321-1322)</p>	<p>dann überhaupt noch fährt, wenn da jetzt ein Blatt oder irgendwas vor ist.“ WHV2b-1353). Daraus kann man schließen, dass sie die zwei Schaltungen als <i>Lösungshypothesen</i> hinsichtlich ihrer Schnelligkeit (W3nPK1) und der Sicherheit (W3nPK3) <i>prüfen</i>.</p> <p>W3nPM1 (bestätigend): Daraus lässt sich schließen, dass die Schüler/innen die Experimente als Teil der Problemlöseaufgabe erkennen und somit die <i>Relevanz wahrgenommen</i> haben.</p> <p>W3nPK2, W3nPK4 (bestätigend): Des Weiteren kann man daran erkennen, dass es den Schüler/innen gelingt, die kritischen Attribute der zwei Schaltungen zu benennen (vgl. WHV2b-1356), dass sie also <i>die kritischen Attribute</i> der Reihen- und Parallelschaltung aufgebaut haben.</p>
<p>Beispielantworten aus Fragebögen Nennt Vorteile der Schaltung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parallelschaltung: Ich wollte, dass mein Boot sicher fährt. (MaTh) • Parallelschaltung: Weil die Parallelschaltung sicherer ist. Wenn eine Solarzelle verdeckt ist fährt es trotzdem weiter. (MoUw) <p>Wägt Vor- und Nachteile ab:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reihenschaltung: Ich habe die Reihenschaltung genommen, weil es sehr unwahrscheinlich ist das ein Blatt oder etwas anderes auf die Solarzelle fliegt. Und weil es schnell ist. (CoJe) • Parallelschaltung: Ich habe mich dafür entschieden, weil ich lieber etwas langsamer sein wollte, aber zumindest wollte ich im Ziel ankommen. (SiMa) 	<p>W3nPK2, W3nPK4 (bestätigend): Von 53 Schüler/innen können 45 <i>die kritischen Attribute</i> der Reihen- und Parallelschaltung im Post-Fragebogen benennen, um ihre Entscheidung für eine Schaltung zu begründen. Von diesen 45 nennen 12 Schüler/innen sowohl die Vor- als auch die Nachteile der Schaltung und 34 Schüler benennen die Vorteile der Schaltung, für die sie sich entschieden haben.</p>
<p>Beispielantworten aus den Fragebögen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parallelschaltung: viel schneller. (MiHa) • Reihenschaltung: Weil die Schaltung viel schneller sind aber der Nachteil ist das man nicht so gut lenken kann. (SaFr) 	<p>W3nPK2, W3nPK4 (widerlegend): Fünf Schüler/innen können die kritischen Attribute der Reihen- und Parallelschaltung nicht korrekt benennen, wie die zwei Zitate beispielhaft zeigen. Drei Schüler/innen haben die Frage auf dem Fragebogen nicht beantwortet.</p>

WHV2a

- (660) S1: Also ich würde Pauls Schaltung nehmen bei meinem Boot.
- (661) S3: Ich auch.
- (662) S2: Ich nicht.
- (663) S1: Wenn wir zwei Schaltungen, wenn wir zwei Boote bauen dürften, hätte ich natürlich beides genommen.
- (664) I: Und wieso würdest du Paul nehmen?
- (665) S1: Weil beim Rennen ist es sehr effektiv, weil da sind, da schmeißt man auch ganz viele Blätter rein und dann wird es (unv.) vom Boot kommen, ist es halt auch.
- (666) S2: Ich hätte Rudis Schaltung genommen, weil wenn jetzt Blätter rauf kommen und er ist ja so schnell, also da kann ja noch dagegen ankommen, weil vielleicht treffen ihn die Blätter noch nicht.
- (667) I: Mhm (bejahend). Ok.
- (668) S1: Aber du musst dabei auch bedenken, dass auch sehr schwer ist und dass Rudi halt auch nicht so schnell ist. Weil die Räder sind natürlich schneller.
- (669) S2: Aber es kann halt den ausweichen.
- (670) S1: Also jetzt müssen wir eben hier. Also ich würde doch auch Rudi nehmen. (unv.)

WHV2a

- (723) L: Gut, dann solltet ihr euch ja entscheiden, wer es noch nicht gemacht hat, kann es ja jetzt noch tun, für welche, welche Schaltung ihr jetzt für euer Solarboot nehmen wollt. Wie gesagt, die Bedingungen habe ich ja schon genannt. Ob ihr den schnellen Rudi oder den sicheren Paul (unv.). Du hast dich schon entschieden, Daniel?
- (724) S: Ich nehme die Parallelschaltung, dann ist mein Boot zwar nicht sehr schnell, aber wenigstens hat es dann, fährt es auch weiter, wenn die, ein Blatt auf die Solarzelle fällt.
- (725) L: Ok, ja. Ok. Was hast.
- (726) S: Also wir drei nehmen auch die

W3nPK5 (bestätigend): Anhand der Entscheidungen der Schüler/innen für eine Schaltung erkennt man, dass die Schüler/innen die *Begriffe* der Reihen- und Parallelschaltung *anwenden* und die beiden Schaltungen als *Lösungshypothesen* für die Konstruktion des Solarbootes *bewerten*. Sie entscheiden sich aufgrund dieser Bewertung für eine der beiden Schaltungen und ziehen die Begriffe zur Begründung heran (vgl. z. B. WHV2a-665 oder WHV2a-724).

W3nPM2 (bestätigend): Daraus kann man schließen, dass die Schüler/innen sich hier als wirksam wahrnehmen, weil es ihnen gelingt die neuen Begriffe anzuwenden und anhand dessen eine eigenständige Entscheidung zu fällen und zu begründen.

<p>Parallelschaltung, da es einfach sicherer ist.</p> <p>(727) L: Gut. Jan, was machst du?</p> <p>(728) S1: Ich nehme halt die Schaltung von Rudi, weil, wenn zum Beispiel ein Blatt drauf fällt, dann kann er halt, dann kann es auch schnell wieder herunter geweht werden, weil er halt so schnell ist auch.</p> <p>(729) L: Kann man auch so sehen. Ja, ok. Cemil?</p> <p>(730) S2: Also ich nehme auch Rudi, weil wenn jetzt zum Beispiel ein Blatt da kurz darauf, also wenn jetzt ein Blatt vielleicht auf ihn kommt aber, dann kann vielleicht noch irgendwie, wie soll ich das sagen, verteidigen sozusagen, weil er so schnell ist.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(676-678) WHV2b(704-712)</p>	
<p>WHV2b(N)</p> <p>(1359) I: Gut, und dann habt ihr euch ja jetzt beide für die Parallelschaltung entschieden, nech. Und, warum? Was war euch da jetzt wichtig?</p> <p>(1360) S2: Also wenn Sturm oder mal Blatt runterfällt, dass das nicht gleich aufhört und stehen bleibt. (unv.)</p> <p>(1361) S1: Genau, das fährt einfach weiter. Es fährt langsamer, aber dafür fährt es dann weiter. Und wenn man da absichtlich ein Blatt oder so rauflegt, wenn Hannah jetzt das andere hätte, dann ist das halt, dann würde Hannahs dann aufhören zu fahren und meins fährt weiter. Und das finde ich dann auch schon gut an der Sache.</p> <p>(1362) I: Und was hättet ihr nachher bei dem Rennen für Vorteile dadurch?</p> <p>(1363) S1: Dass der die ganze Zeit weiterfährt. Der kann nicht stehen bleiben.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(N1321-1327)</p>	<p>W3nPK5 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>wenden</i> die Begriffe der Reihen- und Parallelschaltung im Nachinterview <i>an</i>, um ihre <i>Bewertung der Lösungshypothesen</i> und ihre Entscheidung für eine Schaltung zu begründen (z. B. „[...] Es fährt langsamer, aber dafür fährt es dann weiter. [...]“ WHV2b-1361)</p> <p>W3nM2 (bestätigend): Daraus kann man schließen, dass die Schüler/innen sich als <i>wirksam wahrnehmen</i>, da sie die neu gebildeten Begriffe anwenden können, um ihre Entscheidung zu begründen.</p>

Zusammenfassung: Validierung der SWOT-Analyse

Die Stärke W3nP-St1 lässt sich anhand der empirischen Daten verifizieren. Die Schüler/innen erkennen die Reihen- und Parallelschaltung als Lösungshypothesen, die sie für die Konstruktion ihres Solarbootes prüfen. Dabei arbeiten die Schüler/innen die kritischen Attribute der zwei Schaltungen heraus und bewerten diese hinsichtlich des zu erreichenden Ziels. Nur einzelnen Schüler/innen gelingt es nicht, die kritischen Attribute der Schaltungen nach dem Angebot zu benennen.

Schritt 3: Notwendige Änderungen in der Dimension Problemorientierung

Notwendige Änderungen aufgrund der Stärke W3nP-St1:

Hinsichtlich der Problemorientierung scheint keine grundlegende Änderung notwendig zu sein, allerdings könnten die Differenzierungsmaßnahmen stärker ausgebaut werden, so dass auch schwächere Schüler/innen während des Problemlöseprozesses bestmöglich unterstützt werden und letztendlich eher die kritischen Attribute der Begriffe Reihen- und Parallelschaltung aufbauen.

9.1.4 *Analysedimension Autonomieorientierung:*

Abschließend wird der Dreischritt *Fachdidaktische SWOT-Analyse – Empirische Überprüfung – Notwendige Änderungen* für die Analysedimension der Autonomieorientierung dargestellt (Tabelle 9.9). Potenziell angelegte kognitive und motivationale Prozesse mit Bezug zur Dimension Autonomie sind in Tabelle 9.10 aufgelistet.

Schritt 1: Fachdidaktische SWOT-Analyse hinsichtlich der Autonomieorientierung

Tabelle 9.9 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich der Autonomieorientierung	
Analysefrage	Ausprägung des Segments bezüglich der Analysefrage
Selbsttätigkeit Inwieweit haben die Schüler/innen Möglichkeiten, sich selbsttätig und aktiv mit den Lerngegenständen auseinanderzusetzen?	Die didaktische Strukturierung unterstützt, dass die Schüler/innen sich in diesem Segment selbsttätig mit den Lerngegenständen auseinandersetzen können. Durch die Experimentierboards wird den Schüler/innen die Möglichkeit gegeben, mit den elektrischen Bauteilen zu interagieren und diese aktiv einzusetzen. Die vorherige sowie die anschließende kurze Plenarphase werden durch die leitende Person durchgeführt.
Interaktionen mit Mitschüler/innen Inwieweit können die Schüler/innen sich aktiv mit anderen Mitschüler/innen austauschen?	Durch die Partnerarbeit wird auch der Austausch mit anderen Mitschüler/innen gefördert, die zusammen an einem Board arbeiten. Die kurzen Plenarphasen unterstützen eher ein dyadisches Gespräch zwischen einzelnen Schüler/innen und der leitenden Person.

<p>Freiräume für eigenständige Entscheidungen</p> <p>Inwiefern haben die Schüler/innen Freiräume und können eigenständig Entscheidungen fällen?</p>	<p>Durch die Aufgabenformulierungen im Lernheft werden die Schüler/innen durch Leitfragen gelenkt, haben aber Freiräume, wie sie diese angehen. Auch die Form der Dokumentation ist sehr offen gestaltet, sodass die Schüler/innen hier ebenfalls Freiräume haben.</p> <p>Die Schüler/innen werden außerdem durch die didaktische Struktur unterstützt, eigenständige Entscheidungen zu fällen. So sollen die Schüler/innen selbst entscheiden, welche Kriterien sie bei ihrem Boot höher gewichten und sich für eine der beiden Schaltungen entscheiden.</p>
--	---

Tabelle 9.10 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich Autonomie		
Aufgabenformulierungen und eingesetzte Mittel	Kognitive Anregung	Motivationale Anregung
<p>Mittel: Lernheft</p> <ul style="list-style-type: none"> „Wir gucken uns die Seite 2 an. (...) Die hängt hier überall auch so rum an den Arbeitsplätzen, wenn ihr da später noch mal was wissen wollt, könnt ihr das immer noch mal nachsehen. (...) Habt ihr schon mal irgendwann mit Stromkreisen zu tun gehabt?“ „Und dazu schlägt mal bitte die nächste Seite auf. Da findet ihr nämlich diese Zeichen, die ich euch gerade gezeigt habe, wieder. Wir sind hier anscheinend da. Was findet ihr in diesem Schaltplan wieder? Was ist da zu sehen?“ 	<p>W3nAK1: Die Aufgabe scheint geeignet dazu, zunächst in einer Plenumsphase das <i>Vorwissen</i> der Schüler/innen zu elektrischen Bauteilen und dessen Schaltzeichen zu <i>aktivieren</i>, indem sie von ihren Erfahrungen berichten und mit Hilfe einer Tabelle Schaltzeichen identifizieren. Dabei werden die Schüler/innen unterstützt, die Schaltzeichen <i>wahrzunehmen, wiederzuerkennen</i> und zu <i>benennen</i>.</p>	
<p>Mittel: Steckbrett mit elektrischen Bauteilen sowie ein Aufgabenblatt im Lernheft zum Ausfüllen</p>	<p>W3nAK2: Durch die didaktische Strukturierung werden die Schüler/innen potenziell angeregt, das</p>	<p>W3nAM1: Dadurch, dass die Schüler/innen sich ohne die direkte Instruktion der leitenden Person aktiv mit</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Lernheft: „1. Baue diese Schaltung nach.“ <ul style="list-style-type: none"> ○ „Tipp: Schau auf Seite 2 nach, was die Zeichen in der Schaltung bedeuten.“ ○ „(nur bei der Parallelschaltung) Tipp: Verbinde alle Pluspole miteinander!“ 	<p><i>externe Handlungsziel zu übernehmen, die Schaltpläne aufzubauen und ihre Handlungsschritte zu planen.</i> Sie werden unterstützt, die Schaltungen am Experimentierboard nachzubauen, von dem sie eine Rückmeldung erhalten, je nachdem, ob sich der Motor dreht oder nicht. Bei Nichtgelingen werden sie angeregt, die <i>Handlungswirkung zu bewerten</i> und <i>alternative Handlungsschritte zu planen bzw. sich zu entscheiden</i>, die Hilfekarte zu nutzen.</p> <p>W3nAK3: Dabei werden die Schüler/innen dazu angeregt, den Schaltplan bzw. das Foto der Schaltung auf der Hilfekarte im Lernheft <i>wahrzunehmen</i> und die Schaltzeichen <i>wiederzuerkennen</i>. Sie werden dazu angeregt, diese mit den Bauteilen auf dem Experimentierboard zu <i>vergleichen</i> und diese zum Beispiel als einen Motor zu <i>erkennen</i>.</p>	<p>den Experimentierboards auseinandersetzen dürfen, werden sie darin unterstützt, sich durch die didaktische Strukturierung <i>als kompetent wahrzunehmen</i>, weil ihnen die selbstständige Arbeit mit den elektrischen Bauteilen zugetraut wird.</p> <p>W3nAM2: Auch das in der didaktischen Strukturierung vorangelegte Erfolgserlebnis, wenn die Schüler/innen selbstständig die Schaltung anhand des Schaltplans aufbauen und den Motor zum Drehen bekommen, unterstützt ihre <i>Selbstwirksamkeits-wahrnehmung</i>.</p> <p>W3nAM3: Die Schüler/innen werden darin unterstützt, sich bei der Arbeit an den Experimentierboards <i>als autonom wahrzunehmen</i>, da sie mit Hilfe des Lernheftes selbstständig mit den elektrischen Bauteilen experimentieren können und dabei nicht durch die leitende Person direkt oder durch eine rezeptartige Anleitung im Lernheft angeleitet werden, sodass sie den Prozess der Experimente selbst steuern können.</p> <p>W3nAM4: Die Schüler/innen werden durch die didaktische Strukturierung mit Hilfekarten unterstützt, selbst zu entscheiden, wann und in welchem Maß sie Hilfe beim Aufbauen der Schaltungen benötigen.</p>
---	--	---

9.1 Exemplarische Analyse des Segments „Elektrische Schaltungen am Steckboard“

		Dadurch wird hier die <i>Autonomiewahrnehmung</i> der Schüler/innen unterstützt.
<p>Mittel: Lernheft</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Leitende Person:</i> „[...] Und dann seht ihr hier den Motor mit dem Pluspol und dem Minuspol und ihr seht hier die Solarzellen, auch mit Plus- und Minuspol jeweils und da zeichnet ihr dann die Kabel ein. Das ist dann nachher euer Bauplan.“ • <i>Lernheft:</i> 3. „Zeichne die Kabel mit den Farben rot und schwarz ein.“ 	<p>W3nAK4: Die Schüler/innen werden durch die didaktische Strukturierung angeregt, die Verkabelung der elektrischen Schaltung vom Schaltplan <i>wahrzunehmen</i> und auf die Abbildungen mit realen Bauteilen zu übertragen, indem sie die beiden Darstellungsformen miteinander <i>vergleichen</i> und sich einen persönlichen Lötplan erstellen.</p>	<p>W3nAM5: Die Schüler/innen werden hier darin unterstützt, sich als <i>autonom wahrzunehmen</i>, weil sie keinen vorgefertigten Lötplan erhalten, sondern sich ihren individuellen Plan erstellen, abhängig davon, wie sie sich entschieden haben.</p>
<p>Mittel: Aufgabenblatt im Lernheft zum Ausfüllen</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Leitende Person:</i> „Und wenn ihr die Eigenschaften dieser Schaltungen herausgefunden habt, dann sollt ihr auf der folgenden Seite euch entscheiden, welche Schaltungen ihr für eurer Solarboot nehmen wollt. Also was euch wichtig ist. Soll das möglich schnell sein, soll das sicher sein? Alle diese Dinge müsst ihr noch ein bisschen im Hinterkopf behalten. Und dann seht ihr hier den Motor mit dem Pluspol und dem Minuspol und ihr seht hier die Solarzellen, auch mit Plus- und Minuspol 	<p>W3nAK5: Die Schüler/innen werden mit Hilfe der zu Beginn vorgestellten Bedingungen des Wettrennens angeregt, selbstständig <i>Kriterien zu entwickeln</i> auf deren Grundlage sie sich begründet zwischen den zwei Schaltungen als <i>Handlungsalternativen entscheiden</i>.</p>	<p>W3nAM6: Durch die Möglichkeit, sich zwischen Handlungsalternativen zu entscheiden, wird unterstützt, dass die Schüler/innen sich als <i>autonom wahrnehmen</i>.</p>

jeweils und da zeichnet ihr dann die Kabel ein. Das ist dann nachher euer Bauplan.“ <i>Lernheft: Entscheide dich für eine der beiden Schaltungen für dein Solarboot.</i>		
---	--	--

Stärken und Schwächen der didaktischen Strukturierung von Segment 3 hinsichtlich der Dimension Autonomieorientierung

Stärke: Ausgeprägte Möglichkeit zur Selbsttätigkeit und Entscheidungsspielräume (Wn3A-St1)

Eine Stärke ist hier, dass die Schüler/innen sich in diesem Segment selbsttätig mit den Lerngegenständen auseinandersetzen können, mit den elektrischen Bauteilen direkt in Kontakt kommen und diese aktiv einsetzen sowie in einen Austausch mit anderen Mitschüler/innen treten, um die Schaltpläne gemeinsam am Steckbrett aufzubauen. Dabei gibt es verschiedene Freiräume für die Schüler/innen und Möglichkeiten für eigenständige Entscheidungen. So können sie entscheiden, wie sie konkret bei der Prüfung vorgehen, ob und wann sie welche Hilfe nutzen und welche Schaltung sie letztendlich konstruieren wollen. Die didaktische Strukturierung unterstützt hier also auch, dass die Schüler/innen eigenständig Kriterien entwickeln, auf deren Grundlage sie sich begründet zwischen den zwei Schaltungen als Handlungsalternativen entscheiden.

Trotzdem gibt es eine gewisse Fremdsteuerung in Form eines Lernheftes, welches durch die Aufgabenstellungen die Handlungen der Schüler/innen vorstrukturiert, ohne sie zu sehr einzuschränken. Es ist hier also eine gewisse Balance zwischen der Selbst- und Fremdsteuerung hergestellt.

Aufgrund der Stärke erwartete kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen:

- **W3nAK1:** Zunächst könnten die Schüler/innen durch die didaktische Strukturierung in der Plenumsphase ihr *Vorwissen* zu elektrischen Bauteilen und deren Schaltzeichen *aktivieren*, indem sie von ihren Erfahrungen berichten und mit Hilfe einer Tabelle Schaltzeichen identifizieren. Dabei könnten sie die Schaltzeichen *wiedererkennen* und *benennen*.
- **W3nAK2:** Die Schüler/innen könnten durch die didaktische Strukturierung *das externe Handlungsziel übernehmen*, Schaltpläne mit den elektrischen Bauteilen nachzubauen, *ihre Handlungsschritte zu planen* und *die Handlungswirkungen zu bewerten*.
- **W3nAK3:** Dabei könnten die Schüler/innen den Schaltplan im Lernheft oder das Foto der Schaltung auf der Hilfekarte *wahrnehmen* und die Schaltzeichen *wiedererkennen*. Diese könnten sie mit den Bauteilen auf dem Experimentierboard *vergleichen* und diese wiedererkennen.
- **W3nAK5:** Die Schüler/innen könnten mit Hilfe der zu Beginn vorgestellten Bedingungen des Wettrennens selbstständig Kriterien entwickeln, auf deren Grundlage

sie sich begründet zwischen den zwei Schaltungen als Handlungsalternativen entscheiden.

- **W3nAM1:** Schüler/innen könnten sich durch das Zutrauen, sich selbstständig mit den elektrischen Bauteilen am Steckbrett auseinanderzusetzen, *als kompetent wahrnehmen*.
- **W3nAM2:** Auch das Erfolgserlebnis, wenn die Schüler/innen selbstständig den Motor zum Drehen bekommen anhand des Schaltplans, kann ihre *Selbstwirksamkeitswahrnehmung* unterstützen.
- **W3nAM3:** Da die Schüler/innen mit Hilfe des Lernheftes selbstständig mit den elektrischen Bauteilen experimentieren können, könnten sie sich bei der Arbeit an den Steckbrettern *als autonom wahrnehmen*.
- **W3nAM4:** Weil die Schüler/innen selbst entscheiden können, ob und wann sie welche Hilfe (Tippkarte) nutzen, könnten sie sich hier *als autonom wahrnehmen*.
- **W3nAM6:** Durch die Möglichkeit, sich zwischen Handlungsalternativen zu entscheiden, könnten die Schüler/innen sich *als autonom wahrnehmen*.

Aufgrund der Stärke erkanntes Potential:

Diese Stärke birgt das Potential, dass der feste Ablauf des Angebots aufgelockert wird, die Schüler/innen vermehrt über das Segment hinaus in ihrem eigenen Tempo arbeiten und selbst entscheiden, wann sie mit der nächsten Phase beginnen. Darüber hinaus könnten stärkere Schüler/innen beispielsweise auch noch Kombinationen von Schaltungen untersuchen und schwächere Schüler/innen mehr Hilfe erhalten.

Schritt 2: Empirische Validierung der Ergebnisse der SWOT-Analyse in der Dimension Autonomieorientierung

In der Tabelle 9.11 wird empirisch validiert, inwiefern sich die herausgearbeitete Stärke bezüglich der Autonomieunterstützung im Segment 3 durch Transkriptauszüge belegen lässt.

Tabelle 9.11 Empirische Validierung hinsichtlich der Stärke „Hohe Selbsttätigkeit und Entscheidungsspielräume“ (Wn3A-St1)	
Transkriptausschnitt	Codierung und daraus rekonstruierte kognitive und motivationale Prozesse der Schüler/innen
WHV2a (478) L: Also, das Schaltzeichen sehen wir da. Und was steht da, was ist das? (479) S: Ein Elektromotor. (480) L: Aha. (481) S: Und dann kommen zwei Solarzellen. Weitere Stellen: WHV2b(383-386) WHV2b(387-401)	W3nAK1 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>aktivieren</i> ihr <i>Vorwissen</i> zu elektrischen Bauteilen und Schaltzeichen, indem sie für die Beantwortung der Fragen der leitenden Person die Bauteile in einem Schaltplan <i>wiedererkennen</i> und <i>benennen</i> (z. B. „Ein Elektromotor“ oder „zwei Solarzellen“).
WHV2b (410) I: Was ist jetzt die Aufgabe?	W3nAK2 (bestätigend): Die Schüler/innen benennen den Aufbau des

<p>(411) S1: Wir sollen irgendwie die Kabel hier mit dem, weil das hier sind rote Kabel, die kommen in die Plusdinger, und die Schwarzen in die Minusdinger. Und so sollen wir das dann machen, dass sich dieser Motor hier bewegt durch die Solarzellen. Also so habe ich es. [...] (422) S2: Fangen wir mit dem an? (423) S1: Ja, so.</p>	<p>Schaltplans als Aufgabe und fangen sofort mit dem Nachbau der Schaltskizze am Steckboard an (vgl. WHV2b-410). Daraus kann man schließen, dass die Schüler/innen den Aufbau der Schaltpläne am Steckbrett als <i>externes Handlungsziel übernehmen</i>.</p>
<p>WHV2a (545) I: Mhm (bejahend). Ok. (...) Und was machst du jetzt grad, Jan? (546) S1: Ich teste grad, ob es auch bei einem [nur ein Kabel vom Motor zur Solarzelle] funktioniert. (547) I: Und, was meinst du? (548) S1: Ich glaube es funktioniert nur, wenn beide laufen. (549) S2: Es muss ja auch Minuspol geben. (550) I: Mhm (bejahend) Ok.</p> <p>WHV2b (475) S1: Ich habe eine Idee. Ich bastel hier mal rum. [Schüler steckt Kabel doppelt]. (476) S2: (unv.) Wir müssen aufschreiben erst. (477) S1: (unv.) (478) S2: Wir müssen erst aufschreiben. Nein. Wir sollen die andere noch gar nicht. (479) S1: (unv.) Ich muss was ausprobieren. Ich muss immer ausprobieren, also. (...) Vielleicht geht das dann ja noch schneller und dann braucht man den.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(572-581) WHV2b(445-451) WHV2b(492-493)</p>	<p>W3nAK2 (bestätigend): Teilweise regt das Setting die Schüler/innen darüber hinaus auch dazu an, andere Aspekte zu testen. Die Schüler/innen <i>aktivieren</i> dabei <i>Vorwissen</i> und überprüfen eigene Ideen zu den Schaltungen mit Hilfe des Experimentierboards (z. B. nur ein Kabel statt eines Stromkreises (vgl. WHV2a-546) oder Kabel doppelt zu stecken (vgl. WHV2b-479)). Sie <i>setzen</i> sich also auch <i>eigene Handlungsziele</i>.</p> <p>W3nAM3 (bestätigend): Dass die Schüler/innen diesen Freiraum nutzen, lässt darauf schließen, dass sie diesen als solchen erkennen und sich hier als <i>autonom wahrnehmen</i>.</p>
<p>WHV2a (569) S1: Ey, das ist das. Das ist der Motor. Da wird, also das ist der Motor. Da wird das, also da wird die Scheibe dran gemacht und das ist das hier.</p> <p>WHV2b (436) S1: Ah, ich weiß, wie wir das machen müssen. Wir brauchen (...) da beide. Beide. Ob das stimmt, weiß ich aber auch nicht. Vielleicht beide Plus. (437) S2: Warte. beide Plus. Steht ja Plus, Plus. (438) S1: Stimmt. (439) S2: Und Minus, Minus. (...) Aber dann passt. (440) S1: Aber wir haben hier ja keinen zweiten Anschluss. (441) S2: Vielleicht so?</p>	<p>W3nAK3 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>vergleichen</i> die Schaltpläne mit den elektrischen Bauteilen auf dem Experimentierboard und <i>nehmen</i> Unterschiede und Gemeinsamkeiten <i>wahr</i>, um die Schaltungen nachzubauen (z. B. „Das ist der Motor.“ WHV2a-569 oder „Beide Plus. Steht ja Plus, Plus.“ WHV2b-437).</p>

9.1 Exemplarische Analyse des Segments „Elektrische Schaltungen am Steckboard“

<p>(442) S1: Ah, stimmt. Da war ja was.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(599-615)</p>	
<p>WHV2a (595) S2: Dann ist das die Parallelschaltung. (...) Das ist der Motor. (596) S1: Was ist das denn? Bau diese Schaltung nach. (597) S2: Die verstehe ich nicht. (598) S1: Ich auch nicht. Ich glaube, das ist die da. Glaube ich aber nur. (599) S2: Hä? [...]</p>	<p>W3nAK3 (widerlegend): Einige Äußerungen der Schüler/innen bei der ersten Betrachtung des Schaltplans der Parallelschaltung lassen darauf schließen, dass sie bei der Darstellung der Parallelschaltung teilweise Schwierigkeiten haben, die Schaltpläne <i>wiederzuerkennen</i> und mit den Bauteilen auf dem Steckbrett <i>zu vergleichen</i> („Was ist das denn?“ oder „Hä“).</p>
<p>WHV2a (622) S1: Warte, kann ich jetzt was probieren? Also rot. Wenn es nicht klappt, dann kannst du es machen und so. Rot kommt, oh warte, ich habe noch eine Idee. Das kommt so. Ne warte, so. Und dann noch so. Und warte, das kommt dahin. Nein. Das da kommt rein. (623) S2: Ja, das kommt hier hin. (624) I: Wie habt ihr das jetzt gelöst? (625) S1: Hier gibt es ja drei und hier gibt es auch drei. Also das haben wir einfach ganz einfach gelöst. (626) I: Und hilft euch die Karte jetzt? (627) S2: Ja. (628) I: Wie hilft die denn? (629) S1: Sehr gut. (630) S2: Also wie man ja sieht, ist das ja das rote Kabel und da auf den Plus. Da sieht man es ja. (unv.) so ein zweites Kabel, den muss man auch auf den anderen Plus. Weitere Stellen: WHV2b(454-466)</p>	<p>W3nAK3 (bestätigend): Mit Hilfe der Tippkarte gelingt es den Schüler/innen, die Schaltungen selbstständig aufzubauen (vgl. WHV2a-622). Die Schüler/innen <i>nehmen</i> das Foto der Schaltung auf der Tippkarte <i>wahr</i> und <i>vergleichen</i> dies mit den Bauteilen auf dem Steckbrett.</p> <p>W3nAM2 (bestätigend): Dass die Schüler/innen es mit Hilfe der Tippkarte schaffen, den Motor zum Drehen zu bringen, lässt darauf schließen, dass die Schüler/innen sich hier als kompetent wahrnehmen.</p>
<p>WHV2b (597) I: Ist das jetzt diese Schaltung, die ihr da aufgebaut habt? (598) S2: Ja. (599) S1: Nein, eben nicht. Bei der Schaltung sind die SO nebeneinander. (600) S2: Oh. (601) S1: Das heißt, wir müssen. (602) S2: Nein, wir sollen. (603) S1: Alle Kabel raus. Und dann müssten. (604) S2: Nein das sollen wir nicht umbauen. (605) S1: Doch. (606) S2: Nein.</p>	<p>W3nAK3 (widerlegend): Die Schüler/innen <i>nehmen</i> die Anordnung (also die Position bei gleichbleibender Verkabelung) der Solarzellen auf dem Foto der Hilfekarte als Unterschied zur Schaltskizze <i>wahr</i> („Bei der Schaltung sind die SO nebeneinander.“ WHV2b-599), wodurch sie kurz verunsichert sind, wie diese Situation zeigt.</p>

<p>(607) S1: Müssen wir doch aber (608) S2: (unv.) (609) I: Du hast das ja jetzt gerade mit der Tippkarte gemacht, nech? Mit dieser hier. Und das ist jetzt hier dieses, meinst du, nech? (610) S1: Mhm (bejahend.) (611) I: Ok. (612) S2: Aber da steht Parallelschaltung und da auch.</p>	
<p>WHV2a (504) S1: [...] So, machen wir es mal an. (505) S2: Einfach mal anmachen. (506) S1: Ich glaube ich weiß schon was zu tun ist. Nehmen wir mal das, du nimmst vielleicht mal das da rein. Und das da rein. Und das vielleicht da rein. Und das. Ich teste grad nur. (607) I: Leon, kannst du mal erklären, was du jetzt grad machst? (508) S1: Ich verbinde grad alles so zusammen, wie ich denke, wie es zusammen verbinden werden soll. (509) I: Mhm (bejahend). (510) S2: Also wie bei Paul?! (511) S1: Rudi natürlich.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(527-528)</p>	<p>W3nAK3 (widerlegend): Eine Schüler/innengruppe <i>vergleicht</i> die Bauteile auf dem Steckbrett mit denen im Auto (Rudi) und baut diese anhand der im vorherigen Segment <i>wahrgenommenen</i> Verkabelung am Steckbrett auf (vgl. WHV2a-508). Hier <i>vergleicht</i> der Schüler die Schaltzeichen nicht mit den elektrischen Bauteilen.</p>
<p>WHV2a (530) I: Was ist denn jetzt gerade die Aufgabe? (531) S1: Das da glaube ich zum Laufen bringen und so. (532) S2: Zum Laufen bringt. (533) S1: Das haben wir jetzt geschafft. (534) S2: Also die Rudi. (535) S1: Wir haben es geschafft.</p>	<p>W3nAK2 (widerlegend/bestätigend): Teilweise übernehmen die Schüler/innen also auch nur Teile des externen Handlungsziels. So <i>übernehmen</i> sie als <i>externes Handlungsziel</i>, den Motor zum Drehen zu bringen („Das da glaube ich zum Laufen bringen und so.“ WHV2a-531), indem die Schaltungen von den Autos aus der Erinnerung nachgebaut werden („Also die Rudi.“ WHV2a-534). Dabei wird der Aufbau der Schaltpläne zunächst nicht direkt als Ziel verfolgt.</p>
<p>WHV2a (660) S1: Also ich würde Pauls Schaltung nehmen bei meinem Boot. (661) S3: Ich auch. (662) S2: Ich nicht. (663) S1: Wenn wir zwei Schaltungen, wenn wir zwei Boote bauen dürften, hätte ich natürlich beides genommen. (664) I: Und wieso würdest du Paul nehmen? (665) S1: Weil beim Rennen ist es sehr effektiv, weil</p>	<p>W3nAK5 (bestätigend): Die Schüler/innen <i>entwickeln</i> auf Grundlage der zu Beginn beschriebenen Rennsituation <i>Kriterien</i>, sodass sie abwägen und <i>zwischen den beiden Handlungsalternativen entscheiden</i>.</p>

<p>da sind, da schmeißt man auch ganz viele Blätter rein und dann wird es (unv.) vom Boot kommen, ist es halt auch.</p> <p>(666) S2: Ich hätte Rudis Schaltung genommen, weil wenn jetzt Blätter rauf kommen und er ist ja so schnell, also da kann ja noch dagegen ankommen, weil vielleicht treffen ihn die Blätter noch nicht.</p> <p>(667) I: Mhm (bejahend). Ok.</p> <p>(668) S1: Aber du musst dabei auch bedenken, das auch sehr schwer ist und das Rudi halt auch nicht so schnell ist. Weil die Räder sind natürlich schneller.</p> <p>(669) S2: Aber es kann halt den ausweichen.</p> <p>(670) S1: Also jetzt müssen wir eben hier. Also ich würde doch auch Rudi nehmen. (unv.)</p> <p>Weitere Stellen: WHV2a(723-730) WHV2a(676-678) WHV2b(704-712)</p>	
<p>WHV2b</p> <p>(625) I: Waren die Aufgaben jetzt schwierig, oder waren die eher einfach? Wie würdet ihr das sagen?</p> <p>(626) S2: Ging eigentlich.</p> <p>(627) S1: Ich fand das eigentlich (unv.). Ich fand das eigentlich cool, aber am besten war das, dass man die Kabel, also dass man das selber ausprobieren konnte. Und nicht jetzt, also zu zweit, und nicht das (unv.)</p> <p>WHV2b(N)</p> <p>(1407) I: Ok. Und was fandet, also außer dass ihr nicht reden durftet, was fandet ihr denn jetzt besser? Was war besser hier als im Unterricht?</p> <p>(1408) S2: Eigentlich nichts.</p> <p>(1409) S1: Wir durften mehr selbst entscheiden. Wir durften wohl, also wenn wir können ruhig mal in Mathe entscheiden, mit welcher Aufgabe wir anfangen, aber es gibt halt Pflichtaufgaben. Und erst wenn man die fertig hat, darf man die zusätzlichen Aufgaben machen. Aber, also, sonst fand ich das eigentlich.</p> <p>(1410) S2: Also wenn wir hier jetzt entschieden hätten, was wir machen sollen, dann hätte daran nichts funktioniert.</p> <p>Weitere Stellen: WHV2b(N1378-1379)</p>	<p>W3nAM1 (bestätigend): Beim Aufbau der Schaltungen heben die Schüler/innen hervor, dass sie die Experimente selbstständig machen durften („selber ausprobieren“ „selbst entscheiden“). Dies lässt darauf schließen, dass sie sich <i>als kompetent wahrnehmen</i>, weil ihnen dies zugetraut wird.</p> <p>W3nAM3, W3nAM4, W3nAM5 (bestätigend): Außerdem <i>nehmen</i> die Schüler/innen sich <i>als autonom wahr</i>, was man daraus schließen kann, dass sie beschreiben, wie viel sie selbst entscheiden dürfen. Dies heben sie als positiv hervor.</p>

<p>Antworten aus den Fragebögen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ 45 von 53 Schüler/innen kreuzen an, dass sie im Angebot viel selbst bestimmen konnten (das sind 84%; zur Erinnerung: in Zyklus 1 waren es nur 12%) ➔ 4 von 53 geben an, dass sie viel vorgegeben war (das sind 7%; zur Erinnerung: in Zyklus 1 waren es 73%) ➔ 4 von 53 kreuzen nichts an <p>Antworten zu „Schreibe auf, was du selbst bestimmen und planen durftest“:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ 40 Schüler/innen nennen die Gestaltung der Rumpfform ➔ 35 Schüler/innen nennen die Entscheidung für die Reihen- oder Parallelschaltung <p>MoUw: Welche Form mein Boot hat. Und welche Schaltungen ich machen kann.</p> <p>MaTh: Wie die Form vom Boot aussieht und ob ich die Parallelschaltung oder die Reihenschaltung nehme.</p> <p>WiDi: Ich durfte mich oft entscheiden. Das war toll.</p> <p>Antworten zu „Berichte, was dir Spaß an dem Vormittag rund um das Thema Solarboot gemacht hat“:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ 24 Schüler/innen nennen das Löten ➔ 17 Schüler/innen fanden „alles“ gut ➔ 12 Schüler/innen betonen, dass sie selbst etwas machen konnten <p>SaMa: Das man selber löten konnte und das man selber die Schaltung verkabeln durfte.</p> <p>TiNi: Das wir so viel selber machen konnten und das wir ein schönes Boot gemacht haben.</p> <p>WiDi: Alles hat mir Spaß gemacht, weil wir so viel selbst entscheiden durften. Vor allem das Löten.</p> <p>Antworten zu „Das sollte anders gemacht werden“:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ 23 von 53 Schüler/innen finden, dass „nichts“ geändert werden sollte ➔ 2 Schüler/innen wünschen nicht noch mehr Gestaltungsfreiraum 	<p>W3nAM3, W3nAM4, W3nAM6 (bestätigend): Die Ergebnisse der Fragebögen zeigen, dass die meisten Schüler/innen sich durch die fachdidaktische Strukturierung als <i>autonom wahrnehmen</i>.</p>
<p>WHV2a</p> <p>(612) S2: Ja, weil Plus muss auf Plus</p> <p>(613) S1: Das ist doch, da muss doch irgendwas noch rein.</p> <p>(614) S2: Ja, aber</p> <p>(615) S1: (unv.) bei Plus muss (unv.)</p> <p>(616) L: Habt ihr schon mal diesen Satz in dem roten Kästchen durchgelesen?</p> <p>(617) S1: Seite 18. Da.</p>	<p>W3nAM3 (widerlegend): Zum Teil greift die leitende Person ein und verweist die Schüler/innen auf die Hilfekarten, ohne diese selbst entscheiden zu lassen, wann sie Hilfe möchten, wie diese Situationen zeigen (vgl. z. B. WHV2a-616). Dadurch können die Schüler/innen nicht selbst entscheiden, wann sie Hilfe benötigen und sich somit nicht <i>als autonom</i></p>

(618) S2: Geh du mal drauf. (619) L: Meint ihr, dass euch das hilft? (620) S1: Aha, das, warte. Warte, warte, warte. Also Cemil, alle Kabel noch mal raus tun. (...) Warte. Weitere Stellen: WHV2b(444-457) WHV2b(492-498)	<i>wahrnehmen.</i> W3nAM1 (widerlegend): Außerdem schränkt es die <i>Kompetenzwahrnehmung</i> der Schüler/innen ein, wenn die leitende Person es ihnen scheinbar nicht zutraut, es ohne die Hilfekarte zu schaffen.
WHV2a(710-714) (710) I: Mhm (bejahend). Ok. [...] Und fandest du die Aufgaben jetzt herausfordernd? Sozusagen. Haben die dich jetzt herausgefordert? (711) S2: (Ich hätte es?) vielleicht auch alleine geschafft. Ich hätte aber so die Karte machen können. (712) I: Welche Karte meinst du? (713) S2: Ja, die Hilfskarte. (714) I: Achso, mhm (bejahend).	W3nAM3, W3nAM1 (widerlegend): Dies wird auch durch eine spätere Aussage belegt, die erkennen lässt, dass der Schüler/innen den Aufbau gerne ohne die Hilfekarte geschafft hätte. Der Schüler hat sich also durch den Eingriff der leitenden Person, die den Schüler/innen auf die Hilfekarte verwiesen hat, nicht <i>als autonom wahrgenommen</i> (W3nAM3) und wurde in <i>seiner Kompetenzwahrnehmung</i> (W3nAM1) eingeschränkt.

Zusammenfassung: Validierung der SWOT-Analyse

Die Stärke Wn3A-St1 kann verifiziert werden. Es lässt sich anhand der empirischen Daten bestätigen, dass die Schüler/innen beim Aufbau der Schaltpläne mit den Steckbrettern planvoll handeln und sich dadurch auch als kompetent und autonom wahrnehmen. Die Schüler/innen nehmen die ihnen gegebenen Freiräume wahr, nutzen diese, um auch eigene Ideen zu verfolgen und heben diese Möglichkeit der Selbststeuerung als sehr positiv hervor. Es zeigte sich aber, dass sich die Schüler/innen teilweise durch das Eingreifen der leitenden Person in ihrer Kompetenz und Autonomie eingeschränkt fühlen.

Schritt 3: Notwendige Änderungen in der Dimension Autonomieorientierung

Notwendige Änderungen aufgrund der Stärke W3nA-St1:

Aus dieser empirisch belegten Stärke ergibt sich der Änderungsbedarf, dass die leitende Person in den offeneren Gruppenarbeitsphasen nicht so schnell und früh in Form von Hilfestellungen eingreifen sollte, wenn Schüler/innen nicht weiterkommen. Stattdessen sollte die leitende Person die Schüler/innen selbstständig arbeiten und sie durchaus Fehler machen lassen und nur bei tatsächlichen Nachfragen eingreifen. Hier könnten gestufte Hilfestellungen eingesetzt werden, sodass zunächst Anregungen zum Weiterdenken gegeben werden, bevor Hilfen mit konkreten Umsetzungsanleitungen gegeben werden.

9.2 Weitere Auszüge der SWOT-Analysen der veränderten Angebote aller drei Orte

Auch die anderen ausgewerteten Segmente der weiterentwickelten Schülerlaborangebote wurden nach dem im vorherigen Abschnitt ausführlich dargestellt Verfahren analysiert bzw. empirisch validiert. Es werden im Folgenden Ergebnisse weiterer SWOT-Analysen

unter dem Schwerpunkt der Kontextorientierung (vgl. Abschnitt 9.2.1), der Problemorientierung (vgl. Abschnitt 9.2.2) und der Autonomieorientierung (vgl. Abschnitt 9.2.3) exemplarisch dargestellt.

9.2.1 Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Kontextorientierung

Beispielhafte Stärke: Übergeordneter Kontext wird konkretisiert und fortgeführt (D3nK-St1)

Skizzierung Segments 3 (DLR)- „Station Vakuum“: Die Schüler/innen sammeln in einem Plenumsgespräch, welchen Gefahren ein Astronaut im Weltraum ausgesetzt ist, wenn er die Rakete verlässt. Es wird thematisiert, dass im Weltraum oder auf dem Mond keine Luft ist, also ein Vakuum herrscht und die Astronauten deshalb einen Anzug benötigen, der im Folgenden untersucht werden soll:

„Okay, das ist also ein Problem für den Astronauten und deswegen trägt der immer, wenn er rausgeht, hast du schon gesagt. [...] Genau, so einen Raumanzug heißt das, ne da habt ihr auch so ein Bild von so einem Astronauten. [...] Ja genau. Und dieser Raumanzug muss bestimmte Funktionen erfüllen, dass der den auch richtig schützen kann. Und das wollen wir hier ein bisschen untersuchen. Und zwar wollen wir gucken, wie sich ein Raumanzug im Vakuum verhält. Was passiert eigentlich mit so einem Raumanzug im Weltraum? Wie mit der Rakete ist es auch so, dass wir keinen echten Raumanzug nehmen können, sondern nur ein Modell machen. Unser Modell ist ein kleiner Luftballon. Der ist mit Luft gefüllt, weil ein Raumanzug ist auch mit Luft gefüllt, weil der Astronaut das ja Luft zum Atmen braucht, und den Luftballon tun wir gleich ins Vakuum.“

Nachdem die leitende Person die Funktionsweise der Vakuumglocke als Modellweltraum erklärt hat, äußern die Schüler/innen Hypothesen, was im Vakuum mit dem Modellanzug passiert. Gemeinsam wird dieser im Vakuum untersucht und mit dem Leitenden werden die Beobachtungen gesammelt und mit Hilfe des fehlenden Gegendrucks von dem Leitenden erklärt. Die Bedeutung der Beobachtung für den Raumanzug wird diskutiert und es wird herausgestellt, dass der Raumanzug luftdicht sein muss, sich aber nicht wie der Luftballon bis zum Platzen ausdehnen darf. Die Schüler/innen erhalten die Aufgabe, mit Hilfe der ausliegenden Materialien einen Weg zu finden, wie man den Modellraumanzug erweitern kann, damit er nicht platzt, der Astronaut sich aber trotzdem noch bewegen kann.

Anschließend thematisiert der Leitende, dass sich die Astronauten bei einem Außeneinsatz unterhalten müssen. Die Schüler untersuchen daraufhin gemeinsam mit der leitenden Person anhand eines Weckers den Schall im Vakuum. Dabei bilden die Schüler/innen erneut zunächst Hypothesen, beobachten dann und versuchen diese dann zu erklären. Die Schüler/innen übertragen das Erfahrene auf den Raumanzug, der also eine Funkverbindung braucht.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Der übergeordnete Kontext der Marsmission wird aufgegriffen und durch den Außeneinsatz mit einem Astronautenanzug konkretisiert. Dadurch unterstützt die didaktische Strukturierung, dass die Schüler/innen einen Zusammenhang zum übergeordneten Kontext der Marsmission herstellen (D3nKK2) und auch, dass

Zusammenhänge zu vorherigen Segmenten hergestellt werden (D3nKK3). Durch die Vakuumblocke wird von diesem Kontext abstrahiert und Vakuumphänomene in der Glocke modellhaft untersucht. Der Kontext des Raumanzuges strukturiert das Segment, indem die Aufgabe definiert wird, einen geeigneten Modellraumanzug zu konstruieren, wofür verschiedene Vakuumphänomene werden in der Glocke untersucht werden müssen. Dadurch unterstützt die didaktische Strukturierung, dass die Schüler/innen die Vakuumblocke als einen Modellweltraum erkennen (D3nKK1) und einen Zusammenhang zwischen ihren Erkenntnissen bezüglich der Vakuumblocke und dem Kontext des Raumanzuges herstellen (D3nKK4, D3nKK6) und so die Relevanz ihrer Handlungen für den Kontext wahrnehmen (D3nKM2, D3nKM4) können.

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Es gelingt den begleiteten Schüler/innen, die Vakuumblocke als einen „Modellweltraum“ zu erkennen (D3nKK1), in dem ähnliche Bedingungen geschaffen werden können. Dies zeigt sich durch Äußerungen wie: „[...] haben wir in so eine Vakuumblocke gesteckt, haben das dann, die Luft rausgezogen, so ist das auch im Weltraum [...]“ (DLR2a-1925). Des Weiteren gelingt es den Schüler/innen, einen Zusammenhang zwischen den Erkenntnissen aus der Vakuumblocke und dem Kontext des Raumanzuges herzustellen (D3nKK4, D3nKK6). Dies zeigt sich zum Beispiel daran, dass die Schüler/innen bei Versuchen mit dem Luftballon die Wechsel der leitenden Person zwischen diesem und dem Kontext des Raumanzuges mitgehen (D3nKK4) und vom Modellanzug (Luftballon in Plastikdose) auf die Beweglichkeit von Astronauten im Weltall schließen können (vgl. 1438). Daraus lässt sich auch schließen, dass die Schüler/innen hier die Relevanz der Experimente für den Kontext erkennen (D3nKM2):

DLR2b

- (1433) L: So bevor wir euers rein tun, können wir das mal ganz kurz besprechen? Setzt euch mal hin bitte. Ja, also (unv.). Okay, was ist jetzt mit dem Raumanzug, also dem Luftballon, passiert, im Vakuum? Mh?
- (1434) S6: Der ist (so ein bisschen?) größer geworden.
- (1435) L: Genau. Aber er ist nicht geplatzt.
- (1436) S6: (unv.) geleuchtet, es hat (unv.) getan.
- (1437) L: Mh. Genau. Aber er ist nicht geplatzt. Das heißt ihr habt die Aufgabe erfüllt, dass er stabil ist, nicht platzt. Jetzt ist hier ja aber diese Tupperdose drum, ne. Und wenn der Raumanzug jetzt da drin ist, überlegt euch mal, wenn ihr jetzt so eine richtig große Plastiksicht um diesen Raumanzug drum hättet, dann im Weltall. Ist das gut?
- (1438) S3: Dann kann man sich kaum noch richtig bewegen.
- (1439) L: Genau, und die müssen ja auch mit den Händen irgendwas greifen können und sich bewegen können. Das heißt, das Modell vom Raumanzug ist zwar stabil aber nicht beweglich. Mh.
- (1440) S3: Ja, weil Plastik kann man ja auch nicht bewegen und dann kann man da nur so ... [macht Handbewegung].
- (1441) L: Genau. Ja genau, wenn das, zumindest wenn das Plastik zu hart ist, ne.

Die Relevanzwahrnehmung wird auch bei beiden begleiteten Gruppen im Nachinterview belegt, in dem die Schüler/innen auf die Nachfrage, was sie an der Station gemacht haben, einen Bezug zwischen ihren Handlungen mit dem Luftballon und einem Raumanzug

herstellen (D3nKK4): „Also wir haben über das Vakuum geredet. Und als ein Luftballon, das war unser Modell von einem Raumanzug. Den haben wir versucht so zu machen, dass er nicht platzt. Aber dass er halt auch nicht steif ist, also nur in einer Position stehen kann. Halt, dass er beweglich ist. Ja.“ (DLR2b-1695). Zu erwähnen ist aber, dass bei einem Schüler das Missverständnis aufgetreten ist, dass der Luftballon ein Modell für einen Astronauten, nicht für seinen Anzug ist, was die leitende Person korrigieren muss: „Ist es nicht unnormal, wenn ein Mensch sich aufbläst und dann irgendwann platzt?“ (DLR2a-1766)

Trotz dieses anfänglichen Missverständnisses trägt der Kontext auch bei der Untersuchung des Phänomens Schall mit Hilfe des Weckers. Auch hier stellen die Schüler/innen einen Zusammenhang zwischen dem „Wecker-Phänomen“ und dem Kontext des Raumanzuges her (D3nKK6), sodass sie auch hier die Relevanz der Untersuchung für den Kontext des Raumanzuges wahrzunehmen scheinen (D3nKM4). Dies zeigt sich z. B. in folgendem Ausschnitt, indem die Schüler/innen vom Wecker auf ein Kommunikationssystem von Astronauten im Weltall schließen:

DLR2b

- (1686) L: Okay, also. Ihr habt nichts mehr gehört. Was bedeutet das für die Astronauten und Astronautinnen im Weltall? Können die miteinander sprechen und sich hören?
- (1687) S4: Nur über Funkgeräte, die sind ja so am Raumanzug dran.
- (1688) L: Genau. Das brauchen die dann. Und warum kann man im Vakuum nichts mehr hören, das hast du schon eben erklärt, Thomas. Kannst du es nochmal sagen?
- (1689) S2: Weil Schallwellen im Vakuum nicht übertragen werden können.

Auch hier belegt das Nachinterview, dass die Schüler/innen diesen Zusammenhang herstellen (D3nKK6) und von dem Wecker auch auf die Kommunikation von Astronauten im Weltall schließen, wie folgende Beschreibung einer Schülerin zeigt:

B: DLR2a

- (1942) S1: Und da haben wir grad noch ein Wecker liegen, in die Vakuumglocke gepackt und dann haben wir getestet, ob man den Wecker halt hören kann und man hat so ein ganz bisschen gehört.
- (1943) I: Lass mal, okay. Und warum hat man den nur noch ein bisschen gehört?
- (1944) S1: Weil also im Weltall ist es ja so, da kann man nicht reden, weil hier auf der Erde, man braucht Luft, um zu reden. [...] Weil im Weltall ist das ja so, man braucht jedenfalls Luft, weil wegen den Flugwellen.

Durch den Raumanzug gelingt es den Schüler/innen auch, einen Zusammenhang zum übergeordneten Kontext der Marsmission (D3nKK2) und dadurch auch einen Zusammenhang zu vorherigen Segmenten (D3nKK3) herzustellen. So antworten Schüler/innen wie folgt auf die Nachfrage, ob die Schüler/innen einen Zusammenhang zwischen den Stationen sehen:

„Alles, alles hat irgendwas mit Weltraum zu tun natürlich und das hier, also zum Beispiel man, man hat da eine Rakete gestartet, man hat eine Kapsel nachgebaut, man hat einfach nur Sachen über den Weltraum gemacht und geguckt, was, was passiert in einem Weltall also mit dem Raumanzug und so und dann ja. [...] Vom

Start der Rakete bis zum Raumanzug, bis zu den wichtigen Dingen, was man beachten sollte und was nicht. Dann bis zur Landung.“ (DLR2a 3144-4159)

„Naja also es besteht halt ein Zusammenhang, weil wir Vakuum [Station Vakuum] zum Beispiel das braucht man, damit die, falls welche dabei sind, Personen da überleben können und so. Man braucht Antriebstechnik [Station Raketenstart] und Schutz [Station Konstruktion eines Landers], damit man heil ankommt und gut starten kann und auch fliegen.“ (DLR2b 2991)

An diesen zwei Aussagen ist erkennbar, dass die Schüler/innen den übergeordneten Kontext der Marsmission beschreiben. Zwar benennen sie diese nicht als solche, beschreiben aber die einzelnen Stationen vom Start, über den Flug im Vakuum bis hin zur Landung auf einem anderen Planeten.

Darüber hinaus gelingt es einigen Schüler/innen sogar, auch weitere Zusammenhänge herzustellen, die über die Inhalte der Stationen hinausgehen (D3nKK3). So schlussfolgert eine Schülerin, dass die Erkenntnisse der Vakuumstation nicht nur für den Raumanzug, sondern auch für die Konstruktion der Rakete (Station Raketenstart) relevant sind: „Ja, es hat halt schon was miteinander zu tun, weil eine Rakete fliegt zwar mit Rückstoß aber sie fliegt ja zum größten Teil davon im Vakuum [...] Die Rakete muss ja auch so gebaut werden, dass sie nicht so irgendwie also dass sie nicht so ist, wie, also, dass sie nicht platzt wie der Luftballon.“ (DLR2b 1717-1720)

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Stärke wird durch die empirischen Daten bestätigt. Es zeigt sich, dass die Schüler/innen die Vakuumglocke als einen Modellweltraum erkennen und einen Bezug zwischen den Experimenten und dem Astronautenanzug herstellen können. Dies führt dazu, dass die Schüler/innen auch einen Zusammenhang zum übergeordneten Kontext und somit zu den anderen Stationen herstellen. Aus den obigen Ausführungen, die natürlich exemplarisch sind, aber auch repräsentativ, erkennt man, dass an dieser neuen Version des Segments kein grundlegender Änderungsbedarf besteht. Allerdings könnte man eventuell zu Beginn eine Spielzeugfigur in den im Vakuum zu untersuchenden Luftballon hineingeben, um noch klarer zu machen, dass dieser einen Modellanzug darstellt und nicht den Astronauten selbst. Das bedeutet, kleinere Überarbeitungsideen sind durch die Erprobung im zweiten Zyklus durchaus zutage getreten.

Beispielhafte Stärke: Bezug dekontextualisierter Erkenntnisse auf den Kontext (Z3nK-St1):

Skizzierung Segments 3 (ZNT) „Umpolung des Motors“: In diesem Segment testen die Schüler/innen ihre zuvor selbst verlöteten Solarboote am Wassertisch. Dafür wird eine Rettungssituation mit Hilfe eines Playmobil-Menschen geschildert und mehrere Boote werden zur Rettung erprobt:

„So, vier Boote können schon einmal ins Wasser und Maria [so wurde die Playmobil Person genannt], pass auf, die Aussichtsplattform ist nicht gesichert. Ah. Ok, ich setzte einen Notruf ab. Die Jungen und Damen von der DGzRS müssen jetzt mal zeigen, was sie können.“

Dabei fahren einige Boote vorwärts und andere Boote rückwärts. Im Plenum werden Ideen gesammelt, woran dies liegen könnte und einige Ideen überprüft. Die Schüler/innen vergleichen in einer Gruppe die Boote, die vorwärtsfahren, mit denen, die rückwärtsfahren. Sie stellen verschiedene Ideen auf, wie das Problem zu beheben ist. Dabei nutzen sie auch das Steckboard, um ihre Ideen daran zu überprüfen. Die Polung des Motors wird als Ursache erkannt. Die Schüler/innen, dessen Boot rückwärtsfährt, gehen zurück an die Lötstation und löten die Anschlüsse um, um ihren Motor umzupolen. Nach dem Umpolen des Motors werden die Boote erneut am Wassertisch getestet, an dem eine Rettungssituation simuliert wird.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Eine Stärke des Segments ist, dass die Schüler/innen explizit unterstützt werden, zwischen den Kontextebenen zu wechseln. So ergibt sich zunächst aus der realen Situation der Rettungssimulation ein zu lösendes Problem, weil einige Boote rückwärtsfahren. So könnten die Schüler/innen zum einen den Bezug zum übergeordneten Kontext des Rettungsbootes für die DGzRS herstellen (Z3nKK1). Zum anderen könnten die Schüler/innen dadurch eine Relevanz wahrnehmen (Z3nKM1), die Ursache für das Rückwärtsfahren zu untersuchen und sich genauer mit der Polung des Motors zu befassen. Die Schüler/innen erhalten den Auftrag an einem Steckbrett, also in einer modellhaften Betrachtung, den Grund dafür herauszufinden und dies dann auf ihr Solarboot anzuwenden, damit dieses vorwärtsfährt. Es wird hier also auch unterstützt, dass die Schüler/innen einen Zusammenhang zwischen dem Kontext Rettungsboot und der Umpolung eines Motors herstellen (Z3nKK2).

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Bei den begleiteten Gruppen lassen sich zahlreiche Belege dafür finden, dass die Schüler/innen während des Segments Bezüge zum übergeordneten Kontext des Rettungsbootes für die DGzRS herstellen (Z3nKK1). Zum Beispiel denken die Schüler/innen sich bei der Testung der Solarboote kleine Rettungssituationen selber aus, bevor sie ihre Boote im Wassertisch erproben: „Hier ist Gebirge und da sind auch die Brombeeren und dann denkt sie sich, dass sie mal Brombeeren pflücken gehen muss, rutscht aus, hineingefallen“ (ZNT2b1411). Ein anderer Beleg ist, dass die Schüler/innen ihr Modellboot mit den Buchstaben DGzRS beschriften und über die Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffsbrüchiger sprechen (vgl. ZNT2b-1352). Auch gelingt es den Schüler/innen auf explizite Nachfrage, warum sie ein Solarboot bauen, einen Bezug über Doris zum übergeordneten Kontext herzustellen: „Um der Doris zu helfen und die Elfriede [Playmobil-Figur] zu retten. Damit auch die richtigen Boote auch irgendwann auch Solarboote sind und nicht alles mit Diesel und die Umwelt verschmutzt.“ (ZNT-1316).

Durch das Rückwärtsfahren in dieser Rettungssimulation nehmen die Schüler/innen eine Relevanz wahr (Z3nKM1), vom Kontext zu abstrahieren und am modellhaften Steckbrett die Polung des Motors genauer zu untersuchen. Dadurch stellen sie auch einen Zusammenhang zwischen der Polung des Motors am Steckbrett und der Fahrtrichtung des Solarbootes her. Folgender Abschnitt zeigt dies exemplarisch, indem der Schüler ausgehend von der falschen Fahrtrichtung (vgl. ZNT2b-976) argumentiert, dass er die Polung des Motors untersuchen möchte (vgl. ZNT2b-986):

ZNT2b

- (975) I: Und?
(976) S2: Ja, es schwimmt in die falsche Richtung.
(977) I: Wie?
(978) S2: Also es schwimmt nach hinten
(979) I: Rückwärts?
(980) S2: Ja
(981) I: Wie kommt das denn?
(982) S2: Ich habe glaube ich, also Plus an Minus gemacht und Minus an Plus. Das ist glaube ich falsch.
(983) I: Warum glaubst du das?
(984) S2: Weil ich jetzt Minus an Plus gemacht habe und das ist, also, jetzt auch (...) jetzt ist
(985) I: Willst das jetzt mal testen hier?
(986) S2: Ja. Hier ist. Ist da Plus oder da?

Darüber hinaus reden die Schüler/innen während der Arbeit am Steckbrett immer wieder über die Fahrtrichtung des Solarbootes, sodass man daraus schließen kann, dass sie einen Zusammenhang herstellen, bzw. die Relevanz wahrnehmen. Dies wird auch durch Aussagen der Nachinterviews belegt, in denen die Schüler/innen diesen Zusammenhang wie folgt beschreiben:

ZNT2a

- (1321) I: Könnt ihr jetzt noch einmal beschreiben, was ihr gerade gemacht habt?
(1322) S2: Wir haben ein Boot gebaut, also jeder für sich mit Licht, also mit
(1323) S1: Solarenergie
(1324) S2: Ja, mit Solarenergie und ja.
(1325) S1: Und dann haben wir auch noch geguckt, ob das jetzt vorwärts oder rückwärts läuft. und dann haben wir, ich sag jetzt mal den Fehler behoben, wieso das jetzt rückwärts läuft und dann haben wir auch noch ein Wettrennen gemacht.
(1326) I: Was war denn der Fehler und wie habt ihr den dann behoben?
(1327) S1: Man muss ja Pluspol und Pluspol aneinander machen und Minus- und Minuspol aneinander machen und manche hatten das verwechselt und Plus und Plus.

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Stärke wird durch die empirischen Daten weitgehend verifiziert. Es zeigt sich, dass die Schüler/innen aufgrund des nachvollzogenen Kontexts eine Relevanz wahrnehmen, sich mit der Polung des Motors genauer zu befassen und zwischen den Kontextebenen hin- und herwechseln können. Ein weitgehender Änderungsbedarf im Bereich der Kontextualisierung kann hier nicht erkannt werden. In Nuancen kann man jedoch sicherlich noch Weiterentwicklungen vornehmen, wie der Bezug zum übergeordneten Kontext hergestellt wird. So könnte man sich auch vorstellen, dass die Schüler/innen der Person der DGzRS in Form von kleinen Videobotschaften Zwischenstände zukommen lassen, auf die die DGzRS antwortet und die Schüler/innen mit weiteren Aspekten/Aufgaben konfrontiert.

Tabelle mit anderen Stärken und Schwächen

Im Folgenden (Tabelle 9.12) werden weitere Ergebnisse der empirisch validierten SWOT-Analysen dargestellt. Dabei werden die verifizierten Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse mit den empirisch erkannten Einschränkungen kurz dargestellt sowie die daraus abgeleiteten Änderungsbedarfe formuliert.

Tabelle 9.12 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der Kontextorientierung		
Lernort	Empirisch belegte Stärken und Schwächen unter dem Aspekt der Kontextorientierung	Dadurch abgeleitete Änderungskonsequenz
ZNT – Segment 1: Einführung der Konstruktionsaufgabe eines Solarboots	<p>Stärke: Kontextwissen aktivieren (Z1nK-St1): Als narrativer Anker strukturiert der Kontext der DGzRS das Segment und definiert die Aufgabenstellungen, indem ein erster Vorschlag für ein Modellrettungsboot mit bestimmten Antrieben entwickelt werden muss.</p> <p>Durch das Aufgreifen der unterschiedlichen Antriebe sowie die Bedingung der DGzRS („umweltfreundlich“) wird das Potential des Kontextes genutzt und die ökologische Perspektive aufgegriffen, um verschiedene Antriebe in Bezug auf alternative, zukunftsfähige Antriebe zu diskutieren. Durch den Kontext der DGzRS entsteht hier also eine Dilemmasituation (schnelle und sichere Antriebe sind nicht umweltfreundlich), wodurch die Komplexität der Thematik angerissen wird.</p>	Aus dieser empirisch belegten Stärke ergibt sich keine Änderungskonsequenz.
DLR – Segment 4: Station „Landenavigation“	<p>Stärke: Bezug zu übergeordnetem Kontext (D4nK-St1): Der übergeordnete Kontext der Marsmission wird aufgegriffen und durch die Landung eines Rovers auf dem Mars mit einer Landevorrichtung erweitert. Dadurch wird die didaktische Strukturierung unterstützt, dass Zusammenhänge zu vorherigen Segmenten hergestellt werden. Der Kontext der Marsmission als narrativer Anker strukturiert somit das Segment, indem die Aufgabe definiert wird, mit Hilfe der ausliegenden Materialien einen geeigneten Lander für ein rohes Ei zu konstruieren und zu testen. Durch die Formulierung der Aufgabenstellung wird diese Dekontextualisierung eingeleitet bzw. explizit thematisiert und das Herstellen von Zusammenhängen zwischen den Kontextebenen unterstützt.</p>	Aus dieser empirisch belegten Stärke ergibt sich keine Änderungskonsequenz, jedoch könnte der übergeordnete Kontext als Anker sicherlich auch noch anders dargestellt werden, indem zum Beispiel ein Video einer gescheiterten Landung gezeigt wird oder ein Forscher den Schüler/innen den Auftrag per Videobotschaft schildert.

	Die Landevorrichtung für das Ei stellt gleichzeitig auch einen Kontext dar, der die Schüler/innen motiviert, sich mit verschiedenen physikalischen und technischen Maßnahmen zur sicheren Landung zu befassen. Durch die konkrete Konstruktion und Erprobung des Ei-Landers wird ein Herstellen des Zusammenhangs zwischen der realen Situation des Landers und abstrakten physikalischen Gesetzen der Mechanik unterstützt, sodass die Schüler/innen auch eine Relevanz dieser physikalischen und technischen Aspekte wahrnehmen.	
Lernort Technik und Natur – Segment 6: Entwerfen eines Bootsrumpfes mit Hilfe des Koordinatensystems	<p>Stärke: Übergeordneter Kontext motiviert Inhalte (W6nK-St1): In diesem Segment werden die Aufgabenstellungen durch den Kontext motiviert, indem die Schüler/innen mit Koordinaten arbeiten, die für den computergesteuerten heißen Draht bei der Fertigung des Rumpfes nötig sind. Dabei unterstützt das Segment, dass die Schüler/innen einen Zusammenhang zwischen der abstrakten Auseinandersetzung mit Koordinaten und der realen Situation der Programmierung des heißen Drahtes für die Rumpfkonstruktion herstellen sowie die Relevanz ihrer Handlungen für den Kontext des Solarbootes wahrnehmen.</p> <p>Das Segment unterstützt dadurch auch, dass die Schüler/innen durch die Fertigung des Rumpfes mit einem computergesteuerten heißen Draht einen Anwendungsnutzen des Koordinatensystems erkennen.</p>	Aus dieser empirisch belegten Stärke ergibt sich keine Änderungskonsequenz.

9.2.2 Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Problemorientierung

Beispielhafte Stärke: Eingebettete Problemlöseaufgabe W6nP-St1:

Skizzierung des Segments 6 (WHV) „Entwerfen eines eigenen Bootsrumpfes mit Hilfe des Koordinatensystems“: Das Ziel des Segments ist bezogen auf die übergeordnete Problemlöseaufgabe, dass die Schüler/innen für die beschriebene Rennsituation einen Bootsrumpf aus Styrodur mit Hilfe eines computergesteuerten heißen Drahts konstruieren müssen. Dieser Rumpf soll im darauffolgenden Segment aus einem Styrodurblock geschnitten werden. Dafür zeigt die leitende Person den Schüler/innen zunächst drei verschiedene

ungeeignete Formen, die die Schüler/innen bewerten sollen, bevor sie eine geeignete Form selbst entwickeln:

„Es geht darum, eine Form zu entwickeln. Kannst jetzt überlegen, wie soll mein Rumpf aussehen? Ich habe hier schon mal ein paar Vorschläge. Was meint ihr zu diesem super Vorschlag? Also, es geht ja noch darum, nochmal, dass wir uns nochmal überlegen. Wir wollen ja ein Rennen fahren zum Schluss. Zwei immer gegeneinander. Wir haben gesehen, es kann Wind kommen von vorne. Wir haben Wellen, wir haben Blätter, die dann auf die Solarzellen fallen können und trotzdem müssen wir uns für irgendeine Rumpfform entscheiden.“

Gemeinsam erstellen die Schüler/innen auf dem Arbeitsblatt in dem Koordinatensystem eine Skizze ihres persönlichen Bootsrumpps. Anschließend erklärt die leitende Person das Computerprogramm, mit dem die Schüler/innen ihre Skizze mittels Koordinaten in den Computer eingeben. Dabei vergleichen sie die entstandene Graphik im Programm mit ihrer designten Rumpfform auf dem Arbeitsblatt, um eventuelle Fehler herauszustellen und zu korrigieren.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Das Segment trägt zur Lösung der übergeordneten Problemlöseaufgabe bei und strukturiert somit die Aufgabenstellungen im Segment. Durch diesen Bezug zur am Anfang dargestellten Rennsituation könnten die Schüler/innen „sicher im Wasser liegen“ (Sicherheit) und „schnell durch das Wasser gleiten“ (Schnelligkeit) als Zielkriterien erkennen (W6nPK1). Außerdem könnten die Schüler/innen so die Überlegungen zu geeigneten Rumpfformen *als relevant wahrnehmen* (W6nPM1), weil sie diese Kriterien in ihrer Form berücksichtigen möchten. Auf dieser Grundlage könnten die Schüler/innen die von der leitenden Person präsentierten Formen wahrnehmen und als Lösungshypothesen bewerten (W5nPK2). Hier könnten sich die Schüler/innen als kompetent wahrnehmen (W6nPM2), weil sie auf Grund ihres Vorwissens die Vorschläge der leitenden Person bewerten können.

Anschließend sollen die Schüler/innen selbst eine eigene Lösungshypothese bilden (W6nPK3) und diese in Form einer Skizze innerhalb eines Koordinatensystems (WHV2-AB2) darstellen. Dadurch, dass sie in Partnerarbeit eine Skizze anfertigen, bewerten sie ihre *Lösungshypothesen* gegenseitig, weil sie sich einigen müssen (W6nPK4). Dadurch, dass eine eigene Lösungshypothese gebildet wird, könnten die Schüler/innen sich hier als wirksam wahrnehmen (W6nPM3). Die Prüfung und abschließende Bewertung der Lösungshypothesen erfolgen in einem darauffolgenden Segment.

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: In beiden begleiteten Gruppen erinnern die Schüler/innen die Konstruktion eines für die Rennsituation geeigneten Rumpfes als Problemsituation und können Zielkriterien heranziehen (W6nPK1), nach denen sie die von der leitenden Person vorgeschlagenen Rumpfe auf Grundlage ihres Vorwissens als Lösungshypothesen bewerten (W6nPK2). Folgende Beispiele zeigen, dass sie sich dabei unter anderem auf Zielaspekte wie die Sicherheit („umkippen“ WHV2a-1557) und die Schnelligkeit, also darauf, dass das Boot gut durch das Wasser gleitet („So würde das Wasser da reingehen und würde feststecken“ WHV2b1688), beziehen:

WHV2a

- (1556) L: [...] Würdet ihr sagen, ja, so könnte mein Rumpf aussehen, das wäre wirklich klasse? Da bin ich der Schnellste und der Beste und mein Boot würde niemals umkippen. Was meinst du?
- (1557) S: Das würde umkippen.
- (1558) L: Das kann umkippen? Warum würdest du sagen, dass das jetzt nicht die richtige Form ist?
- (1559) S: Weil es rund ist (unv.)
[...]
- (1562) L: [...] Wo ist das Problem?
- (1563) S: Es ist auch etwas klein.

WHV2b

- (1686) L: Wieso, wenn jetzt das Wasser da kommt und (...) Ja?
- (1687) S1: Also, dann geht ja das Wasser da rein, aber wie soll das Wasser denn wieder raus? Also in dieses Loch rein und (unv.)
- (1688) S: Wasser da reingeht. So würde das Wasser da reingehen und würde feststecken.
- (1689) L: Aha.
- (1690) S: Dann wäre es langsamer.

Inwieweit sich die Schüler/innen dadurch als kompetent wahrnehmen, kann nicht rekonstruiert werden. Diese zwei Beispiele zeigen aber, dass es den Schüler/innen gelingt, die Vorschläge der leitenden Person auf Grundlage ihres Vorwissens zu bewerten.

Des Weiteren lassen sich verschiedene Belege dafür finden, dass die Schüler/innen begründete *Lösungshypothesen* für eine geeignete Rumpfform bilden (W6nPK3) und diese auf den Arbeitsblättern skizzieren (vgl. WHV2-AB2). Auch hier beziehen sich die Schüler/innen sowohl auf das Zielkriterium der Schnelligkeit („und das Schiff so durchs Wasser kann“ WHV2b-1727) als auch auf die Sicherheit (vgl. WHV2b-1810):

WHV2b

- (1723) I: Wie muss denn jetzt der Rumpf sein? Was meint ihr?
- (1724) S2: Ja, so.
- (1725) S1: Dann machen wir einfach bis hier ganz hinten an die Spitze, bis hier. Jetzt müssen wir nur noch (unv.)
- (1726) I: Wieso wollt ihr eigentlich unbedingt eine Spitze?
- (1727) S1: Ja, damit das Wasser an den Seiten vorbeigeht und das Schiff so durchs Wasser kann. Weil, als wir die Klassenfahrt auf Borkum hatten, war das Schiff auch so und das Wasser ist immer an den Seiten vorbei.

WHV2b

- (1810) S1: Ne, das geht nicht spitzer, weil dann geht das Wasser ja so lang [zeigt, mit den Händen, dass die Solarzellen nass werden]. Dann passen die Solarplatten nicht drauf passen.
- (1811) L: Das passt da schon drauf.
- (1812) S1: Ne.
- (1813) L: Ihr habt ja vorhin gesehen (unv.) da ist noch jede Menge Platz. Ihr könnt

das immer noch spitzer machen.

(1814) S2: Nein, wir machen es hier so, so.

Dabei entstehen Diskussionen zwischen den Schüler/innen, in denen sie die von ihrem Mitschüler/innen vorgeschlagenen Ideen zur Umsetzung als Lösungshypothesen bewerten (W6nPK4), wie folgender Ausschnitt beispielhaft zeigt, in dem eine Lösungshypothese durch die Bewertung des Mitschülers („Ja, das geht gar nicht“ WHV2a-1612) verworfen wird („Dann machen wir einfach das Boot mit der Spitze dran.“ WHV2a-1613):

WHV2a

(1601) S1: (unv.) Spitze. Da machen wir hier ein kleines bisschen von der Spitze weg und dann bauen, eigentlich nicht die ganze Spitze, sondern nur ganz ganz unten machen wir ein kleines Stückchen weg und dann graben wir uns da so durch bis ans Ende des Bootes. Und dann ist es halt so, dass das Wasser, das wir weniger Rückstrom haben. Dass das Wasser halt nicht überall gegen uns kommt, sondern auch, also an uns vorbeifließen kann. Wir haben ja gesehen, da gibt es ja Wellen. Und die Wellen sind so, wenn die Wellen gegen uns kommen, kommen wir nicht weg. Und wenn die dann bei uns neben oder unter uns lang gehen können, dann kommen wir schneller weg. Deswegen.

(1602) S2: Ja, aber deswegen ja eine Spitze.

(1603) S1: Ja, deswegen meine ich genau so, weil die Spitze da auch noch ein bisschen negativ. Weil das Wasser ist so, wenn es so in die Mitte läuft, dann kann es direkt abfließen.

(1604) S2: Ja, aber das fließt ja an der Seite ab. (unv.)

(1605) S1: Ja, aber dann.

(1606) S6: Darf ich mal. (...)

(1607) S1: (unv.) Es geht so, das Wasser geht einmal hier lang und dann geht es hier so rein bei mir. Und wenn es hier so reingeht, dann ist es besser, weil bei der Spitze geht das alles so schnell weg.

[...]

(1612) S2: Ja, aber dann ist das Boot kaputt. (...) Er hat ja auch was. Aber das ist nur der Motor. (...) Ja, das geht gar nicht Leon. Das ist eine schlaue Idee, aber es geht nicht.

(1613) S1: Dann machen wir einfach das Boot mit der Spitze dran. (unv.)

(1614) S2: Ja.

Auch in den Nachinterviews begründen Schüler/innen ihre selbst gebildete Rumpfform als Lösungshypothese, wie folgende Aussage zeigt, in der ein Schüler die spitze Form als Unterstützung der Schnelligkeit begründet: „Weil das Wasser, wenn das Boot jetzt so fährt, läuft das Wasser HIER an der Seite rum. Wenn ich das jetzt aber SO nach innen habe, genau andersrum wie das andere, dann geht das Wasser da rein. Und das geht nicht.“ (WHV2b-2443)

Durch das eigenständige Bilden von Lösungshypothesen nehmen sich die Schüler/innen als kompetent wahr (W6nPM3), weil sie so ihre eigenen Ideen verfolgen können: „Weil jeder hat eine eigene Idee und die sollte er auch fortsetzen. Weil, wenn jetzt zum Beispiel

jeder einfach das Boot machen sollte, das gefällt halt auch nicht jedem. [...]“ (WHV2a-2067). Das selbstständige Bilden von Lösungshypothesen wird von den Schüler/innen als sehr positiv hervorgehoben: „Das hat voll Spaß gemacht. Also für mich war das jetzt nicht wie, das war eine spaßige Aufgabe. Jetzt nicht so, du musst das machen, wenn du fertig bist, kriegst du irgendwas, sondern ja.“, weil die Aufgabe die Schüler/innen herausgefordert und angespornt hat: „Also man hat da schon was, man muss nachdenken, wie man das macht und warum man das macht, aber das ist jetzt nicht so, dass man sagen kann, also ich muss das jetzt so, also man muss schon überlegen, wie man das macht und nicht einfach machen. So. Man muss schon etwas nachdenken.“ (WHV2b-2469)

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Stärke kann also durch die empirischen Daten verifiziert werden. Es zeigt sich, dass die Schüler/innen durch die Offenheit bei der Bildung von Lösungshypothesen herausgefordert sowie motiviert sind und dies als positiv hervorheben. Trotzdem könnte das Segment noch so angepasst werden, dass die Schüler/innen ihre Ideen zunächst ausprobieren können, bevor sie den heißen Draht programmieren, um ihre Lösungshypothesen auch erfahrungsbasiert weiterzuentwickeln.

Beispielhafte Stärke: Klare Darstellung der Problemlöseaufgabe (Z1nP-St1)

Skizzierung des Segments 1 (ZNT) „Einführung der Konstruktionsaufgabe eines Solarbootes“: Das Ziel des Segments ist es hier, die übergeordnete Problemsituation der Konstruktion eines Solarbootes darzustellen. Dazu wird den Schüler/innen als narrativer Anker eine Videobotschaft von „Doris“ (von der DGzRS) gezeigt, aus der sich eine Problemlösesituation ergibt, indem sie beauftragt werden, einen Modellrettungskreuzer zu entwickeln, der schnell, sicher und umweltfreundlich ist:

„Manchmal geraten Menschen an der Küste in Seenot, Schwimmer, Surfer, Segler oder Arbeiter auf Großbauschiffen. Dann rücken die Helfer und Retter der deutschen Gesellschaft für die Rettung Schiffbrüchiger aus. Mit ihren Rettungsbooten sind sie schnell am Unfallort. Diese Rettungsboote müssen ständig weiterentwickelt werden. Wir sind zu Besuch bei der Seenotretterin Doris: Hallo Kinder, ich bin Doris und ich arbeite auf dem Seenotbretterboot ‚Weiße Rose‘ hier in (unverständlich). Könnt ihr Doris helfen? Doris und ihre Kollegen wollen ein neues Seenotrettungsboot bauen. Dieses Rettungsboot muss einiges können. Es muss schnell zu den Menschen fahren können, die in Seenot sind. Das Boot muss zuverlässig sein, auch wenn die Wetterbedingungen schlecht sind oder wenn etwas auf das Boot fällt, muss es funktionieren. Außerdem muss es einen umweltfreundlichen Antrieb haben, damit es dem Klima der Erde nicht schadet. Könnt ihr so ein Rettungsboot für Doris planen? Rettungsboote sind sehr teuer, deswegen möchte Doris das neue Boot an einem Modell testen, bevor sie es in echt bauen lässt. Baut also ein Modell, was die drei Bedingungen erfüllt: das Boot muss schnell sein, es muss auch bei schlechten Bedingungen funktionieren und es muss umweltfreundlich sein. Euer Modell darf aber nicht teurer als 20€ sein, denn das entspricht nämlich bei einem echten Boot einem Wert von einer Million Euro. Zum Schluss werden wir die Modellboote testen. Und jetzt wünsche ich euch noch viel Spaß bei eurem Bau des eigenen Seenotrettungsboots. Tschüss.“

Nachdem die Schüler/innen den Auftrag der DGzRS gehört haben, werden im Plenum Ideen gesammelt, wie ein Boot angetrieben werden kann. Zu den genannten Antrieben erhalten die Schülergruppen je eine kurze Information zu einem bestimmten Antrieb. Die Schüler/innen sollen die Antriebe hinsichtlich der genannten Kriterien bewerten und ein Modellboot skizzieren. Die verschiedenen Antriebsformen werden im Plenum diskutiert.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: In diesem Segment könnten die Schüler/innen die Konstruktion eines Solarbootes als übergeordnetes Problem des gesamten Tages erkennen (Z1nPK1), indem sie einen Auftrag von der DGzRS erhalten und diesen anschließend selbst wiedergeben sollen. Da der Auftrag so formuliert ist, dass ein Modellrettungsboot konstruiert werden soll, welches schnell, sicher und umweltfreundlich ist, könnten die Schüler/innen dazu angeregt werden, den Zielzustand des Solarbootes durch die drei Kriterien (schnell, sicher, umweltfreundlich) ausdifferenzieren (Z1nPK2). Diese Zielklarheit könnte die Relevanzwahrnehmung der Schüler/innen, sich mit Antrieben und der Funktionsweise eines Bootes zu beschäftigen, unterstützen (Z1nPM1). Durch die abschließende Fokussierung der leitenden Person könnten die Schüler/innen es als zu lösendes Problem erkennen, die Bedingungen von der DGzRS mit Hilfe eines Solarantriebes zu erfüllen (Z1nPK3).

Außerdem werden die Schüler/innen dazu angeregt, auf Grundlage ihres Vorwissens Lösungshypothesen mit verschiedenen Antrieben zu bilden und diese hinsichtlich der drei Zielkriterien zu bewerten (vgl. Stärke Z1nP-St2).

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Die Schüler/innen benennen die Konstruktion eines Modellrettungskreuzers selbstständig als Ziel des Tages, was bedeutet, dass sie durch die Videobotschaft angeregt werden, die Problemlöseaufgabe als solche zu erkennen (Z1nPK1) und dadurch auch dazu, die Relevanz der in den nächsten Segmenten folgenden Aufgaben wahrzunehmen (Z1nPM1). Außerdem nennen die Schüler/innen die drei Kriterien, die das Boot erfüllen soll, sodass man belegen kann, dass sie den Zielzustand als solchen wahrnehmen (Z1nPK2):

ZNT2a

- (58) L: [...] Wiederholt einmal bitte die Bedingungen, die so ein Rettungsboot erfüllen muss. (...) Wo fange ich mal an? Fangen wir doch mal bei Karin an. Bitte.
- (59) S4: Sie muss schnell da sein, weil, wenn sie sich nicht lange über Wasser halten kann, dann geht die (unverständlich) weg.
- (60) L: Ja, weg ist noch schön umspielt. Ja genau, Karin, dann nehme doch mal wen dran. Danke für deine Meldung.
- (61) S4: Ronja.
- (62) S1: Es ist bei jedem Wetter, muss es brauchbar sein. Also es kann jetzt nicht, also wenn jetzt zum Beispiel eine Solaranlage auf dem Boot wäre, um das anzutreiben, dann könnte, und, wenn es regnen würde, dann könnte das ja eigentlich nicht funktionieren
- (63) L: Danke. Zuverlässig, ja.
- (64) S1: Tina.
- (65) S2: Und das muss umweltfreundlich sein.

Hier erkennt man auch, dass die drei Zielkriterien von den Schüler/innen direkt nachvollzogen werden, da es ihnen gelingt, eigene Beispiele wie, dass die Solarzelle bei schlechtem Wetter unzuverlässig ist (vgl. ZNT2a-62), heranzuziehen, mit denen sie die Kriterien ausführen.

Zusätzlich beziehen sich die Schüler/innen während der Entwicklung erster Lösungshypothesen mit den verschiedenen Antrieben auf die drei Zielkriterien (Z1nPK2), wie folgender Ausschnitt illustriert, in dem die Zuverlässigkeit diskutiert (vgl. ZNT2a 223) und anschließend entschieden wird, dass das Modellboot deswegen mit zwei verschiedenen Antrieben konstruiert werden soll. Dies belegt, dass die Schüler/innen sich die Kriterien zu eigen gemacht haben und versuchen, ihre Lösungshypothesen bereits danach auszurichten (vgl. Stärke Z1P-St2):

ZNT2a

- (223) S1: Und dann wird es ja auf jeden Fall zuverlässig sein. Nämlich wenn das ausfällt, könntest du noch wegen dem Segel. Und wenn das Segel dann auch nicht geht, dann könntest du dann mit dem Ruderboot noch hin rudern, wenn es dann nicht mehr so viel weiter weg ist. Wenn das jetzt zum Beispiel, du bist da und da ist der Mensch, dann kann es ja auch noch schnell damit
- (224) I: Mit dem kleinen Boot, meinst du?
- (225) S1: Ja

Auch im Nachinterview gelingt es den Schüler/innen, die Konstruktion des Modellrettungsbootes als Problemlöseaufgabe als Aufgabe darzustellen (Z1nPK1) und dabei die drei Kriterien zu benennen (Z1nPK2), die das Boot erfüllen soll:

ZNT2a

- (1332) I: Ok und jetzt hab ihr ja am Anfang auch den Auftrag von der Doris bekommen und was war dann eigentlich da genau der Auftrag?
- (1333) S1: Ein Boot zu bauen, was sehr schnell ist, also zu dem Einsatzort, wo sich gerade jemand befindet oder so oder was auch immer oder ein Boot gekentert ist. Dass es schnell, zuverlässig ist und aber auch bei jedem Wetter und dass es auch, nein das hatte ich schon
- (1334) S2: umweltfreundlich ist
- (1335) S1: Ja umweltfreundlich

Dieser Auftrag wird von den Schüler/innen auch als positiv hervorgehoben, weil sie sich dadurch als kompetent wahrnehmen, als Experten von der DGzRS angesprochen zu werden. Dies zeigt auch, dass die Schüler/innen durch den Auftrag eine höhere Relevanz wahrgenommen haben (Z1nPM1), sich mit den fachlichen Inhalten zu befassen, um die DGzRS als Expert/innen zu unterstützen:

ZNT2b

- (2657) I: Und jetzt nochmal die Doris. Die hat ja zu euch gesprochen, also normalerweise ist es von (unverständlich) nicht so, dass sie Kinder fragen. Findet ihr das jetzt blöd, dass die euch das gesagt hat?
- (2658) S3: Nein, ich finde das eigentlich gut, dass sie uns gefragt hat, weil wir haben ja auch Ideen, wie man sich ein Boot bauen könnte und ich glaube,

wir haben vielleicht auch noch ein bisschen mehr Kreativität als Erwachsene.

(2659) S2: Ich glaube, es wurde auch schon einmal bewiesen, dass Kinder mehr Kreativität haben als Erwachsene.

(2660) S3: Klar, vielleicht denken die Erwachsenen ein bisschen komplizierter und hätten es auch ohne Vorlagen machen können, aber ich finde es toll, dass man ein eigenes Boot entwerfen konnte, so wie man das so wollte.

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Stärke lässt sich anhand der empirischen Daten bestätigen. Diese zeigen auch, dass die Schüler/innen durch die Problemlöseaufgabe motiviert werden und diese als das übergeordnete Problem des Tages erkannt wird. Daraus ergibt sich kein expliziter Änderungsbedarf hinsichtlich der Formulierung der Problemlöseaufgabe.

Beispielhafte Stärke: Problemlöseaufgabe (Z3nP-St1)

Skizzierung des Segments 3 (ZNT) – „Umpolung des Motors“: In diesem Segment testen die Schüler/innen ihre im vorherigen Segment selbst verlöteten Solarboote am Wassertisch. Dafür wird eine Rettungssituation mit Hilfe eines Playmobil-Menschen geschildert und mehrere Boote zur Rettung erprobt. Dabei fahren einige Boote vorwärts und andere Boote rückwärts.

„Das Problem ist jetzt schon zum zweiten Mal aufgetreten? Ida hat das als erstes gehabt. Wir kümmern uns einmal um die drei Boote. Die fahren rückwärts. [...] Könnt ihr euer Boot verändern, dass es nach vorne fährt? [...] So, überlegt mal, welche Ursachen es noch geben könnte, dass das Boot nach hinten fährt?“

Im Plenum werden Ideen gesammelt, woran dies liegen könnte, und einige davon überprüft. Die Schüler/innen vergleichen in einer Gruppe die Boote, die vorwärtsfahren, mit denen, die rückwärtsfahren. Sie stellen verschiedene Hypothesen auf, wie man das Problem beheben kann.

„So, aber wir haben hier gerade Tinas Boot. Vergleicht mal Tinas Boot mit eurem, wenn es nicht nach vorne fährt.“

Dabei nutzen die Schüler/innen auch das Steckboard, um ihre Ideen daran zu überprüfen. Die Polung des Motors wird als Ursache erkannt. Die Schüler/innen, deren Boot rückwärtsfährt, gehen zurück an die Lötstation und polen ihren Motor um. Die anderen unterstützen diese Schüler/innen oder individualisieren ihr Boot mit Stiften. Nach dem Umpolen des Motors werden die Boote erneut am Wassertisch getestet, an dem eine Rettungssituation simuliert wird.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Das Segment trägt zur Lösung der übergeordneten Problemlöseaufgabe, der Konstruktion eines Solarbootes für die DGzRS, bei. Darin eingebettet ist eine weitere kleinere Problemlöseaufgabe, die die Schüler/innen lösen, um die übergeordnete Problemlöseaufgabe zu bewältigen. So könnten die Schüler/innen bei der Prüfung des Solarbootes als Lösungshypothese für die DGzRS wahrnehmen, dass einige Boote

rückwärtsfahren (Z3nPK1). Dies könnten die Schüler/innen als zu lösendes Problem erkennen und den Zielzustand formulieren, dass das Boot vorwärtsfahren soll (Z3nPK2). Dadurch könnte die Relevanzwahrnehmung der Schüler/innen unterstützt werden, sich im Folgenden genauer mit der Schaltung der Solarboote, bzw. mit der Polung des Motors zu befassen (Z3nPM1).

Um das Problem zu lösen, könnten die Schüler/innen selbstständig Lösungshypothesen bilden (Z3nPK3) und diese sowohl am Steckbrett als auch durch den Vergleich verschiedener Solarboote überprüfen (Z3nPK4) und anschließend bewerten (Z3nPK5). Dabei könnten sie wahrnehmen, dass der Motor durch Umpolen in die andere Richtung dreht und so die Drehrichtung als kritisches Attribut der Umpolung herausstellen (Z3nPK6). Somit könnten die Schüler/innen sich durch das Lösen einer herausfordernden Problemlöseaufgabe als kompetent wahrnehmen (Z3nPM2).

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Während der Prüfung der im Segment zuvor selbst verlöteten Solarboote nehmen die Schüler/innen in beiden begleiteten Gruppen wahr, dass einige Boote rückwärtsfahren (Z3nPK1). Der folgende Ausschnitt zeigt beispielhaft, dass die Schüler/innen dies als Problem erkennen („Schüler/innen lachen“ (ZNT2a-937)) und sofort eine Lösungshypothese bilden (Z3nPK3), wie sie das Ziel „Vorwärtsfahren“ (Z3nPK2) erreichen können („Ich hatte das aus Versehen falsch herum. Das muss nämlich anders herum“ (ZNT2a-939)):

ZNT2a

- (936) L: [...] ok, aber beschreib mal bitte. hier ist ja gerade noch was passiert. Vier sind gestartet und drei sind angekommen. Oder wie war das?
- (937) Schüler/innen lachen.
- (938) L: Was war da los?
- (939) S: Ich hatte das aus Versehen falsch herum. Das muss nämlich anders herum
- (940) L: Und jetzt fährt es vorwärts?
- (941) S: Ich muss das umdrehen.
- (942) L: Ja, dann mach das mal.
- [...]
- (949) I: Was hast du jetzt gemacht?
- (950) S3: Ich habe das umgedreht, damit das nach vorne
- (951) L: Schauen wir uns das mal an. Also die nächsten Boote ins Wasser. Was macht Maria denn jetzt? Maria hat eine Wattwanderung gemacht vom Festland Richtung Baltrum und mitten in der Wattwanderung kam offenes Wasser und sie wurde eingeschlossen und mittlerweile steht ihr das Wasser bis zur (unverständlich) und der Rest der Gruppe, mit der sie gewandert ist, hat das gesehen und setzt einen Notruf ab und eure Boote sind gefragt, Maria zu erreichen. Welches ist dein Boot? Ok.
- (952) S: Keiner fährt los.
- (953) L: Was ist da los?
- (954) S6: Gerda, dein Boot fährt vorwärts
- (955) L: Von vier Booten ist eins schon gleich da und Maria ist erreicht und wir fahren durch. Gerda, ist das dein Boot?

(956) S8: Ja

(957) L: Super gehe mal auf die andere Seite.

Außerdem kann man an diesem Ausschnitt bereits erkennen, dass die Schüler/innen ihre Lösungshypothesen von sich aus auch direkt überprüfen möchten (Z3nPK4). So steckt die Schülerin hier direkt das Ruder des Bootes um, um zu untersuchen, ob das Boot in Folge dieser Maßnahme vorwärtsfährt (vgl. ZNT2a-941). Diese Lösungshypothese wird durch die erneute Prüfung dann aber schnell von der Schülerin verworfen, weil sie diese als nicht zielführend bewertet („Nein, das funktioniert noch nicht.“ ZNT2a-958).

Die Schüler/innen setzen sich zusammen an einen Tisch und vergleichen ihre Boote untereinander. Dabei stellen die Schüler/innen Lösungshypothesen auf, wie das Boot verändert werden muss, damit es vorwärtsfährt. Es werden die „Aufsteckrichtung des Propellers“ (vgl. ZNT2a-992), „unterschiedliche Kabelfarben und Kabellängen“ (vgl. ZNT2a-1140 & ZNT2a-1068) sowie „die Ausrichtung der Solarzelle“ (vgl. ZNT2a-1114) als Lösungshypothesen geprüft und wieder verworfen. Dann nehmen sie beim Vergleich eines vorwärts- und eines rückwärtsfahrenden Bootes wahr, dass die Drehrichtung der Propeller unterschiedlich ist (Z3nPK6): „Es dreht sich in die andere Richtung. Es dreht sich in die falsche Richtung. Daran liegt das.“ (ZNT2a-1005) Folgende Situation zeigt, wie die Schüler/innen daraufhin erneut die Kabelfarbe als Lösungshypothese prüfen (Z3nPK4) (vgl. ZNT2a-1141), diese aber erneut als nicht zielführend verwerfen (Z3nPK5), bevor sie die Polung des Motors als Lösung des Problems erkennen (Z3nPK5). So beschreiben die Schüler/innen die Umpolung des Motors als Ziel („Die [Kabel] müssen dann ja hier [am Motor] auch vertauscht werden“ ZNT2a-1176):

ZNT2a

(1132) S1: Die drehen sich alle in die andere Richtung

(1333) S4: Ein Problem, aber wie kann man das machen, dass die sich wieder in die andere Richtung drehen?

(1134) S5: Also, (...) mal überlegen.

(1135) S1: Ja, die, die Solar (unverständlich)

(1136) S2: Ja, weil ich habe nämlich rot bei Plus und schwarz bei Minus (unv.)

(1137) S4: Aber wie können wir das schaffen, dass sich das links herum dreht?

(1138) S2: So, soll ich anschalten?

(1139) S1: Ja.

(1140) S3: Ok, also daran liegt das nicht. Dass also die Kabel anders herum sind.

(1141) S1: Warte, wir probieren einfach mal zwei schwarze aus.

(Schüler reden durcheinander)

(1142) S5: Das dreht sich in die Richtung.

(Schüler reden durcheinander)

(1143) S2: Also daran liegt das auf jeden Fall nicht.

(1144) S4: Sina, fährt dein Boot vorwärts?

(1145) S6: Ja

(1146) S4: Ok, also zwei schwarze Kabel sind das dann schon mal nicht, dass es daran liegt.

[...]

(1168) S2: Fährt eines von euch beiden vorwärts?

- (1169) S4: Und Achtung jetzt
(1170) S3: Jetzt dreht es sich falsch herum. (...) Dann sind die verkehrt herum irgendwie. Keine Ahnung wie, aber irgendwas ist da verkehrt herum?
(1171) S2: Warte mal, warte mal kurz. Drehe mal den Propeller, vielleicht funktioniert das dann, wenn man den Motor dreht.
(1172) S1: Ich glaube aber
(1173) S3: Das muss sich rechts herum drehen, das wissen wir jetzt.
(1174) S1: Links herum
(1175) I: Also was müsst ihr?
(1176) S3: Ja, die müssen ja nicht nur so vertauscht werden. Die müssen dann ja hier auch vertauscht werden

Einige Schüler/innen haben auch bereits mehr Vorwissen über elektrische Schaltungen, sodass es ihnen schneller gelingt, das Problem zu lösen. Auch hier nehmen die Schüler/innen wahr, dass das Boot „in die falsche Richtung“ (ZNT2b976) fährt (Z3nPK1) und aktivieren ihr Vorwissen. Trotzdem finden auch hier Prozesse des Problemlösens statt. So bildet der Schüler die Lösungshypothese (Z3nPK3), dass dies an der Polung des Motors liegt (vgl. ZNT2b-). Durch die anschließende Überprüfung dieser Hypothese (Z3nPK4) bewertet (Z3nPK5) der Schüler diese als zielführend:

ZNT2b

- (975) I: Und?
(976) S2: Ja, es schwimmt in die falsche Richtung.
[...]
(981) I: Wie kommt das denn?
(982) S2: Ich habe glaube ich, also Plus an Minus gemacht und Minus an Plus. Das ist glaube ich falsch.
(983) I: Warum glaubst du das?
(984) S2: Weil ich jetzt Minus an Plus gemacht habe und das ist, also, jetzt auch (...) [Schüler baut Schaltung an Schaltbrett nach] jetzt ist ...
(985) I: Willst das jetzt mal testen hier?
(986) S2: Hier ist. Ist da Plus oder da?
(987) S2: Es dreht sich nach da.
(988) S: Wo haben wir denn diese Scheibe?
(989) S2: Also, es dreht sich nach rechts
(990) I: Und wie herum muss es sich drehen?
[...]
(996) S2: Meins dreht sich nach links. (...) also, habe ich es falsch herum gemacht. Also muss Plus an Plus und Minus an Minus

Beide begleiteten Schülergruppen nehmen sich durch das Lösen der Problemlöseaufgabe als kompetent wahr (Z3nPM2). Dies zeigen Aussagen, wonach sie die Aufgabe als herausfordernd („schon bisschen nachdenken“), aber machbar beschreiben („konnte es schaffen“): „Man musste schon ein bisschen nachdenken, wie man das macht, aber man konnte es schaffen. Ja, also es war nicht unmöglich“ (ZNT2a1489). Antworten der Schüler/innen auf die Frage, ob die Problemlöseaufgabe schwierig zu lösen war, belegen dies: „Ja schon schwierig, aber jetzt haben wir es.“ (ZNT2a 1193) Diese Aussage deutet ebenfalls darauf

hin, dass die Schüler/innen sich hier durch das Lösen einer herausfordernden Problemlöseaufgabe als kompetent wahrnehmen.

Allerdings gibt es auch einige Schüler/innen, die beim Löten der Schaltung im vorherigen Segment länger brauchen und dadurch den Problemprozess nicht bis zum Ende durchlaufen, weil sie die Lösung von ihren Mitschüler/innen übernehmen. Dies zeigt sich z. B. in folgender Situation:

ZNT2b

(1039) S1: Ich mache das, weil Christopher hat das gerade herausgefunden, dass man das Plus und Plus machen soll.

(1040) I: Und glaubst du ihm das?

(1041) S1: Ja

(1042) I: Woher weiß Christopher das denn, dass man das machen muss?

(1043) S1: Er hat das gerade ausprobiert.

Nichtsdestotrotz gelingt es allen begleiteten Schüler/innen, den Begriff der Umpolung aufzubauen und die Drehrichtung als kritisches Attribut herauszustellen (Z3nPK6). So beschreiben die Schüler/innen im Nachinterview, dass man auf die Pole achten muss, damit das Boot vorwärtsfährt:

ZNT2a

(1321) I: Könnt ihr jetzt noch einmal beschreiben, was ihr gerade gemacht habt?

(1322) S2: Wir haben ein Boot gebaut, also jeder für sich mit Licht, also mit

(1323) S1: Solarenergie

(1324) S2: Ja, mit Solarenergie und ja.

(1325) S1: Und dann haben wir auch noch geguckt, ob das jetzt vorwärts oder rückwärts läuft. Und dann haben wir, ich sag jetzt mal den Fehler behoben, wieso das jetzt rückwärts läuft und dann haben wir auch noch ein Wettrennen gemacht.

(1326) I: Was war denn der Fehler und wie habt ihr den dann behoben?

(1327) S1: Man muss ja Pluspol und Pluspol aneinander machen und Minus und Minuspol aneinander machen und manche hatten das verwechselt und Plus und Plus.

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Stärke wird durch die empirischen Daten verifiziert und es zeigt sich, dass die meisten Schüler/innen Prozesse des Problemlösens durchlaufen, wodurch ihre Kompetenzwahrnehmung unterstützt und der Begriff der Umpolung aufgebaut wird. Ein weitgehender Änderungsbedarf wird hier nicht erkannt, jedoch könnten die Differenzierungsmaßnahmen hier noch stärker ausgebaut werden, sodass auch schwächere Schüler/innen diesen Problemlöseprozess durchlaufen können.

Beispielhafte Stärke: Mehrere Optimierungszyklen (D4nP-St1)

Skizzierung des Segments 4 (DLR) „Station Landenavigation“: In diesem Segment wird die Problemsituation aufgemacht, dass ein abgeworfener Roboter heil auf dem Mars landen

muss. Deswegen ist es nötig, einen voll funktionstüchtigen Lander zu konstruieren. Im Sinne einer Problemlöseaufgabe wird das Ziel durch den Leitenden transparent gemacht:

„Eure Aufgabe ist es jetzt, eine kostbare Fracht, und zwar keinen richtigen Roboter, sondern wieder ein Model, sicher zu landen und das ist ein rohes Ei. Ja, also. Ihr sollt also ein Landermodell bauen in klein und das soll, wenn man es aus dem zweiten Stockwerk wirft, sicher wieder unten ankommen. Ihr habt ja schon verschiedene Ideen geäußert, was man machen muss, damit man das abbremst und damit es langsamer wird und damit es abgefedert wird. [...] Ihr habt ja verschiedene Materialien. Sprecht euch wieder gut ab, teilt die Aufgaben auf und ganz wichtig, ihr könnt zwischendurch so kleine Testabwürfe hier aus der Luft machen oder auf diese kleine Leiter steigen. Und um das dann zu optimieren. [...] Damit wir das nicht hiermit machen, habe ich hier ein Ersatz-Ei. Das ist so ein Plastikei. Da sind so Sensoren und da sieht man dann, ob das gut gelandet ist oder nicht. Wenn's grün leuchtet ist es heile, wenn's rot leuchtet, ist es kaputt gegangen. [...] Okay. Ich gebe euch keine Hilfe. Nur wenn ihr fragt, ne, also ich bin hier, wenn ihr irgendwie Hilfe braucht und dann würde ich sagen, ihr baut jetzt mal so, ja, ihr könnt zwischendurch schon mal testen, aber nach, in zwanzig Minuten machen wir mal einen Probeabwurf aus dem zweiten Stock. Und zwischendurch optimiert ihr das Ganze noch, verbessern. Okay.“

Die Schüler/innen arbeiten im Team an der Konstruktion des Landers und können immer wieder kleine Testungen machen, auf deren Grundlage sie den Lander weiterentwickeln. Gemeinsam wird dann ein Testabwurf im Flur aus dem 2. Stockwerk gemacht und im Plenum werden die Beobachtungen gesammelt, um den Lander als Lösungshypothese zu prüfen und zu bewerten.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Die Schüler/innen könnten durch die mehrmalige Testung einen ingenieurwissenschaftlichen Prozess durchlaufen, indem sie mehrere Optimierungszyklen absolvieren. Dadurch unterstützt die didaktische Strukturierung ein hypothetisches Vorgehen und Entwickeln, welches dann erfahrungsbasiert weiterentwickelt werden kann. Somit können die Schüler/innen den Fall beim Probeabwurf wahrnehmen (D4nPK1), die erste Variante als Lösungshypothese prüfen (D4nPK2) und bewerten (D4nPK3), um diese daraufhin aufgrund ihrer Erfahrungen zu optimieren (D4nPK4). Beim abschließenden tatsächlichen Abwurf könnten die Schüler/innen dann ihren optimierten Lander als Lösungshypothese prüfen (D4nPK5) und bewerten (D4nPK6), um einen Begriffsprototypen aufzubauen (D4nPK7), wie ein geeigneter Lander konstruiert sein muss. Gelingt es den Schüler/innen beim zweiten Abwurf mit dem optimierten Lander, dass das Ei heil bleibt, könnten sie sich dadurch als kompetent wahrnehmen (D4nPM1).

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Die begleiteten Gruppen nutzen nicht die Möglichkeit, vor einem ersten Abwurf aus dem 2. Stockwerk kleine Testungen am Arbeitsplatz durchzuführen. Somit nehmen die Schüler/innen erst beim Abwurf aus dem 2. Stock wahr (D4nPK1), wie sich der von ihnen konstruierte Lander als Lösungshypothese verhält, um die Lösungshypothese zu prüfen (D4nPK2) und zu bewerten (D4nPK3). Wie folgendes Beispiel zeigt, prüfen die Schüler/innen ihren Lander als Lösungshypothese und nehmen beim Abwurf z. B. wahr, dass der Fallschirm sich nicht gerade entfaltet (vgl. 2473).

Dies bewerten die Schüler/innen als problematisch („komisch geflogen“) und optimieren anhand dessen ihre Lösungshypothese (D4nPK5):

DLR2b

- (2466) L: Das war ein Testversuch. Also, was hat gut funktioniert?
 (2467) S2: Das ist abgebrochen.
 (2468) L: Ne, aber erst mal was hat gut funktioniert?
 (2469) S3: Die Luftballons waren sehr praktisch.
 (2470) L: Ja, das war richtig weich, ne. Was hat nicht so gut funktioniert? Was wollt ihr verändern?
 (2471) S2: Wir hätten die Bänder besser da dran machen müssen.
 (2472) L: Genau,
 (2473) S3: Und der Fallschirm ist auch etwas komisch geflogen.
 (2474) L: Eins ist abgegangen. Und was noch?
 (2475) S1: Ich würde da noch einen Luftballon hinmachen.
 (2476) L: Okay, und wie fandet ihr ist der Fallschirm geflogen?
 (2477) S3: Ein bisschen schief.
 (2478) S9: Eh, nein, ehm
 (2479) S3: Ein bisschen.
 (2480) L: Ja?
 (2481) S9: Aber hier müsste keiner hin, weil hier diese beiden Federn und der war auch noch zusätzlich.
 (2482) L: Okay.
 (2483) S9: Und da müsste keiner hin.

Somit entwickeln die Schüler/innen ihre Lösungshypothese erfahrungsbasiert weiter. Die andere Gruppe leitet z. B. die Weiterentwicklung aus ihren Beobachtungen ab, dass der Lander zu schwer ist und sie deswegen weniger Kies in ihrer Konstruktion nutzen möchten (vgl. DLR2a-2747-2751). Dies bestätigt sich auch durch das Nachinterview, indem die Schüler/innen den erfahrungsbasierten Prozess der Entwicklung auf Grundlage der Beobachtungen bei der Testung beschreiben: „Wir haben das ja gesehen wie er runtergefallen ist und dann haben wir auch gesehen, dass die Bänder nicht richtig fest waren. Dann haben wir die besser gemacht und das mit dem Luftballon halt ziemlich gut war. Dann haben wir eins geplatzt, um das Ei wieder raus zu holen. Und dann haben wir den da wieder zu gemacht.“ (DLR2b-2953)

Durch die Weiterentwicklung der Landevorrichtungen gelingt es beiden Gruppen, einen Lander zu konstruieren, sodass das Ei bei der zweiten Testung der Lösungshypothese heil bleibt. Dadurch können die Schüler/innen einen Begriffsprototypen für einen erfolgreichen Lander aufbauen (D3nPK7) und sich als kompetent wahrnehmen (D4nPM1), was Ausrufe wie „JAA!“ (DLR2b2910) oder die Verneinung auf die Frage, ob sie ihren Lander noch weiterentwickeln wollen würden („Ich bin eigentlich ganz zufrieden.“ (DLR2b-2979)) belegen. Trotzdem zeigt sich, dass die Gruppen auch hier wieder ihre Lösungshypothese kritisch bewerten (D4nPK6) und daraus erneut Ideen für eine Weiterentwicklung der Lösungshypothese ableiten (D4nPK4):

DLR2b

(2910) S1: JAA!

(2911) L: YEAH. Mission erfüllt. Sehr gut, herzlichen Glückwunsch. Okay, wartet nochmal ganz kurz. Okay, es ist schon gut gefallen, aber man hätte wahrscheinlich noch ein bisschen was ändern können. Was würdet ihr...?

(2912) S5: Ohne Ei nochmals fallen lassen.

(2913) L: in Zukunft nochmal ändern? Jetzt haben wir keine Zeit mehr, aber sonst, was könnte man noch verbessern? Ja?

(2914) S3: Ich würde, ich würde den Fallschirm ohne diese Strohhalm machen.

(2915) L: Okay, warum?

(2916) S3: Und eher zu einem Bogen.

(2917) L: Mh.

(2918) S3: Weil dann kann ja die Luft von unten besser rein und dann hätte es langsamer.

(2919) L: Genau, was noch?

(2920) S2: Ich hätte beim Fallschirm die Seile gleich lang gemacht, weil dann würde das auch besser fallen, weil sonst sind die einen Seile kürzer und dann fällt der irgendwie schräg. Bringt ja auch gar nichts.

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Stärke lässt sich also durch die empirischen Daten verifizieren und es zeigt sich, dass die Entwicklung von Lösungshypothesen erfahrungsbasiert weiterentwickelt werden und es den Schüler/innen so durch die mehrfache Testung gelingt, die Problemlöseaufgabe erfolgreich zu lösen. Ein weiterer Änderungsbedarf wird hier nicht erkannt. Um das Potential der erfahrungsbasierten Weiterentwicklung noch stärker zu nutzen, könnte sie weiter ausgebaut werden, indem die Beobachtungen z. B. durch technische Hilfsmittel wie eine Videoanalyse unterstützt werden.

Beispielhafte Stärke: Problemlöseprozess wird unterstützt (D3nP-St1)

Skizzierung des Segments 3 (DLR) „Station Vakuum“: Die Schüler/innen sammeln in einem Plenumsgespräch, welchen Gefahren ein Astronaut im Weltraum ausgesetzt ist, wenn er die Rakete verlässt. Es wird thematisiert, dass die Astronauten einen Anzug benötigen, der im Folgenden untersucht werden soll. Nachdem die leitende Person die Technik der Vakuumlöcke erklärt hat, äußern die Schüler/innen Hypothesen, was im Vakuum mit dem Modellanzug passiert. Gemeinsam wird dies im Vakuum mit Hilfe eines Luftballons untersucht, mit dem Leitenden werden die Beobachtungen gesammelt und mit Hilfe des fehlenden Gegendrucks erklärt. Die Bedeutung der Beobachtung für den Raumanzug wird diskutiert und es wird herausgestellt, dass der Raumanzug luftdicht sein muss, sich aber nicht wie der Luftballon bis zum Platzen ausdehnen darf. Die Schüler/innen erhalten die Problemlöseaufgabe, mit Hilfe der ausliegenden Materialien einen Weg zu finden, wie man den Modellraumanzug erweitern kann, damit er nicht platzt:

„Also luftdicht ist der Luftballon schon mal, aber die Gummihaube ist nicht stabil genug. Wir brauchen irgendwas, was dafür sorgt, dass der Raumanzug nicht platzt.“

Eure Aufgabe ist es jetzt, einen besseren Modellraumanzug zu entwickeln und das auszuprobieren. Dafür habt ihr verschiedene Materialien. So einen kleinen Jutebeutel, also so Stoff, ne, einmal eine Plastikbox, und auch noch Alufolie, die könnt ihr auch noch abmachen und irgendwas damit machen. Ja? Ihr überlegt euch gleich als Ziel, wie ihr den Raumanzug verändern wollt, damit der auch nicht platzt. Okay? Habt ihr schon Ideen?“

Später kommt noch das Kriterium „Beweglichkeit“ hinzu und die Schüler/innen haben Zeit, ihren Anzug erneut weiterzuentwickeln. Anschließend thematisiert der Leitende, dass sich die Astronauten bei einem Außeneinsatz unterhalten müssen. Die Schüler untersuchen daraufhin gemeinsam mit der leitenden Person anhand eines Weckers den Schall im Vakuum. Dabei bilden die Schüler/innen erneut zunächst Hypothesen, beobachten dann und versuchen diese dann zu erklären. Die Schüler/innen übertragen dies auf den Raumanzug, der also eine Funkverbindung braucht.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: In diesem Segment ist zwischen zwei Plenarphasen eine Problemlöseaufgabe eingebettet. Dabei wird als erste Lösungshypothese ein Luftballon als Modellraumanzug präsentiert und durch das Platzen eine Problemsituation dargestellt. Die Schüler/innen erhalten den Auftrag, den Modellraumanzug so weiterzuentwickeln, dass ein Astronaut darin einen Außeneinsatz erledigen kann. Dadurch könnten die Schüler/innen die Erweiterung des Modellraumanzuges als zu lösendes Problem erkennen (D3nPK1) und eine Relevanz in der Untersuchung verschiedener Konstruktionen in einer Vakuumglocke wahrnehmen (D3nPM1). Zunächst wird der Zielzustand „stabil“ durch die leitende Person hineingegeben, später durch „beweglich“ ergänzt, sodass die Schüler/innen diese nacheinander als Zielkriterien erkennen (D3nPK2, D3nPK7).

Den Schüler/innen stehen verschiedene Materialien zur Lösung des Problems zur Verfügung, die eine eingeschränkte Offenheit ermöglichen. Die Schüler/innen könnten dadurch eigene Lösungshypothesen bilden (D3nPK3), indem sie den Anzug mit den ausliegenden Materialien erweitern. Da die Schüler/innen gemeinsam arbeiten, könnten sie die Lösungshypothesen ihrer Mitschüler/innen bewerten und sich auf eine Lösungshypothese einigen (D3nPK4). Anschließend könnten sie diese mit der Vakuumglocke überprüfen und wahrnehmen, wie sich diese verhält (D3nPK5). Durch ihre Beobachtungen an der Vakuumglocke könnten die Schüler/innen ihre Lösungshypothesen daraufhin bewerten (D3nPK6), ob das Problem hinsichtlich der Stabilität bzw. später hinsichtlich der Beweglichkeit gelöst ist, um eventuell ihre Lösungshypothesen zu erweitern und erneut zu prüfen. Dadurch könnten die Schüler/innen einen Begriffsprototypen für einen Raumanzug bilden (D3nPK7), in dem ein Astronaut überleben kann. Außerdem könnten die Schüler/innen sich durch die Lösung des Problems hier als wirksam wahrnehmen (D3nM2).

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Die Schüler/innen erkennen die Erweiterung des Modellanzuges als zu lösendes Problem (D3nPK1), was sich durch Aussagen wie „Man muss die Vergrößerung aufhalten.“ (DLR2b1291) zeigt. Dabei gelingt es den Schüler/innen, die von der leitenden Person genannten Zielkriterien zu übernehmen und den Raumanzug diesbezüglich zu erweitern. So erkennen sie sowohl die Stabilität als Zielkriterium: „Der soll [luft]dicht sein und nicht zerplatzen.“ (DLR2a-1369) als auch die Beweglichkeit wie folgender Ausschnitt zeigt, in dem die Schüler/innen nach Erfüllen des

Zielkriteriums „stabil“ selbst das Kriterium der Beweglichkeit unter Anleitung der leitenden Person einbringen:

DLR2a

- (1477) L: Habt ihr. Das ist schon mal sehr gut. Jetzt stellt euch vor, ihr seid im Weltall, habt so eine Gummihaut um euch drum, das ist der Luftballon, und dann macht ihr eine Riesenplastikbox drum herum. Was ist dann?
- (1478) S2: Dann kann man sich nicht richtig bewegen.
- (1479) L: Ne, ne.
- (1480) S5: Dann müssen wir eben irgendwie einen Astronauten formen.
- (1481) L: Also die Idee ist schon gut, aber die Beweglichkeit ist sehr eingeschränkt, wie Paulina gesagt hat.
- (1482) S2: Er kann sich nicht bewegen.

Dies lässt sich auch durch die Nachinterviews bestätigen, in denen die Schüler/innen die Problemlösesituation darstellen und dabei die beiden Zielkriterien benennen: „Also wir haben über das Vakuum geredet. Und als ein Luftballon, das war unser Modell von einem Raumanzug. Den haben wir versucht so zu machen, dass er nicht platzt. Aber dass er halt auch nicht steif ist (unv.) in einer Position stehen kann. Halt dass er beweglich ist. Ja.“ (DLR2b-1695) Anhand all dieser Aussagen, in denen die Schüler/innen die Ziele beschreiben können, kann man auch darauf schließen, dass die Schüler/innen eine Relevanz wahrnehmen, die verschiedenen Konstruktionen um den Luftballon als Modellanzug in der Vakuumglocke zu untersuchen (D3nPM1).

Um den Modellanzug mit den ausliegenden Materialien zu erweitern und die Zielkriterien zu erfüllen, bilden die Schüler/innen unterschiedliche Lösungshypothesen (D3nPK3) und bewerten dabei auch die der Mitschüler/innen (D3nPK4), um sich auf eine gemeinsame Lösungshypothese zu einigen. Es gibt zahlreiche Stellen in den Transkripten, die dies belegen. Beispielhaft wird hier illustriert, wie eine Schülerin eine Lösungshypothese für das Zielkriterium „stabil“ einbringt (vgl. 1311 & 1314). Die Mitschüler/innen bewerten diese Lösungshypothese als sinnvoll (vgl. 1321) und einigen sich auf diese, um sie mit den Materialien umzusetzen:

DLR2b

- (1311) S2: Alufolie ist ja nur, damit das schützt, der Stoffbeutel ist nur, damit das gegen die Alufolie schützt, weil ist ja scharf.
- [...]
- (1313) I: Was meinstest du, Leonie?
- (1314) S2: Ich meine, dass wenn man das nur in den Beutel tut und den dann zu macht, dann ist da ja trotzdem keine Luft mehr, dann dehnt er sich nicht aus, aber weil er sich nicht so doll ausdehnen kann, weil der Beutel ja noch so klein ist, würde er dann schon auf so einer Größe platzen.
- (1315) I: Okay.
- (1316) S2: Aber (unv.) den da.
- (1317) S3: Wir müssen erstmal was abmachen.
- (1318) S2: Ich würde vielleicht den da [in den Jutebeutel] rein tun.

- (1319) S3: Und dann mit Alufolie benutzen.
 (1320) S2: Und DANACH Alufolie.
 (1321) S3: Ja, okay, aber ich habe gedacht, du meinst das ohne Alufolie.
 (1322) S2: Nein.

Die Schüler/innen prüfen ihre Lösungshypothesen anschließend in der Vakuumglocke und nehmen wahr, wie sich diese verhalten (D3nPK5), um diese daraufhin zu bewerten, inwieweit die Zielkriterien erfüllt sind (D3nPK6). Allerdings werden die Schüler/innen dabei engmaschig durch die leitende Person geführt. So werden sie zunächst durch die leitende Person angeleitet, ihre Beobachtungen zu beschreiben und dann checklistenartig abgefragt, inwieweit die Zielkriterien erfüllt sind:

DLR2a

- (1761) L: Also, was habt ihr beobachtet, als euer Modellraumanzug im Jutebeutel war?
 (1762) S2: Er ist als erstes größer geworden und dann wieder geschrumpft.
 (1763) L: Genau. Und der Jutebeutel hat das seine Funktion erfüllt? Stabilität aber nicht platzen.
 (1764) S2: Ja.
 (1765) L: Und der Stoff, es ist trotzdem beweglich.
 (1766) S1: Ja.

Es gelingt den Schüler/innen, durch das Lösen der Problemlöseaufgabe einen Begriffsprototypen zu bilden, der umfasst, was ein Astronautenanzug können muss (D3nPK7), sodass sie im Nachinterview luftdicht, stabil und beweglich als Bedingungen für einen geeigneten Raumanzug nennen können, wenn auch mit anderen Begriffen:

DLR2a

- (1931) I: Okay, und wie muss jetzt der Raumanzug sein? Was habt ihr jetzt herausgefunden?
 (1932) S5: Aus Stoff.
 (1933) I: Warum?
 (1934) S5: Weil das nicht platzt.
 [...]
 (1942) S2: Das muss, da muss halt viel Luft drin sein [...] und halt man muss sich drin bewegen können.

Des Weiteren nehmen sich die Schüler/innen durch die Lösung des Problems als wirksam wahr (D3nM2), was sich durch Ausrufe wie „Ja, wir haben es geschafft!“ (DLR2a-1466) oder „Ja, wir haben es gut gemacht!“ (DLR2a-1476) belegen lässt. Dies wird unterstützt durch Aussagen der Schüler/innen die im Nachinterview das Prüfen („ausprobieren“ DLR2a-1965) der Lösungshypothesen nennen, auf die Nachfrage, warum ihnen „alles“ (vgl. DLR2a-1963) an der Station gefallen hat: „Dass man das eben ausprobieren konnte und ja dass man da auch, was man konnte, was man sonst nicht wusste [...]“.“ (DLR2a-1965)

Änderungskonsequenz Die in der Analyse herausgearbeitete Stärke lässt sich durch die empirischen Daten verifizieren und es zeigt sich, dass Prozesse des Problemlösens in diesem Segment unterstützt werden, wodurch sich die Schüler/innen als kompetent

wahrnehmen. Bei der Bewertung der Lösungshypothesen werden die Schüler/innen engmaschig durch die leitende Person geführt. Ein konkreter weiterer Änderungsbedarf scheint für dieses Segment nicht notwendig zu sein.

Tabelle mit anderen Stärken und Schwächen

Im Folgenden (Tabelle 9.13) werden weitere Ergebnisse der empirisch validierten SWOT-Analysen dargestellt. Dabei werden die Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse mit den empirisch erkannten Einschränkungen kurz dargestellt sowie die daraus abgeleiteten Änderungsbedarfe formuliert.

Tabelle 9.13 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der Problemorientierung		
Lernort	Empirisch belegte Stärken und Schwächen unter dem Aspekt der Problemorientierung	Dadurch abgeleitete Änderungskonsequenz
DLR – Segment 4: Station „Landenavigation“	Stärke: <i>Unterstützung von Problemlösen (D4vP-St1)</i>: Das Segment wird durch eine Problemlöseaufgabe strukturiert. So wird zu Beginn durch den narrativen Anker eine Problemlösesituation durch die Landung auf einem fremden Planeten dargestellt und das Ziel klar formuliert: Es soll mit Hilfe der ausliegenden Materialien ein Modelllander konstruiert werden, sodass ein Ei heil aus dem 2. Stock geworfen werden kann. Die didaktische Strukturierung unterstützt so, dass die Schüler/innen Lösungshypothesen bilden, diese prüfen und bewerten.	Hieraus ergibt sich zunächst keine Änderungskonsequenz, jedoch könnten sicherlich noch verschiedene Materialien für die Konstruktion zur Verfügung gestellt werden, sodass die Schüler/innen mehr Möglichkeiten für ihre Lösungshypothesen haben.
ZNT – Segment 1: Einführung der Konstruktionsaufgabe	Stärke: <i>Problemlöseweg offen, bevor fokussiert wird (Z1nP-St2)</i>: In diesem Segment wird unterstützt, dass die Schüler/innen selbstständig Lösungshypothesen bilden, wie man ein Modellboot konstruieren kann, indem sie eine Skizze zu verschiedenen Bootsantrieben anfertigen. Es wird so ermöglicht, dass die Schüler/innen ihr Vorwissen aktivieren, so kreative Lösungshypothesen formulieren und diese hinsichtlich bestimmter Kriterien aus dem Auftrag der DGzRS prüfen und bewerten. Die Schüler/innen nehmen sich hier als kompetent wahr, weil sie ihre eigenen Ideen einfließen lassen können. Der Weg, wie erste Lösungshypothesen für die Konstruktion eines Modellbootes gebildet werden, ist hier also erst offen, bevor dann auf ein Modellsolarboot mit bestimmten Materialien und Bauteilen fokussiert wird.	Aus dieser Stärke ergibt sich keine konkrete Änderungskonsequenz, jedoch könnte man die Fokussierung auf die Konstruktion eines Solarbootes in Nuancen noch anders gestalten, indem z. B. eine weitere Videobotschaft der DGzRS eingesetzt wird.

9.2.3 Ergebnisse der SWOT-Analyse in weiteren Segmenten – Analysedimension Autonomieorientierung

Beispielhafte Stärke: Selbstkontrolle wird unterstützt (W6nA-St2)

Skizzierung des Segments 6 (WHV) „Entwerfen eines eigenen Bootsrumpfes mit Hilfe des Koordinatensystems“: In diesem Segment entwickeln die Schüler/innen selbsttätig in Partnerarbeit eine Planungsskizze für den Bootsrumpf, wie bereits oben beschrieben. Dafür zeigt die leitende Person zunächst drei verschiedene ungeeignete Formen, die die Schüler/innen im Plenum bewerten sollen, bevor sie eine geeignete Form selbstständig entwickeln. Die Schüler/innen erstellen auf einem Arbeitsblatt in einem Koordinatensystem ihre persönlich Planungsskizze, bei der sie frei entscheiden können, wie sie diese gestalten und sind nur durch die Größe des Zeichenfeldes sowie die Möglichkeiten des heißen Drahts (nur 2D) eingeschränkt:

„Dann bekommt ihr jetzt zu zweit in der Gruppe ein Blatt, ja, wo ihr jetzt eure Zeichnungen anfertigen könnt. Also ist es jetzt bei euch zu sagen, wie soll unser Rumpf jetzt aussehen. Ihr könnt also entscheiden, ob ihr zu zweit einen Rumpf macht, oder ob ihr jeder einen Rumpf machen wollt. Vielleicht sagt ihr, oh wir haben jetzt eine ganz tolle Form gefunden, die machen wir beide. Wenn nicht, macht ihr zwei verschiedene. Ja?“

Dadurch, dass bei der Eingabe von Koordinaten eine graphische Rückmeldung gegeben wird, haben die Schüler/innen die Möglichkeit, sich selbstständig mit dem Computerprogramm auseinanderzusetzen und Fehler selbst zu erkennen. Die Schüler/innen helfen sich gegenseitig:

„Und kommen dann hier in dieses Programm. Wir klicken dann hier auf direkt. Und haben dann so ein Karomuster. Wie wird jetzt die Zeichnung von eurem Papier hier übertragen? Hier sehen wir also so ein Eingabefeld. Da kann man was reinschreiben. Und zwar schreibt man da Folgendes da rein. [...] Und so könnt ihr jetzt weiter euren Rumpf entwickeln, bis die Zeichnung ganz fertig ist.“

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Die didaktische Strukturierung unterstützt, dass die Schüler/innen sich selbstständig mit der Entwicklung einer Planungsskizze auseinandersetzen und dabei selbst Entscheidungen fällen, wie der Rumpf gestaltet wird (vgl. Stärke W6nA-St1).

Eine weitere Stärke des Segments hinsichtlich der Autonomieorientierung ist, dass während der Arbeit am Computer das Potential des Programms genutzt wird. So wird unterstützt, dass die Schüler/innen sich selbsttätig mit der Funktionsweise der Koordinaten zur Programmierung des heißen Drahts auseinandersetzen. Zunächst könnten die Schüler/innen die Erklärung der leitenden Person wahrnehmen (W6nAK10), um dann den Begriff der Koordinate anzuwenden (W6nAK12) und die Eckpunkte der Skizze auf dem Arbeitsblatt als Koordinaten in den Computer zu übertragen. Durch die Funktionsweise des Computerprogramms zur Programmierung des heißen Drahtes könnten die Schüler/innen das externe Handlungsziel übernehmen, ihre Skizze in Form von Koordinaten darzustellen, Handlungsschritte zu planen und durch die grafische Rückmeldung des Programms ihre

Handlungsschritte zu bewerten (W6nAK11), um sich bei Fehlern ggf. selbst zu korrigieren. Dadurch, dass die Schüler/innen aktiv mit einem professionellen Computerprogramm arbeiten und sich selbstständig korrigieren können, könnten die Schüler/innen sich hier als autonom (W6nAM7) und kompetent (W6nAM8) wahrnehmen.

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: Es gelingt den meisten Schüler/innen der Erklärung des Computerprogramms durch die leitende Person zu folgen und wahrzunehmen, wie dieses funktioniert (W6nAK10), sodass die Schüler/innen im Anschluss beschreiben können, wie sie mit Hilfe von Koordinaten ihre Skizze in das Computerprogramm übertragen können:

WHV2a

(1841) I: Was musst du jetzt eingeben?

(1842) S1: Zu P 50, so. Dann nochmal. Jetzt habe ich 50 und dann zu nochmal 50 und dann zack. Dann muss ich einmal zu 20. ZP 20. Und 50. So und jetzt wieder von.

Dies zeigt, wie die Schüler/innen das externe Handlungsziel übernehmen (W6nAK11), ihre Skizze in Koordinaten zu übertragen und dabei den Begriff der Koordinate anwenden (W6nAK12), um die Eckpunkte ihrer Skizze in Koordinaten übertragen können. Durch die grafische Rückmeldung des Programms gelingt es den Schüler/innen, sich selbst zu korrigieren. Eine Schülergruppe erkennt, dass die grafische Rückmeldung bei der Eingabe der Koordinaten nicht mit der Skizze übereinstimmt und korrigiert sich selbstständig:

WHV2b

(2059) S2: Warte. (...) ZP 50.

(2060) S1: 50.

(2061) S2: Ja?

(2062) S1: Ja, nochmal.

(2063) S2: Und?

(2064) S1: Noch mal 50. 50, 50. (...) Jetzt wieder.

(2065) S2: ZP.

(2066) S1: 50, gar nicht, mach noch mal 50 weg. ZP 20, ZP 50. (...) Jetzt wieder hoch.

Einige Schüler/innen haben aber auch zunächst Schwierigkeiten beim Eingeben der Koordinaten, weil sie bei der Erklärung nicht genau wahrgenommen haben (W6nAK10), wie das Programm funktioniert.

WHV2b

(1944) I: Wie hat er das denn gerade vorne gemacht?

(1945) S1: Weiß ich ja nicht.

Er/sie lässt sich von Mitschüler/innen helfen, sodass es ihm/ihr trotzdem gelingt, die Skizze in Koordinaten zu übertragen (vgl. WHV2a-1779) und somit den Begriff der Koordinate anzuwenden (W6nAK12). Daraus kann man schließen, dass er/sie sich hier eventuell nur eingeschränkt als selbstwirksam (W6nAM8) und autonom (W6nAM7) wahrgenommen hat, weil er/sie zwar Hilfe benötigt hat, aber nicht die der leitenden Person. Stattdessen haben die Schüler/innen die Aufgabe durch Zusammenarbeit geschafft:

WHV2a

- (1773) S1: Also bis hier oben hin?
- (1774) S1: Ja, aber das soll hier erstmal so gerade zeichnen. (...) Wie soll man das gerade zeichnen? Das ist Leons Bild. Aber meins soll erstmal, da ist der Zielpunkt. Da soll so gerade bis 90.
- (1775) S1: 90. Ja, und wie hoch soll der sein? Also der soll von 90 bis 200 oder was?
- (1776) S2: Von 90 bis 210.
- (1777) S1: Ne, du musst hier [auf der Y-Achse] eine Zahl aussuchen.
- (1778) S2: Achso.
- (1779) S1: Also 90, ich würde sagen 70, weil das genau die Mitte ist.
- (1780) S2: Ja, 70.

Dies belegt auch das Nachinterview, in dem die Schüler/innen den Grad der Autonomie (W6nAM7) trotz Einschränkungen als angemessen beschreiben und die Frage verneinen, ob sie gerne mehr Freiraum gehabt hätten: „Hätte er das jetzt nicht erklärt, dann wüssten wir jetzt auch nicht, wie wir es machen sollen.“ (WHV2a-2013). Des Weiteren beschreiben die Schüler/innen im Nachinterview, wie sie die Skizze in Koordinaten übertragen haben und wie sie die Aufgabe gelöst haben. Hier äußern sie, dass sie „noch nie“ (WHV2b-2472) mit Koordinaten gearbeitet haben, es aber dennoch „dann ging“ (WHV2b-2477), also von den Schüler/innen bewältigt wurde. Daraus kann man schließen, dass die Schüler/innen sich hier als selbstwirksam wahrgenommen (W6nAM8) haben:

WHV2b

- (2470) I: Ok. Und ihr habt das ja jetzt da in den Computer eingegeben mit den Punkten, nech. Hattet ihr damit schon mal gearbeitet oder war das jetzt neu für euch?
- (2471) S2: Nein.
- (2472) S1: Noch nie.
- (2473) S2: Also ich habe das noch nie gemacht.
- (2474) I: Ok, auch von der Schule kanntet ihr das noch nicht?
- (2475) S2: Nein, da haben wir das auch noch nicht gemacht.
- (2476) I: Und wie konntet ihr das dann so gut lösen in dem Moment? Also, was war da vielleicht auch schwierig, wenn das noch nicht bekannt war?
- (2477) S1: Ja, wir haben dann erstmal nachgefragt, wie es geht und dann haben wir uns irgendwie selber eingeteilt, sie hat das alles in den Computer eingegeben und ich habe dann einfach gesagt, was sie eingeben muss und dann ging's.

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Stärke lässt sich hier also durch die empirischen Daten verifizieren. Zwar zeigt sich, dass einige Schüler/innen eine stärkere Fremdsteuerung benötigen, welche durch die gegenseitige Unterstützung der Schüler/innen untereinander aber so gegeben ist, dass sie sich trotzdem als autonom und kompetent wahrnehmen können und Prozesse des Planvollen Handelns stattfinden. Daraus ergibt sich der Änderungsbedarf, dass Formen der Differenzierung bei der Übertragung der Skizze in die Koordinaten angewendet werden. So sollten Schüler/innen mit Schwierigkeiten z. B. auf einer Hilfekarte erneut nachschauen können, wie das Computerprogramm funktioniert, wenn sie der Erklärung des Leitenden nicht so schnell folgen konnten.

Beispielhafte Stärke: Selbsttätigkeit der Schüler/innen (D3nA-St1)

Skizzierung des Segments 3 (DLR) „Station Vakuum“: Die Schüler/innen sammeln in einem Plenumsgespräch, welchen Gefahren ein Astronaut im Weltraum ausgesetzt ist, wenn er die Rakete verlässt (s.o.). Die Schüler/innen äußern Hypothesen, was im Vakuum mit dem Modellanzug passiert. Gemeinsam wird dieser im Vakuum anhand eines Luftballons untersucht. Dabei können die Schüler/innen die Vakuumblocke unter Anleitung selbst bedienen. Zusammen mit dem Leitenden werden die Beobachtungen anschließend gesammelt und mit Hilfe des fehlenden Gegendrucks von dem Leitenden erklärt, wobei die Schüler/innen durch aktive Bewegungen in die Erklärung eingebunden werden. Später kommt noch das Kriterium „Beweglichkeit“ hinzu und die Schüler/innen entwickeln den Anzug erneut weiter. Im Plenum wird gemeinsam anhand eines Weckers der Schall im Vakuum untersucht. Dabei bilden die Schüler/innen erneut selbstständig Hypothesen, beobachten dann und versuchen, die Beobachtungen zu erklären. Die Schüler/innen übertragen dies auf den Raumanzug, der also eine Funkverbindung braucht.

Fachdidaktische SWOT-Analyse: Die didaktische Strukturierung unterstützt, dass die Schüler/innen sich in diesem Segment selbsttätig mit der Vakuumblocke auseinandersetzen. So könnten die Schüler/innen sich als kompetent wahrnehmen (D3nAM1), weil ihnen zuge-
traut wird, die Vakuumpumpe selbst zu betätigen. Die Aufgabenstellung, einen Modellanzug zu konstruieren, könnte dabei unterstützen, dass die Schüler/innen Handlungsschritte planen (D3nAK1) und durch die verschiedenen ausliegenden Materialien selbst zwischen Handlungsalternativen entscheiden können (D3nAK2). Durch diese aktive, selbstgesteuerte Auseinandersetzung mit den Lerngegenständen könnten die Schüler/innen sich als autonom wahrnehmen (D3nAM2). Des Weiteren wird unterstützt, dass die Schüler/innen ihr Vorwissen aktivieren und sich so einbringen können (vgl. Stärke D3n-St2) sowie durch die aktiven Bewegungen der Hände, durch welche der Gegendruck spürbar gemacht werden soll, bei der Erklärung mit einbezogen werden (vgl. Stärke D3n-St3).

Empirische Validierung des SWOT-Analyseergebnisses: In diesem Segment planen die Schüler/innen selbst ihre Handlungsschritte (D3nAK1) und entscheiden zwischen Handlungsalternativen (D3nAK2), indem sie die ausliegenden Materialien verwenden, um einen Modellraumanzug zu konstruieren. Wie folgt motiviert der Leitende Schüler/innen, selbst Handlungsschritte zu planen und diese umzusetzen: „Ihr könnt das machen, wie ihr möchtet“ (DLR2a-1279). Außerdem wird deutlich, dass die Schüler/innen selbst entscheiden, welche Materialien, (Plastikbox, Jutebeutel, Alufolie) sie verwenden, um dann über Handlungsalternativen zu entscheiden („Überlegt gemeinsam, was ihr machen wollt.“ (DLR2a1292)):

DLR2a

- (1275) L: Erst mal die Idee. Wie kann man den Raumanzug verändern? Julian.
- (1276) S5: Also um den Ballon Alufolie machen und dann diesen kleinen Sack dann halt rein, also drum rum (unv.) und dann den Sack danach noch da [Plastikbox] reinmachen.
- (1277) L: Okay, was hast du noch für eine Idee?
- (1278) S2: Kann man auch zwei Dinge nehmen?
- (1279) L: Ihr könnt das machen, wie ihr möchtet.

- (1280) S2: Dann würde ich das und das nehmen.
 (1281) L: Okay, also es gibt verschiedene Möglichkeiten.
 (1282) S5: Ich hab noch, ich habe eine Idee.
 (1283) L: Du hast auch noch eine.
 (1284) S5: Ja.
 (1285) L: Erzähl.
 (1286) S5: Also man tut einfach den Luftballon so in den Jutebeutel und dann macht man darum die Alufolie und dann ganz dick, weil sonst hat, dann hat der kein Platz sich aus zu dehnen, und dann tut man das in den (unv.).
 (1287) L: Okay.
 [...]
 (1292) L: [...] überlegt gemeinsam, was ihr machen wollt.

Durch diese Freiräume, die die Schüler/innen durch die leitende Person erhalten, nehmen sie sich die bei der Konstruktion des eigenen Raumanzuges als autonom wahr (D3nAM2), wie folgende Antwort zeigt: „Also, ich fand, also es war, man kann jetzt nicht sagen, es war ja nicht vorgegeben, was passiert, es war, musste man selbstständig mit diesem, dass wir einen eigenen Schutzanzug entwerfen sollten.“ (DLR2b-1702) Dies belegt auch folgender Ausschnitt aus dem Nachinterview:

DLR2a

- (1966) I: Und würdet ihr sagen, dass ihr jetzt gerade viel selber machen und bestimmen durftet?
 (1967) I5: JA.
 (1968) S6: Ja.
 (1969) S2: Ja.
 (1970) I: Was denn?
 (1971) S5: Das Einschalten [der Vakuumpumpe] [...] und wir durften die Luftballons umhüllen [...].

Hier wird auch das Einschalten der Vakuumpumpe auf die Frage genannt, was sie selbst entscheiden konnten. Auch wenn hiermit keine Entscheidung im eigentlichen Sinne getroffen wird, scheint die Aktivität auch die Autonomiewahrnehmung der Schüler/innen zu unterstützen. Des Weiteren führt die Betätigung der Vakuumpumpe auch zu einer Kompetenzwahrnehmung, denn es wird ihnen zugetraut, die Pumpe zu bedienen. Die Schüler/innen wollen die Vakuumpumpe gern bedienen, wie Äußerungen wie „Diesmal darf Tobi das machen“ (DLR2a-1441) zeigen. Diese Kompetenzwahrnehmung wird durch den Zuspruch der leitenden Person unterstützt, die die Schüler/innen dafür lobt.

Änderungskonsequenz: Die in der Analyse herausgearbeitete Stärke lässt sich hier also bestätigen. Die empirischen Daten zeigen, dass die Schüler/innen selbst Handlungsschritte planen und zwischen Handlungsalternativen entscheiden, wodurch sie sich als autonom wahrnehmen. Dies wird durch die selbstständige Betätigung der Vakuumpumpe unterstützt. Ein weitergehender Überarbeitungsbedarf wird hier nicht erkannt.

Tabelle mit anderen Stärken und Schwächen

Im Folgenden (Tabelle 9.14) werden weitere Ergebnisse der empirisch geprüften SWOT-Analysen dargestellt. Dabei werden die verifizierten Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse mit den empirisch erkannten Einschränkungen und die daraus abgeleiteten Änderungsbedarfe dargestellt.

Tabelle 9.14 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der Auto- mieorientierung		
Lernort	Empirisch geprüfte Stärken und Schwächen unter dem Aspekt der Problemorientierung	Dadurch abgeleitete Änderungskonsequenz
DLR – Segment 4: Station „Landenavigation“	Stärke: Hohe Selbsttätigkeit (D4nA-St1): Die didaktische Strukturierung unterstützt, dass die Schüler/innen sich in diesem Segment selbsttätig mit den Lerngegenständen auseinandersetzen können, mit den Materialien direkt in Kontakt kommen und diese aktiv einsetzen sowie in einen Austausch mit anderen Mitschüler/innen treten, um gemeinsam einen Lander zu konstruieren. Dabei können sie selbst entscheiden, welche Materialien sie verwenden.	Hieraus ergibt sich keine Änderungskonsequenz, jedoch können sicherlich auch noch Variationen bei den zur Verfügung stehenden Materialien gemacht werden.
DLR – Segment 4: Station „Landenavigation“	Stärke: Hilfestellung nach Bedarf (D4vA-St1): Die Aufgabe wird zunächst offen formuliert und den Schüler/innen wird die Möglichkeit gegeben, bei Bedarf um Hilfe bei der leitenden Person zu bitten. Außerdem sind die Hilfestellungen so gestuft, dass die leitende Person die Schüler/innen immer zunächst darin unterstützt, eigene Ideen zu formulieren (Zwischenfragen, damit die Schüler/innen ihre Ideen explizieren; Schüler/innen werden motiviert, sich gegenseitig zuzuhören, etc.), bevor konkrete Hilfestellungen bezüglich der Konstruktion erfolgen. Es wird so nicht direkt vorgegeben, was die Schüler/innen bauen sollen.	Hier scheint keine Änderung nötig zu sein.
DLR – Segment 3: Station „Vakuum“	Stärke: Aktive Bewegung zur Erklärung (D3nA-St3): Die didaktische Strukturierung unterstützt, dass die Erklärungen der leitenden Person durch aktive Handlungen der Schüler/innen ergänzt werden. So werden die Schüler/innen durch eigene Handlungen in die Erläuterungen eingebunden und können das Erklärte körperlich wahrnehmen. Hier werden die Phänomene mit Hilfe des fehlenden Gegendrucks erklärt, der durch die Handbewegungen spürbar gemacht wird. Auf den Erklärungsansatz der Teilchenvorstellung wird verzichtet. Es zeigt sich, dass es den Schüler/innen durch diese körperliche Unterstützung bei der Erklärung des Druckunterschiedes gelingt, das Phänomen des Luftballons im Vakuum selbstständig zu beschreiben und auch im Nachinterview verbal und motorisch darzustellen.	Auch wenn sich hieraus keine direkte Änderungskonsequenz ergibt, könnte die Erklärung sicherlich auch noch in Nuancen variiert werden, so dass z. B. neben der physischen Unterstützung der Erklärung auch Visualisierungen verwendet werden, um auch die schwächeren Schüler/innen noch besser zu unterstützen.

<p>Lernort Technik und Natur – Segment 6: Entwerfen eines Bootsrumpfes mit Hilfe des Koordinatensystems</p>	<p>Stärke: <i>Freiraum und Aktivität (W6nA-St1)</i>: Die didaktische Strukturierung unterstützt, dass die Schüler/innen sich selbsttätig mit der Entwicklung einer Planungsskizze für den Bootsrumpf auseinandersetzen können. Dabei haben die Schüler/innen Freiräume. Sie sind nur durch die Größe des Zeichenfeldes und die Möglichkeiten des heißen Drahts (kann nur 2D schneiden) beschränkt. Ansonsten können sie selbst entscheiden, welche Kriterien ihre Rumpfform erfüllen soll und welche Aspekte der Rennsituation sie höher gewichten und in ihre Planungen einbeziehen wollen. Durch die Partnerarbeit wird dabei auch der Austausch mit anderen Mitschüler/innen unterstützt.</p>	<p>Hieraus ergibt sich keine Änderungskonsequenz.</p>
<p>ZNT –Segment 1: Einführung der Konstruktionsaufgabe eines Solarboots</p>	<p>Stärke: <i>Hohe Aktivität (Z1nA-St1)</i>: Die didaktische Strukturierung in diesem Segment unterstützt, dass die Schüler/innen sich selbsttätig mit den Lerngegenständen auseinandersetzen können, ihr Vorwissen aktivieren sowie in einen Austausch mit anderen Mitschüler/innen kommen, um im Team eine gemeinsame Modellskizze zu erstellen. Dadurch kann das Vorwissen der Schüler/innen den Verlauf des Gespräches beeinflussen und die Schüler/innen übernehmen eine aktive Rolle.</p>	<p>Hieraus ergibt sich keine Änderungskonsequenz.</p>
<p>ZNT – Segment 3: Umpolung des Motors</p>	<p>Stärke: <i>Hohe Aktivität (Z3nA-St1)</i>: Die didaktische Strukturierung in diesem Segment unterstützt, dass die Schüler/innen sich selbsttätig mit den Lerngegenständen auseinandersetzen können und ihr Vorwissen aktivieren, um den Grund für das Rückwärtsfahren zu finden. Dabei startet die leitende Person eine Diskussion zwischen den Schüler/innen, zieht sich dann aber zurück, sodass hier ein Austausch mit anderen Mitschüler/innen stattfindet. Auch die Lötstation können sie selbstständig nutzen und die Werkzeuge für ihre Bedarfe wie z. B. das Umlöten einsetzen, wodurch ihre Kompetenz- und Autonomiewahrnehmung unterstützt wird.</p>	<p>Hier könnten die Differenzierungsmaßnahmen noch stärker ausgebaut werden, sodass auch schwächere Schüler/innen bei der hohen Eigenaktivität nicht überfordert sind und sich stärker in das Gruppengespräch einbringen können.</p>

10 Bereichsspezifische Generalisierung der Angebots-Nutzungs-Strukturen in den drei Schülerlaborangeboten (DBR-Zyklus 2)

Auf Basis der detaillierten SWOT-Analysen und der empirischen Ergebnisse des Kapitels 9 wird hier zur Diskussion gestellt, inwiefern sich die Angebots-Nutzungs-Prozesse im veränderten Angebot generalisieren lassen (vgl. Reinmann, 2005). Wie bei der Generalisierung im ersten DBR-Zyklus (Kap. 6) wird dies zunächst getrennt nach den drei Analysedimensionen Kontextualisierung, Problemlösen und Autonomie vorgenommen.

10.1 Generalisierungen hinsichtlich der Dimension Kontextorientierung

Kontextuelle Ausrichtung der Angebote

In den drei veränderten Angeboten wird weiterhin auf die Verwendung von Kontexten gesetzt (W3nK, W6nK, Z1nK, Z3nK, D3nK, D4nK), um eine fachliche Auseinandersetzung durch verschiedene reale Situationen zu motivieren. Dennoch wurden entscheidende Veränderungen vorgenommen, um die verschiedenen Aufgabenstellungen durch den Kontext zu motivieren. Die Oberkontexte (spezielles Boot für die DGzRS oder eine sichere Landung auf dem Mars vorzubereiten), die bereits im Ausgangsangebot vorhanden waren, strukturieren jetzt expliziter das gesamte Angebot, sodass sie über die ganze Zeit des Angebots hinweg in allen Segmenten präsent sind und wiederholt in den einzelnen Aufgabenstellungen wiederzufinden sind. Dies wird in den drei Angeboten sehr unterschiedlich umgesetzt, aber in jedem der drei Fälle werden Situationen konkreter dargestellt und „ausgeschmückt“. Außerdem werden narrative Anker z. B. in Form von Videos verwendet. Damit wird der Ansatz des Anchored Instruction (Vanderbilt, 1990) verfolgt, der zum einen eine Kontextualisierung und zum anderen den Ausgangspunkt für eine Problemorientierung erreicht. Die verwendeten Kontexte werden zwar komplexer, aber dadurch auch greifbarer, sodass sie in ihrer Bedeutung hervorgehoben werden und nach Möglichkeit die Relevanzwahrnehmung der Tätigkeiten erhöhen.

Narrative Anker als Mittel der Kontextualisierung. Die Oberkontexte werden jeweils zu Beginn des Angebotes durch verschiedene Medien wie Videos, Bilder und Gegenstände geöffnet, noch bevor fachliche Inhalte eine Rolle spielen. Die mündlichen Beiträge der Leitenden und die Formulierungen der Aufgabenstellungen sorgen dafür, dass immer wieder auf den Oberkontext Bezug genommen wird. Im Lernort Technik und Natur präsentiert die leitende Person detailliert eine Rennsituation, für die ein Solarboot konstruiert werden soll. Hier wird der Kontext der Rennsituation dramaturgisch so ausgestaltet, dass durch

den Kontext insbesondere die Auseinandersetzung mit den Charakteristika der Reihen- und Parallelschaltung relevant wird. Der Oberkontext der Raumfahrt wird im DLR_Schol_Lab nun als Marsmission konkretisiert, die vom Start einer Rakete über den Außeneinsatz an der Rakete im Weltall bis hin zur Landung auf dem Mars durch Leitfragen schon während der Laborführung thematisiert wird. Die Führung mit dem Bezug zu authentischen Weltraumflügen wird dann an den Stationen des Schülerlaborangebots aufgegriffen und dort verankert. Im ZNT stellt ein Video mit dem Auftrag der DGzRS, einen schnellen, sicheren und umweltfreundlichen Rettungskreuzer zu entwickeln, den Oberkontext des Angebotes dar, der die folgenden Aktivitäten motiviert. Dieses Video ist eigens für das Lernangebot hergestellt worden. Dank dafür sei hier der DGzRS in Kiel Schilksee für die Unterstützung ausgesprochen. In allen Angeboten wird der Kontext also so konkretisiert und ausdifferenziert, dass die Beschäftigung mit bestimmten Aufgaben und Inhalten folgerichtig und sinnvoll für die Schüler/innen erscheint und somit die Relevanz der Aufgabenstellungen unterstützt wird.

Wechsel zwischen Kontextschichten. Innerhalb der Dimension Kontextorientierung wird im Laufe der Angebote der Wechsel zwischen verschiedenen Kontextschichten vorgenommen. In Abschnitt 6. 1 wird ausführlich auf die Idee der Kontextschichten eingegangen. Einzelne Aufgabensituationen können im Sinne der Kontextschichten stärker dekontextualisiert sein als andere. Anders gesagt können zwei Situationen oder Aufgabenstellungen also im Vergleich zueinander stärker kontextualisiert oder dekontextualisiert sein. Die dekontextualisierte Situation kann sich in einer modellhaften Darstellung äußern (Beispiel Steckbrett: Es ist dekontextualisiert gegenüber dem Solarboot, stellt aber einen Kontext gegenüber der Nutzung von Schaltzeichen und Schaltskizzen dar). Die Kontextschichten werden im veränderten Angebot weiterhin eingesetzt, allerdings besteht eine weitere Generalisierung darin, dass der Wechsel zwischen verschiedenen Kontextschichten explizit eingeleitet und betont wird.

Die resultierenden Verschachtelungen von Ober- und Unterkontexten werden nun stärker moderiert und explizit unterstützt. Dafür wird der Kontext beispielsweise in Aufgabenstellungen aufgegriffen, die den Wechsel vom Kontext zu einer modellhaften Darstellung moderieren. Diese Verschachtelung verschiedener Kontextebenen und die Unterstützung der Wechsel zwischen diesen wird besonders in einer Situation im Lernort Technik und Natur deutlich, in der die Schüler/innen vom Kontext des Solarbootrennens abstrahieren und mit Bezug auf den Unterkontext der Solarautos Rudi und Paul zwei Schaltpläne am Steckbrett nachbauen, um die Eigenschaften der jeweiligen Schaltungen genauer für das Solarboot zu untersuchen. Hier wird zunächst der Kontext des Autorennens durch die Aufgabenstellungen aufgenommen, indem die zwei Schaltpläne mit Hilfe der Steckbretter den Fahrzeugen Rudi und Paul zugeordnet werden sollen. Dieser Unterkontext der Rennautos hilft, den Wechsel zu den abstrakten Schaltskizzen zu vollziehen und sie als Modell für die Steckbretter zu erkennen. Diese wiederum stellen gleichzeitig etwas Modellhaftes in Bezug auf die reale Situation der Solarautos dar. In jeder Aufgabenstellung wird der Rückbezug der Erkenntnisse auf den übergeordneten Kontext der Solarboote unterstützt, was im unveränderten Angebot nicht systematisch vorgenommen wurde. Charakteristika der prototypisch aufgebauten Schaltungen (Rudi = Reihenschaltung; Paul = Parallelschaltung) werden von den Schüler/innen hinsichtlich des Solarbootrennens bezüglich ihrer Schnelligkeit und

ihrer Funktionssicherheit geprüft. Die neuen Aufgabenformulierungen unterstützen in allen drei Angeboten den transparenten Wechsel zwischen den Kontextschichten.

Betonung des Modellcharakters. Des Weiteren werden die Wechsel durch plakative Begriffe unterstützt. Im DLR_School_Lab beispielsweise werden gezielte Formulierungen wie „Modelllander“ oder „Modellraumanzug“ eingesetzt, die explizieren, dass die modellhaften Darstellungen eine vereinfachte Version einer realen Situation abbilden, über die man etwas erfahren möchte. Beispielsweise ist der Ei-Lander eine modellhafte Darstellung für einen Mars-Lander. Auch durch die Bezeichnung „Modellraumanzug“ unterstützt die didaktische Strukturierung, dass die Schüler/innen die Vakuumglocke als einen Modellweltraum erkennen und einen Zusammenhang zwischen ihren Erkenntnissen über einen Luftballon und dem Kontext des Raumanzuges herstellen. Letztendlich unterstützen die Leitenden auch die Kontextwechsel durch Verweise, Fragen und Überleitungen, sodass die modellhaften Darstellungen als solche erkannt und zweckorientiert eingesetzt werden.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass alle Angebote den Anchored Instruction-Ansatz nutzen, um Oberkontexte einzuführen, die in bestimmten Unterkontexten und Aufgabenstellungen immer wieder auftauchen. Ergebnisse, die in dekontextualisierten Modellsituationen entstehen, werden explizit auf die oberste Kontextschicht, den Oberkontext, rückbezogen. Dabei unterstützen die Angebote die Wechsel zwischen den Kontextebenen durch eine explizite Moderation.

Erkenntnisse über die Nutzungsprozesse der Schüler/innen

Die empirischen Ergebnisse machen deutlich, dass die Schüler/innen den Oberkontext und weitere Kontextschichten der fachdidaktischen Strukturierung (bis auf wenige Ausnahmen) nachvollziehen können und aus der Kontextualisierung einen Nutzen für die ablaufenden Kognitionen und für ihre Relevanzwahrnehmung haben. So waren die Schüler/innen zu jeder Zeit in der Lage, zu benennen, wie ihre Handlungen mit dem Oberkontext zusammenhängen und wieso diese zu dem Zeitpunkt für den übergeordneten Kontext relevant sind (W3nK-St2, W6nK-St1, Z3nK-St1, D3nK-St1, D4nK-St1). Beispielhaft sei hier das Segment 6 des Lernorts Technik und Natur genannt (vgl. W6nK-St1). In diesem Segment wurden die Aufgabenstellungen durch den Kontext motiviert, indem die Schüler/innen erkannten, dass sie für die Konstruktion des Bootsrumpfes einen heißen Draht mit Koordinaten programmieren mussten. So unterstützt das Segment, dass die Schüler/innen durch die reale Situation der Programmierung des heißen Drahtes für die Konstruktion des Rumpfes motiviert werden, sich mit der abstrakten Darstellung von Koordinaten auseinanderzusetzen. Dies zeigt, dass die Schüler/innen erkennen, dass der Kontext eine reale Situation darstellt, wozu man zunächst in einer modellhaften Situation Erkenntnisse erarbeiten muss. Der „Rote Faden“ der Angebote kann also durch den übergeordneten Kontext, der immer wieder aufgegriffen wird, von den Schüler/innen nachvollzogen werden, was die Sinnhaftigkeit der Aktivitäten unterstützt.

Es gelingt den Schüler/innen, vom Kontext zu abstrahieren, ohne den Bezug zum Kontext zu verlieren, und somit die Relevanz ihrer Aktivitäten für den übergeordneten Kontext zu erkennen. Dies hat sich zum Beispiel darin gezeigt, dass die Schüler/innen nicht nur verstanden haben, dass die Steckbretter eine modellhafte Veranschaulichung für die reale

Situation der Solarfahrzeuge sind, sondern auch daran, dass sie während der Experimente am Steckbrett von sich aus immer wieder Zusammenhänge herstellten (W3nK-St1, W3nK-St2, Z3nK-St1). Zum Beispiel bezogen sich die Schüler/innen bei der Aktivität, die Schaltungen dahingehend zu untersuchen, was passiert, wenn man eine Solarzelle abdeckt, auf die zu Beginn geschilderte Rennsituation, bei der Blätter auf die Rennstrecke fallen können (vgl. W3nK-St2). Somit motiviert der Kontext hier die Bildung der Begriffe Reihen- und Parallelschaltung, sodass die Schüler/innen diese als relevant wahrnehmen und ihre Aufmerksamkeit auf diese kritischen Attribute richten. Dies wurde auch im ZNT deutlich, als die Schüler/innen sich mit der Polung des Motors an den Steckbrettern auseinandersetzten, um herauszufinden, wieso einige Boote rückwärtsfahren, und dabei immer wieder Bezüge zur realen Situation herstellten (Z3nK-St1). Das heißt, dass es den Schüler/innen bei einem Wechsel von der realen Situation (dem Oberkontext) hin zu einer abstrahierten Darstellung gelingt, diese weiterhin im Lichte des Oberkontextes zu interpretieren, wenn das Angebot explizit macht, inwiefern das Modellhafte einen Wert für den Oberkontext hat.

Es gelingt den Schüler/innen im veränderten Angebot, Erkenntnisse der verschiedenen Kontextebenen auf den Oberkontext zu übertragen und somit mehr über diesen zu lernen (D3nK-St1, D4nK-St1, W3nK-St2, Z3nK-St1). So stellten die Schüler/innen beispielsweise einen Zusammenhang zwischen den Erkenntnissen aus der Vakuumglocke und dem Kontext des Raumanzuges her (D3nK-St1). Dies zeigte sich daran, dass die Schüler/innen bei Versuchen mit dem Luftballon die Wechsel zwischen dem Luftballon und dem Kontext des Raumanzuges mitgingen und von einem Luftballon in Plastikdose (Modellanzug) auf die Beweglichkeit von Astronauten im Weltall schließen konnten. Somit gelang es den Schüler/innen, Kriterien wie die *Beweglichkeit*, die *Luftundurchlässigkeit* und die *Stabilität* eines Raumanzuges zu benennen, anstatt allein beim Phänomen des Luftballons im Vakuum zu bleiben.

10.2 Generalisierungen hinsichtlich der Problemorientierung

Ausrichtung der Angebote in der Dimension der Problemorientierung

Während die Lernorte im ersten Durchlauf überwiegend auf stark vorstrukturierte, instruktionsbasierte Aufgaben setzten und durch kleinschrittige Vorgaben die Handlungsspielräume eher klein waren, sind die Angebote im veränderten Angebot durch eine übergeordnete Problemlöseaufgabe strukturiert. Diese wird zu Beginn des Angebotes detailliert dargestellt, sodass der Zielzustand und verschiedene Zielkriterien klar definiert sind.

Narrative Anker aus Problemgrund. Auch hier haben die narrativen Anker eine wichtige Funktion, denn durch sie werden Problemsituationen plausibilisiert. Im Lernort Technik und Natur wird die Problemlöseaufgabe durch die leitende Person narrativ eingeführt. Sie präsentiert zu Beginn eine fiktive Rennsituation mit ihren besonderen Bedingungen, für die ein geeignetes Solarboot konstruiert werden soll. Durch die beschriebene Rennsituation werden genaue Zielkriterien herausgestellt, die dann die Problemlöseaufgabe für die Schüler/innen definieren. Im ZNT wird die Narration durch eine Videobotschaft der DGzRS

realisiert, die eine Problemlöseaufgabe initiiert, indem die Zielkriterien der Aufgabe im narrativen Anker angelegt sind und transparent werden. Im DLR_School_Lab, das bereits im unveränderten Angebot die Problemlöseaufgabe der Konstruktion eines sicheren Ei-Landers umfasste, strukturierte die Problemlöseaufgabe zumindest eine Station. Die anderen Stationen sind nun ebenfalls zu Problemlösestationen umgearbeitet worden, bei denen ein Modellraumanzug bzw. eine Modellrakete bestimmte Bedingungen erfüllen müssen. Zusammen mit dem Ei-Lander liefern sie der übergeordneten Problemlöseaufgabe zu, eine sichere Marsmission vorzubereiten.

Beitrag der Segmente zu übergeordneten Problemlöseaufgaben. Die übergeordneten Problemlöseaufgaben mit ihren Zielkriterien werden im Laufe der Angebote immer wieder aufgegriffen, sodass die verschiedenen Segmente bzw. Aktivitäten zu ihrer Lösung beitragen (Z1nP, Z3nP, W3nP, W6nP, D3nP, D4nP). Dies wird explizit herausgestellt, sodass die Schüler/innen unterstützt werden, die Aktivitäten als Teil des Lösungsprozesses anzusehen. So dient beispielsweise im Lernort Technik und Natur das Segment zur Untersuchung der Reihen- und Parallelschaltung am Steckbrett dazu, die beiden Schaltungen als Lösungshypothesen zu prüfen und diese zu bewerten, um sich für eine der beiden Schaltungen für das Solarboot zu entscheiden (vgl. W3nP). Durch den Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe, die am Anfang des Angebotes geschildert wird, sind die Kriterien der Prüfung und Bewertung der Lösungshypothesen klar und transparent. Dies wird sowohl durch die Aufgabenformulierungen der leitenden Person zu Beginn des Segments als auch in den Aufgabenformulierungen im Lernheft während des Segments explizit dargestellt.

Dabei wird der Problemlöseprozess in den einzelnen Segmenten oft durch gezielte Aufgabenstellungen strukturiert, die instruktionsbasierte Züge haben, den Schüler/innen aber noch Handlungsspielräume im Lösungsweg lassen. So wird beispielsweise die Prüfung der zwei elektrischen Schaltungen als Lösungshypothesen durch die Aufgabenstellungen im Lernheft angeleitet (W3nP) oder die Bildung von Lösungshypothesen bei der Entwicklung der Rumpfform durch kurze Plenarphasen sequenziert und strukturiert (W6nP). Trotzdem lassen die didaktischen Strukturierungen den Schüler/innen dabei Freiräume. So können die Schüler/innen beispielsweise bei der Prüfung der zwei Schaltungen abwägen, welche Zielkriterien sie schwerer gewichten (Schnelligkeit oder Sicherheit) und sich zwischen den zwei Lösungshypothesen entscheiden (vgl. W3nP) oder beim Bilden von Lösungshypothesen bei der Entwicklung des Bootsumpfes eigene Ideen einbringen (vgl. W6nP).

Schachtelung von Problemlöseaufgaben. Außerdem werden teilweise kleine Problemlöseaufgaben integriert, die die Schüler/innen kreativ und selbstständig lösen müssen, um an dem übergeordneten Problem weiterarbeiten zu können (D4nP, D3nP, Z3nP). So wird beispielsweise im ZNT während des Lösungsprozesses der Problemlöseaufgabe, ein geeignetes Modellboot zu bauen, eine Situation hervorgerufen, in der das Solarboot rückwärtsfährt, sodass die Schüler/innen dies als weitere zu lösende Herausforderung erkennen (vgl. Z3nP). Um dieses Problem dann zu bewältigen, müssen die Schüler/innen selbstständig Lösungshypothesen aufstellen und diese sowohl am Steckbrett als auch durch den Vergleich verschiedener Solarboote überprüfen und anschließend bewerten, um dann weiter an der übergeordneten Problemlöseaufgabe arbeiten zu können. Ähnlich ist es bei der Station „Vakuum“ im DLR_School_Lab (vgl. D3nP). Hier wird durch das Platzen des Luftballons

als Modellraumanzug eine Problemsituation dargestellt. Die Schüler/innen erhalten den Auftrag, den Modellraumanzug so weiterzuentwickeln, dass ein Astronaut darin einen Außenereinsatz erledigen kann, wozu ihnen verschiedene Materialien zur Verfügung stehen.

Erkenntnisse über die Nutzungsprozesse der Schüler/innen

Die empirischen Ergebnisse zeigen, dass die Schüler/innen die übergeordneten Problemlöseaufgaben als solche wahrnehmen und diese sowohl während als auch nach den Angeboten benennen bzw. rekonstruieren können (Z1nP-St1, W3nP-St1, D4nP-St1, D3nP-St1). Dabei können die Schüler/innen während der Segmente in den begleitenden Interviews die Problemstellungen und die konkreten Zielkriterien jederzeit benennen. So rekonstruieren die befragten Schüler/innen im ZNT in Folge der Videobotschaft der DGzRS mit großer Sicherheit die drei Aspekte *umweltfreundlich*, *schnell* und *sicher* als konkrete Zielkriterien, die ein zu konstruierender Modellrettungskreuzer erfüllen soll (Z1nP-St1). Dass die Schüler/innen sich diese Zielkriterien der Problemlöseaufgaben zu eigen machen, zeigte sich daran, dass sie während des Angebotes immer wieder auf diese zurückgriffen und von Doris sprachen, die als narrativer Anker die Problemlöseaufgabe repräsentiert (vgl. Z1nP-St1 und Z3nP-St2). Auch im Nachinterview gelang es den Schüler/innen, die Problemlöseaufgabe als solche zu rekonstruieren und die genauen Zielkriterien darzustellen (vgl. Z1nP-St1).

Zieltransparenz in der Problemlösestruktur. Durch die hohe Zieltransparenz der Problemlöseaufgabe, die in den einzelnen Segmenten immer wieder aufgegriffen wird, gelingt es den Schüler/innen auch, zu erkennen, inwieweit diese zur Lösung des Problems beitragen, was wiederum die Relevanzwahrnehmung der Schüler/innen unterstützt (W3nP-St1, W6nP-St1, Z3nP-St1). Dies zeigte sich beispielsweise daran, dass die Schüler/innen im Lernort Technik und Natur während der Prüfung der Reihen- und Parallelschaltung als Lösungshypothesen an den Steckbrettern selbstständig immer wieder Bezüge zur übergeordneten Problemlöseaufgabe herstellten, indem sie über die Schnelligkeit und die Sicherheit der zwei Schaltungen sprachen und diese dahingehend verglichen (vgl. W3nP-St1). Auch auf Nachfrage während der Experimente, aber auch im Nachinterview benannten die Schüler/innen die Prüfung der zwei Lösungshypothesen als Ziel des Segmentes und beschrieben, dass es darum ging, herauszufinden, welche Schaltung für das Rennen besser geeignet ist (W3nP-St1). Insgesamt wird deutlich, dass die Schüler/innen sich die Problemlöseaufgabe zu eigen machen und erkennen, wie die Segmente oder einzelne Aktivitäten zur Lösung dieser beitragen. Somit unterstützen die didaktischen Strukturierungen durch die Problemorientierung auch die Relevanzwahrnehmung.

In den empirischen Ergebnissen können deutliche Belege dafür gefunden werden, dass bei den Schüler/innen Prozesse des Problemlösens ablaufen. So erkannten die Schüler/innen im Lernort Technik und Natur beispielsweise, dass die Reihen- und Parallelschaltung Lösungshypothesen darstellen, sodass hier während der Bearbeitung der Aufgaben an den Steckbrettern Prozesse des Prüfens und Bewertens der Schaltungen rekonstruiert werden konnten (W3nP-St1). Hier unterstützte die Problemsituation, dass die Schüler/innen zwischen den Kriterien der Schnelligkeit und Sicherheit abwägen konnten, um sich für eine der Lösungshypothesen zu entscheiden. Ein weiteres Beispiel ist das Segment 6 des Lernorts Technik und Natur. Dieses unterstützte durch die didaktische Strukturierung, dass die

Schüler/innen selbst eigene Lösungshypothesen bildeten, indem sie eine eigene Rumpfform entwickelten, die sie für die Rennsituation für geeignet hielten (W6nP-St1). Es zeigt sich also, dass Teilprozesse des Problemlösens unterstützt werden, wenn den Schüler/innen bewusst ist, wie diese mit der übergeordneten Problemlöseaufgabe zusammenhängen und Handlungsspielräume gegeben sind.

Neben diesen Ausschnitten des Problemlöseprozesses pro Segment lassen sich in einigen Segmenten auch „abgeschlossene Problemlöseprozesse“ rekonstruieren, in denen ein Problem innerhalb eines Segments gelöst werden kann (D3nP-St1, D4nP-St1, Z3nP-St1). Beispielsweise unterstützte die didaktische Strukturierung im DLR_School_Lab bei der Konstruktion eines Landers ein hypothetisches Vorgehen und Entwickeln. Hier bildeten die Schüler/innen Lösungshypothesen, die sie erfahrungsbasiert weiterentwickelten, um dann durch mehrfache Testung die Problemlöseaufgabe erfolgreich zu lösen (vgl. D4nP-St1). Auch im ZNT lässt sich ein solcher Problemlöseprozess, welcher in die übergeordnete Problemlöseaufgabe eingebettet ist, innerhalb eines Segmentes rekonstruieren (Z3nP-St1). Hier erkannten die Schüler/innen das Rückwärtsfahren als Problemsituation und bildeten gemeinsam im Team selbstständig Lösungshypothesen dazu, wie das Ziel „Vorwärtsfahren“ erreicht werden könnte. Diese prüften sie immer wieder sowohl am Steckbrett als auch durch den Vergleich verschiedener Solarboote, um das Problem letztendlich zu lösen, indem sie die Umpolung des Motors als Lösungshypothese bestätigten.

Selbstwirksamkeitswahrnehmung. Die empirischen Daten zeigen, dass die Schüler/innen sich durch die selbstständige Lösung der Probleme als wirksam wahrnehmen und es als sehr positiv bewerten, wenn sie selbst Ideen in den Problemlöseprozess einbringen können (W3nP-St1, W6nP-St1, Z1nP-St1, Z1n-St2, D4nP-St1, D3nP-St1). So hoben die Schüler/innen beispielsweise im Lernort Technik und Natur (vgl. W6nP-St1) als besonders positiv hervor, dass sie selbst eine Rumpfform entwickeln konnten. Das selbstständige Bilden von Lösungshypothesen beschrieben sie als herausfordernde Aufgabe, deren Lösung Spaß und eine positive Selbstwahrnehmung hervorruft, indem eine individuell gestaltete Form hergestellt wird.

10.3 Generalisierungen hinsichtlich der Autonomieorientierung

Ausrichtung der Angebote in der Dimension Autonomieorientierung

Während im unveränderten Angebot einzelne Segmente stark fremdgesteuert ausgerichtet waren, Entscheidungsspielräume fehlten, die Aufgaben kleinschrittig und rezeptartig waren und die Schüler/innen oftmals eine eher passive Rolle einnahmen, ist beim veränderten Angebot die Ausrichtung in Richtung der Selbststeuerung verschoben worden. Die didaktischen Strukturierungen der drei Angebote unterstützen nun, dass die Schüler/innen sich selbsttätig mit den Lerngegenständen auseinandersetzen (W3nA, W6nA, Z1nA, Z3nA, D3nA, D4nA). So haben die Schüler/innen beispielsweise die Möglichkeit, mit elektrischen Bauteilen *selbsttätig* zu interagieren und diese am Steckbrett aktiv einzusetzen (W3nA, Z3nA), *selbst* mit Hilfe eines Computerprogramms einen heißen Draht zu programmieren (W6nA) oder verschiedene Materialien *selbstbestimmt* zu einer Lander-Konstruktion bzw. zu einem Modellraumanzug zu kombinieren (D4nA, D3nA). Dabei wird auch der Austausch

mit anderen Mitschüler/innen unterstützt, indem Partner- oder Teamarbeit gefordert wird. Diese Aktivitäten werden zwar durch Arbeitsblätter, Anweisungen der leitenden Person sowie durch die Materialvorgaben fremdgesteuert und geben bestimmte Handlungsziele vor, lassen dabei aber große Handlungsspielräume. Aufgabenstellungen sind streckenweise offen strukturiert, was die Selbsttätigkeit der Schüler/innen herausfordert.

Alternierende Phasen der Selbst- und der Fremdsteuerung. Im Lernort Technik und Natur (D3nA) äußert sich dies beispielsweise dadurch, dass die Aufgabenformulierungen im Lernheft die Schüler/innen durch Leitfragen lenken, aber Freiräume dahingehend geben, wie und in welcher Reihenfolge sie diese angehen. Hier ist auch die Form der Dokumentation offen gestaltet, sodass die Schüler/innen Spielräume haben, Handlungsschritte auszugestalten. Oftmals werden Aufgabenstellungen auch zunächst offener formuliert mit der Möglichkeit, sich bei Bedarf Hilfestellungen zu holen, die den Prozess dann stärker fremdsteuert. Damit werden nun die Unterschiede im Arbeitstempo, aber auch im Leistungs niveau berücksichtigt. Im DLR_School_Lab (D4nA, Z3nA) zeigt sich dies beispielsweise darin, dass die Aufgabe zur Konstruktion des Landers zunächst offen formuliert wird und die bei Bedarf angefragten Hilfestellungen so gestuft sind, dass die leitende Person die Schüler/innen immer zunächst darin unterstützt, eigene Ideen zu formulieren, bevor konkrete Hilfestellungen bezüglich der Konstruktion folgen.

Entscheidungsfreiheiten. Des Weiteren unterstützen die Angebote, dass die Schüler/innen Entscheidungsspielräume haben, um zwischen verschiedenen Handlungsalternativen zu wählen. So sollen die Schüler/innen beispielsweise selbst bestimmen, welche Kriterien sie bei ihrem Boot höher gewichten und sich dann für eine der beiden Schaltungen entscheiden (W3nA) oder sie können zwischen unterschiedlichen Materialien für die Konstruktion des Landers wählen (D3nA, D4nA). Die Segmente der Aktivität, in denen die Aufgabenstellungen stärker geöffnet sind und Schüler/innen mehr Handlungsspielräume haben, sind meist durch Plenarphasen eingerahmt, in denen die Schüler/innen wieder zusammenkommen, ihre Ergebnisse gesammelt und neue Aktivitäten eingeleitet werden (Z1nA, Z3nA, D3nA, D4nA, W3nA, W6nA). In diesen Phasen haben die leitenden Personen weiterhin eine eher dominante Rolle, sodass hauptsächlich dyadische Gespräche zwischen der leitenden Person und einzelnen Schüler/innen stattfinden.

Erkenntnisse über die Nutzungsprozesse der Schüler/innen

Dadurch, dass die Schüler/innen selbst mit den Materialien und Objekten interagieren können und mit ihren Mitschüler/innen im Team arbeiten, sind sie eigenaktiv und es lassen sich Prozesse des Planvollen Handelns rekonstruieren (W3nA-St1, W6nA-St2, D3nA-St1, D4nA-St1, Z3nA-St1). Es zeigt sich, wie die Schüler/innen sich die Aufgaben zu eigen machen und Handlungsziele der Aufgabenstellungen übernehmen, um spezifische Handlungsschritte zu planen und zu bewerten. So übernehmen die Schüler/innen im Lernort Technik und Natur beispielsweise das vorgegebene Handlungsziel, den heißen Draht zu programmieren (W6nA-St2). Sie setzen sich selbsttätig mit der Funktionsweise der Koordinaten auseinander, planen Handlungsschritte und bewerten diese anhand der Rückmeldungen des Computerprogramms. Zwar zeigt sich, dass einige Schüler/innen eine stärkere Fremdsteuerung benötigen, welche durch die Aufforderung, sich gegenseitig zu

unterstützen, eingeleitet wird, trotzdem nehmen sie sich als autonom und kompetent wahr und es finden Prozesse des Planvollen Handelns statt.

Dabei entscheiden die Schüler/innen kriterienbasiert zwischen Handlungsalternativen (W3nA-St1, W6nA-St1, Z1nA-St1, D3nA-St1, D4nA-St1). So zeigt sich beim DLR_School_Lab (vgl. D3nA-St1, D4nA-St1), dass die Schüler/innen zwischen unterschiedlichen Handlungsalternativen wählen, indem sie verschiedene Kriterien heranziehen, um sich zwischen möglichen Materialien für die Konstruktion eines Modellraumanzuges oder eines Modelllanders zu entscheiden. Auch bei engeren Wahlmöglichkeiten zwischen nur zwei Alternativen wie beispielsweise am Lernort Technik und Natur zeigt sich, dass die Entscheidung zwischen der Reihen- und Parallelschaltung als solche wahrgenommen wird und eigene Kriterien dafür gebildet werden (vgl. W3nA-St1).

Motivation durch Autonomie. Die empirischen Ergebnisse zeigen außerdem, dass die Schüler/innen die Phasen der Selbsttätigkeit mit Handlungsspielräumen sehr honorieren und dadurch motiviert werden, weil sie sich hier als autonom wahrnehmen (W3nA-St1, W6nA-St1, D3nA-St1, D4nA-St1, Z1nA-St1, Z3nA-St1). Diese Möglichkeiten zu eigenständigen Entscheidungen bewerten die Schüler/innen dabei als sehr positiv und benennen auch das Einbringen von eigenen Ideen als besonders reizvoll (z. B. W6nA-St1). Darüber hinaus zeigt sich sogar, dass, wenn die Schüler/innen in ihren gegebenen Freiräumen doch wieder eingeschränkt werden, z. B. indem die leitende Person den Schüler/innen ungefragt Hinweise gibt, sie dies als negativ wahrnehmen, weil sie es gerne selbst geschafft hätten (vgl. W3nA-St1). Dies zeigt eindrucksvoll, wie stark ausgeprägt das Autonomiebestreben der Schüler/innen ist.

10.4 Fazit zu bereichsspezifischen Generalisierungen

Als bereichsspezifische Generalisierungen nach Edelson (2002) und Reinmann (2005) stellt sich hier zusammenfassend die Frage, ob die drei sehr unterschiedlich umgesetzten Veränderungen der Angebote in den Dimensionen Kontext, Problemlösen und Autonomie Verallgemeinerungen zulassen, die vom konkreten Angebot losgelöst sind und sich auf strukturelle Ähnlichkeiten beziehen. Tatsächlich konnte in diesem Kapitel mit Bezug zum Kapitel 9 herausgestellt werden, dass auf Ebene der didaktischen Strukturierung die konkreten Änderungen zu vielen empirisch validierten Stärken in den drei Dimensionen führen konnten, die sich an den drei Orten gleichermaßen, wenn auch individuell unterschiedlich ausgeformt, dargestellt haben. Fünf Aspekte seien hier hervorgehoben:

1. Narrative Anker. Die Veränderungen der drei Angebote haben darauf gesetzt, dass übergeordnete Kontexte über das gesamte Angebot tragen sollten. Diese waren bereits in den Angeboten vorangelegt, aber ihr Potential für kognitive Verarbeitungsprozesse wurde nicht ausgeschöpft. Die Präsenz der tragenden alltagsrelevanten Kontexte wurde erhöht und als Mittel der Initiation sind narrative Anker im Sinne des Anchored Instruction Ansatzes gewählt worden. Dies hat eine deutlich höhere Relevanzwahrnehmung bei den Schüler/innen hervorgerufen und auf kognitiver Ebene zu einem verstärkten Zusammenhangsdenken, bezüglich der verschiedenen Einzelaufgaben des Angebots angeregt.

2. Wechsel der Kontextebenen. Das Risiko des Einsatzes von vielen Kontexten in den verschiedenen Einzelaufgaben des Angebots besteht darin, dass der Rote Faden verlorengeht und die Schüler/innen die Zusammenhänge der Kontexte nicht erkennen. Insbesondere die Übergänge zwischen verschiedenen Kontextebenen wurden bei der Veränderung in den Blick genommen. Diese wurden gegenüber den Schüler/innen explizit gemacht und begründet. Der Status von Kontexten, relativ zueinander Ober- oder Unterkontext zu sein, wurde gegenüber den Schüler/innen thematisiert. Dies führte zu einer deutlich höheren Fähigkeit der Schüler/innen, die einzelnen Aufgaben einer Kontextebene zuzuordnen und bei Änderungen der Ebene diesen Wechsel nachzuvollziehen. Begriffsbildungen sind bei den Schüler/innen erfolgreicher abgelaufen als zuvor, indem die jeweiligen Kontextebenen die Relevanz der Teiltätigkeiten des Angebots erhöhten. Das Potential von aufeinander bezogenen Kontextebenen konnte ausgeschöpft werden.

3. Schachtelung von Problemlöseaufgaben. Die Veränderungen in den drei Lernangeboten bestanden zu einem großen Anteil in der Ausdehnung von Problemlöseaufgaben, die ebenfalls über die narrativen Anker zu Beginn des Angebots eingeleitet wurden. In eine übergeordnete, durchgängige Problemlöseaufgabe waren an Stationen weitere kleine Problemstellungen eingebettet, deren Lösung zur Lösung des übergeordneten Problems beitragen konnten. Die Problemstellungen waren den Kontexten bzw. den Kontextebenen zugeordnet. Es zeigt sich, dass diese verstärkte Problemorientierung die kognitiven Prozesse der Schüler/innen unterstützen konnte und zur Motivation führte, weil Relevanzwahrnehmung und Wahrnehmung der Selbstwirksamkeit unterstützt werden konnten.

4. Sequenzierung von Selbst- und Fremdsteuerung. Die Problemorientierung ging bei allen veränderten Angeboten mit einer Öffnung hinsichtlich der Selbststeuerung der Schüler/innen einher. Die Fremdsteuerung durch die Leitenden wurde aber nicht unterbunden, damit an bestimmten Stellen des Angebots Ergebnisse zusammengefasst werden konnten, um auch kognitiv nicht so leistungsfähigen Schüler/innen den Anschluss für die Bearbeitung nächster Aufgaben zu ermöglichen. Ein Wechsel von Fremd- und Selbststeuerung kann als ein Mittel der Differenzierung gewertet werden. Die stärkere Öffnung der Aufgaben mit einer selbst strukturierten Ausgestaltung dieser Aufgabenstellungen hat bei den Schüler/innen zu höheren kognitiven Effekten hinsichtlich Begriffsbildung, Zusammenhangsdenken und planvollem Handeln geführt sowie die Autonomiewahrnehmung unterstützt.

5. Begrenzte Änderungen. Die Änderungen der Angebote folgten der Maxime, möglichst viel zu erhalten von der bisherigen Angebotsstruktur, um die Leitenden „mitzunehmen“, sodass sie sich mit den Änderungen identifizierten. Es zeigt sich hier ein Dilemma, denn die aus Sicht der drei Analysedimensionen scheinbar kleinen Änderungen können bei den Leitenden als dramatisch große wahrgenommen werden. Unter diesen Nebenbedingungen war es aber möglich, einen Kompromiss zwischen Forschenden und Lernortaktiven finden, der kreative Ideen beider Seiten zu berücksichtigen ermöglichte. Die tatsächlich vorgenommenen „kleinen“ Veränderungen führten in der kognitiven Anregung der Schüler/innen und auf motivationaler Ebene zu deutlich positiven Effekten.

11 Generalisierungsebene Design-Frameworks – Leitlinien für die Gestaltung von Schülerlaborangeboten

Auf Grundlage der empirisch validierten Stärken und Schwächen der fachdidaktischen SWOT-Analysen und der bereichsspezifischen Generalisierungen (Kap. 10) werden im Folgenden Leitlinien für die Gestaltung von Schülerlaborangeboten formuliert, die sich an Verantwortliche von Schülerlaboren richten. Im Sinne des Design-based Research-Ansatzes wird damit eine weitere Generalisierungsebene nach Reinmann (2005) angesprochen, die sogenannten „Design-Frameworks“, also rahmende Leitlinien für die Gestaltung von Designs. Die Zielgruppe dieser sind die Schülerlabore selbst, die oftmals allein vor der Aufgabe stehen, ihre Angebote weiterzuentwickeln, jedenfalls wenn aus irgendeinem Grund eine Unzufriedenheit mit der bisherigen Struktur besteht. Z. B. kann es sein, dass die einfachen Rückmeldungen der Schüler/innen schlecht ausfallen („traurige“ Smileys) oder dass Rückmeldungen von Lehrkräften negativ sind und die Angebote nicht mehr nachgefragt werden. Es kann auch sein, dass der Träger der Einrichtung neue Vorgaben macht und z. B. bestimmte Innovationen fordert. Nicht immer können Schülerlabore dann Kontakt zu Forschenden aufnehmen, weil die passende Expertise und das passende Interesse der Forschenden nicht immer gegeben ist. In dem Fall wird hier vermutet, dass generelle Leitlinien durchaus weiterhelfen können. In Kapitel 12 werden außerdem zwei konkrete Instrumente vorgestellt, eine Handreichung für Lernortbetreibende zur Selbstevaluation und Weiterentwicklung sowie ein Fortbildungskonzept für diese Personengruppe.

Hier werden zunächst auf einer generellen Ebene Leitlinien für die Weiterentwicklung in den drei Dimensionen Kontext, Problemlösen und Autonomieunterstützung formuliert. Sie drücken aus, wie Schülerlaborangebote problem-, kontext- und autonomiebasiert (um-)gestaltet werden können, sodass kognitive Verarbeitungsprozesse und Motivationen unterstützt werden. Dabei gründen die Leitlinien nicht nur auf den empirischen Erkenntnissen dieser Studie (s. vorheriges Kapitel), sondern beziehen sich auch auf allgemein diskutierte Bildungsziele und Ziele, wie sie Schülerlabore verfolgen (vgl. Kap. 3).

Bei den hier analysierten Schülerlaborangeboten ließen sich vergleichbare Probleme in den didaktischen Strukturierungen ausfindig machen, weshalb in den Änderungsbedarfen oftmals betont wurde, dass eine stärkere und differenziertere Kontextualisierung, eine Integration von z.T. geschachtelten Problemlöseaufgaben und eine erhöhte Autonomie der Schüler/innen im Wechsel mit geleiteten Plenumsphasen unterstützt werden sollte. Die veränderten Varianten der Angebote zeigen, dass durch die Anpassungen ein gutes Verhältnis zwischen den jeweiligen Polen in den drei Dimensionen hergestellt werden konnte, sodass Schüler/innen sich als positiv wahrnehmen können und motiviert sind, fachlich zu lernen und Zusammenhänge herzustellen. Durch die Veränderung haben sich

Angebotsstrukturen ergeben, in denen die drei Dimensionen gut miteinander harmonisieren und fachliches Lernen sowie die Motivation der Schüler/innen unterstützt werden. Diese Grundgedanken sollen auch in den Leitlinien repräsentiert sein. Metakommunikation über die Intentionen und Funktion der einzelnen Aktivitäten ist dabei essentiell, damit die Schüler/innen erkennen, wie bestimmte Aktivitäten mit dem Kontext zusammenhängen, wie diese zur Lösung der übergreifenden Problemlösung beitragen; und auch was sie als Schüler/innen der 5. und 6. Klasse selbst entscheiden können.

11.1 Leitlinien der Kontextorientierung

Leitlinie „Vom Kontext aus starten und narrative Anker werfen“: Die didaktischen Strukturierungen der Schülerlaborangebote für die 5. und 6. Klasse sollten von einem Kontext ausgehen, der einen Rahmen für den Besuchstag bildet, auf den immer wieder zurückgegriffen wird. Ein Kontext erhöht potenziell die Motivation, indem die Wahrnehmung der Relevanz eines Themas und einer Aufgabenstellung verdeutlicht wird. Um das zu erreichen, sollten schon zu Beginn eine oder mehrere reale Situationen als narrative Anker herangezogen werden, also Geschichten oder Episoden mit Personen, die die Schüler/innen direkt ansprechen oder über ihre (angebotsbezogenen) Probleme sprechen und ggf. von den Schüler/innen Hilfe erbitten. Dies kann zum Beispiel durch ein Video oder die Schilderung einer konkreten Situation unterstützt werden, in denen der Kontext dargestellt wird. Dabei sollte auch die Erfahrungswelt der Schüler/innen integriert werden, indem sie selbst zu Wort kommen, um ihre Erfahrungen mitzuteilen und ihr Vorwissen zu aktivieren und einzubringen. In dem Falle, dass im vorhandenen Angebot bereits mit Kontexten gearbeitet wird, was nicht unwahrscheinlich ist, sollten diese Kontexte weiter „ausgeschmückt“ werden und als Anker instrumentalisiert werden, der verschiedene Aktivitäten des Angebotes motiviert, mit denen ggf. auch mehr über den Kontext erfahren wird (vgl. Nawrath, 2010, hinsichtlich kontextstrukturierter Vorgehens). Einzelne Aktivitäten können dabei vom Kontext abstrahieren oder weitere Beispielkontexte heranziehen, um den Oberkontext besser kennenzulernen und zu „verstehen“. Die didaktische Strukturierung sollte die Schüler/innen also darin unterstützen, im Angebot gewonnene Erkenntnisse wieder auf den Kontext zu beziehen.

Leitlinie „Den Roten Faden des Kontextes kommunizieren“: Bei der Kontextualisierung sollte darauf geachtet werden, dass der *Rote Faden* durch die Wechsel zwischen den Kontextschichten nicht verlorengeht, damit die Kontextualisierung für die Schüler/innen nachvollziehbar bleibt. Insbesondere bei den Übergängen zwischen verschiedenen Einzelaufgaben des Angebots sollte explizit und wiederholt kommuniziert werden, wie bestimmte Aktivitäten zum Verständnis des Kontextes beitragen und transparent gemacht werden, wofür bestimmte Aktivitäten modellhaft stehen. Es ist wichtig, herauszustellen, welche Funktionen konkrete Handlungen haben, wie diese mit dem Kontext zusammenhängen und wie eventuell verschieden verwendete Unterkontexte mit dem Oberkontext, der zu Beginn des Tages als Anker geworfen wurde, in Bezug zu setzen sind. Dafür sollte der Kontext nicht nur durch die leitende Person, sondern auch in Aufgabenstellungen aufgegriffen werden, sodass der Wechsel vom Kontext zu einer modellhaften Darstellung klar

moderiert wird. Des Weiteren können diese Wechsel durch plakative Begriffe unterstützt werden, die explizieren, dass die modellhaften Darstellungen eine vereinfachte Version einer realen Situation abbilden, über die man etwas erfahren möchte. Insbesondere bietet der Modellbegriff in einer eher Alltagssprachlichen Bedeutung viel Potential, deutlich zu machen, dass man in einem Labor Modelle für etwas untersucht, was man im Realen nicht untersuchen kann (z. B. weil es zu teuer, zu groß oder zu klein ist). Das Modell, das man im Labor untersucht, hat seine eigene Realität und stellt damit eine neue Kontextebene dar.

11.2 Leitlinien der Problemorientierung

Leitlinie „Schachtelung von Problemlöseaufgaben strukturieren das Angebot“: Die didaktische Strukturierung sollte Problemlöseaufgaben unterstützen, die einen großen Einfluss auf die Motivation der Schüler/innen haben, denn potenziell erhöhen sie die Relevanzwahrnehmung einer Aufgabenstellung und bei lösbaren Problemen erhöhen sie die Wahrnehmung der eigenen Wirksamkeit. Dabei sollte der kontextualisierte narrative Anker zum Auftakt des Angebotes eine übergeordnete, durchgängige Problemlöseaufgabe ableitbar machen. Die Problemlösesituation sollte mit einem unerwünschten Anfangszustand detailliert dargestellt sein, woraus die Formulierungen detaillierter Zielkriterien abgeleitet werden. Dies kann beispielsweise in Form einer Videobotschaft mit einem Auftrag an die Schüler/innen geschehen, in dem ein unerwünschter Zustand vorgeführt wird, der in einen gewünschten Zielzustand überführt werden soll, oder indem eine bestimmte Situation geschildert wird, für die etwas entwickelt werden soll.

Dabei bietet es sich an, dass die Problemlöseaufgabe das Angebot strukturiert, indem einzelne Aktivitäten zur Lösung des Problems beitragen. So gilt es, eine Sequenzierung des Angebots durch die Problemformulierung, das Bilden von Lösungshypothesen, das Prüfen von Lösungshypothesen und das Bewerten von Lösungshypothesen zu schaffen. Dabei können diese Phasen des Problemlösens durch die leitende Person oder durch anleitende Aufgaben strukturiert werden oder aber die Schüler/innen selbst strukturieren diese Phasen. Folgende Fragen sollten sich Lernortbetreibende stellen: Wer formuliert das Problem? Wer formuliert die Lösungshypothesen? Wer überprüft diese? Wer bewertet, ob man eine zufriedenstellende Lösung gefunden hat? Es können also in einzelnen Phasen des Problemlösens die Handlungsschwerpunkte eher bei den Schüler/innen liegen und bei anderen Phasen bei der leitenden Person. So durchläuft man über den gesamten Tag die Problemphasen, bei denen phasenweise die Schüler/innen den Prozess steuern können.

Des Weiteren können auch zusätzliche, begrenzte Problemlöseaufgaben in die übergeordnete Problemlöseaufgabe eingebettet werden, bei denen die Schüler/innen alle Phasen selbst steuern können (Schachtelung von Problemlöseaufgaben). Diese Problemlöseaufgaben sollten dann aber auch zur Lösung der übergeordneten Problemlöseaufgabe beitragen und weniger komplex sein, sodass die Schüler/innen diese selbstständig und erfolgreich lösen können.

Leitlinie „Problemstruktur kommunizieren“: Die Problemlöseaufgabe sollte explizit als solche durch den Anker-Kontext eingeführt werden, wobei es wichtig ist, die Zielkriterien

von Anfang an transparent darzustellen und regelmäßig ins Bewusstsein der Schüler/innen zu rufen. Über den ganzen Laborbesuch hinweg sollte immer klar sein, wie einzelne Handlungen bzw. Aufgabenstellungen und Aktivitäten zur Lösung beitragen und welchen Anteil die Schüler/innen daran haben könne und sollen. Dementsprechend muss die Problemstruktur mit den unterschiedlichen Phasen konsequent und explizit kommuniziert werden. Dies kann entweder durch die leitende Person oder durch die Aufgabenstellungen geschehen.

11.3 Leitlinien Autonomieorientierung

Leitlinie „Wechsel zwischen Plenarphasen und offenen Gruppenarbeiten“: Eine stärkere Problemorientierung sollte mit einer Öffnung des Angebots hinsichtlich der Selbststeuerung der Schüler/innen einhergehen. Das Angebot sollte so gestaltet sein, dass sich Phasen, in denen die Steuerung stärker bei der leitenden Person liegt, und Phasen, in denen die Schüler/innen stärker selbst steuern können, sich abwechseln (vgl. Abbildung 11.1). So könnten beispielsweise im Plenum bestimmte Aspekte besprochen werden, woraus sich eine Aufgabe ergibt, die die Schüler/innen dann in Gruppen selbstständig und selbsttätig bearbeiten, bevor sie im Plenum wieder zusammenkommen und die Ergebnisse präsentieren, woraus sich dann erneut eine Aufgabe ergibt, die die Schüler/innen selbstständig bearbeiten. Die Aufgabenstellungen, die eine Aktivität der Schüler/innen anbahnen, sollten stärker geöffnet sein und Handlungsspielräume geben. Hilfestellungen, die eine stärkere Fremdsteuerung bedeuten können, sollten als Mittel der Differenzierung angesehen und eingesetzt werden. Denn sie können Schüler/innen mit größerem Unterstützungsbedarf dabei helfen, den Gedankengang, den aktuellen Status des Problemlösens oder den Bezug zum Kontext herzustellen. Dazu gehört auch, dass die Struktur des Angebots Schüler/innen dazu anregt und es honoriert, Aufgaben selbst zu bewältigen, dabei Fehler zu machen, die Schüler/innen motiviert, selbst über Schwierigkeiten nachzudenken, oder sich mit den Mitschüler/innen auszutauschen, bevor man die leitende Person zu Hilfe ruft. Die leitende Person hat in diesen Phasen die Funktion eines Beratenden (Coach).

Es ist insbesondere wichtig, dass die Schüler/innen an bestimmten Stellen selbstständig zwischen Handlungsalternativen entscheiden dürfen, dabei Kriterien entweder übernehmen oder selbst aufstellen und dann anwenden. Dabei sollten Situationen geschaffen werden, in denen eine Abwägung der Handlungsalternativen notwendig ist und Kriterien entwickelt werden müssen, um eine persönliche und begründete Entscheidung herauszufordern. Nur dann kann planvolles Handeln unterstützt werden, was wiederum zur Motivationssteigerung führen kann.

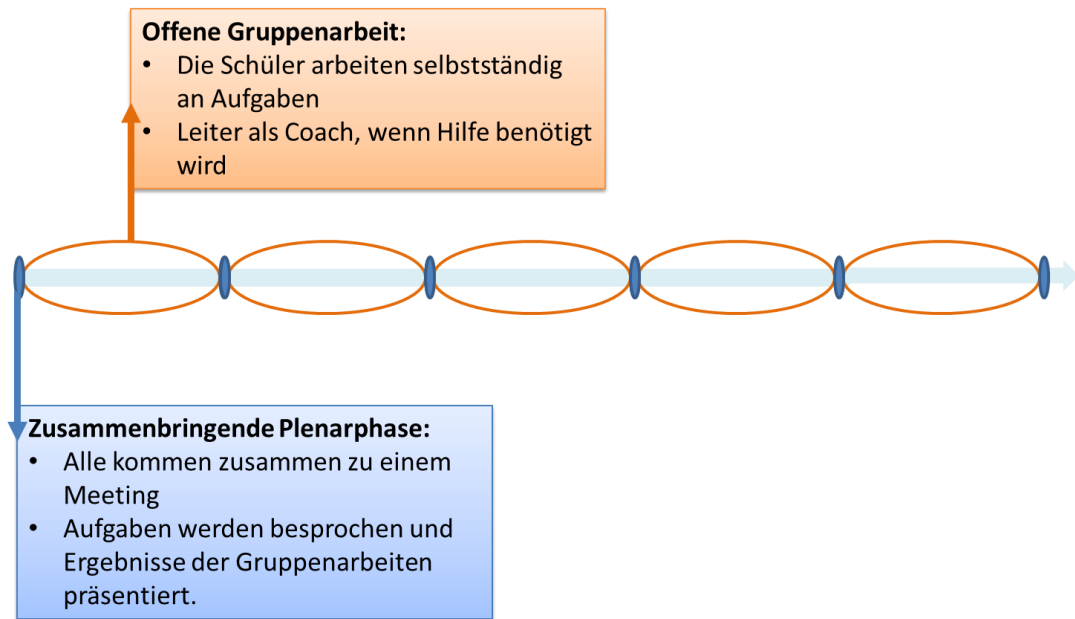


Abbildung 11.1 Wechsel zwischen Phasen starker Fremdsteuerung und der Selbststeuerung der Schüler/innen

Leitlinie „Freiheiten kommunizieren“: Es sollte immer kommuniziert werden, wenn die Schüler/innen etwas selbst planen, entwickeln oder entscheiden dürfen. Die Freiräume sollten also explizit als solche benannt werden, damit die Schüler/innen diese für sich nutzen können.

12 Verwertung und Nutzen der gewonnenen Erkenntnisse

12.1 Nutzen für die Methodik fachdidaktischer Forschung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die komplexe Dynamik in bestimmten MINT-Schülerlaboren aufzuklären und dabei zu identifizieren, wie die Charakteristika dieser Angebote die Schüler/innen zu Lernprozessen bzw. allgemein zu kognitiven Verarbeitungsprozessen anregen. Davon ausgehend hatten die Angebote weiterentwickelt werden sollen. Es werden in diesem Kapitel die Forschungsaufgaben (vgl. Abschnitt 2.4) erneut herangezogen und herausgestellt, inwieweit diese abschließend bearbeitet werden konnten sowie dargestellt, wie die Ergebnisse dieser Studie solche anderer Studien ergänzen, unterstützen oder infrage stellen. In Abschnitt 12.1.1 wird zunächst diskutiert, inwiefern sich die adaptierten Forschungsmethoden und das entwickelte Analyseinstrument als geeignet erwiesen haben, Prozesse auf Schüler/innenseite detailliert zu ergründen und damit für weitere ähnliche Situationen geeignet erscheinen. In Abschnitt 12.1.2 wird ferner diskutiert, inwieweit der hier verwendete Design-based Research-Ansatz umgesetzt werden konnte. Es wird argumentiert, dass die hier vorgenommene Ausdifferenzierung des DBR-Ansatzes zu einem Vorgehen geführt hat, das auch über diese Arbeit hinaus von Bedeutung sein kann, wenn es darum geht, komplexe Praxen zu erforschen.

12.1.1 Nutzen für die Modellierung von Prozessen in Lehr-Lern-Sequenzen

Die Forschungsaufgabe 1 bestand darin zu klären, welche Ziele die Lernortbetreibenden verfolgen und worin sie die Potentiale ihrer Angebote erkennen. Diese Aufgabe ist methodisch gesehen relativ klassisch bearbeitet worden. Es wurden qualitative Interviews eingesetzt, die mit Methoden der Qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet worden sind. Es konnte damit kategoriengestützt in Erfahrung gebracht werden, worin die Betreibenden die Ziele ihres Schülerlabors sehen, wie weit diese mit allgemein diskutierten Zielkonzeptionen übereinstimmen sowie welche Vorstellungen die Lernortleitenden von der Wirkung ihrer Angebote haben. Die Forschungsaufgaben 2 und 3 zu bearbeiten erforderte hingegen, neue Werkzeuge zu entwickeln oder Standardmethoden stärker anzupassen.

Forschungsaufgabe 2: Angebote der Lernorte didaktisch analysieren: Wie ist die didaktische Struktur bei Angeboten im Schülerlabor zu charakterisieren? Welche potenziell beobachtbaren Prozesse (kognitiv, motivational oder Handlungen) lassen sich aus der didaktischen Struktur ableiten?

Forschungsaufgabe 3: Nutzung der Angebote modellieren: Wie nutzen die Schüler/innen die Angebote im Schülerlabor? Welche Handlungen und kognitiven Verarbeitungsprozesse

und motivationalen Prozesse laufen ab (vgl. Kap. 3), wenn die Schüler/innen im Schülerlabor aktiv sind?

Im Rahmen der zweiten Forschungsaufgabe sollten Profile von Schülerlaborangeboten bezüglich bestimmter Charakteristika erstellt werden. Hier war zunächst einige Theoriearbeit zu leisten, bis deutlich wurde, dass es drei relativ komplexe Dimensionen sind, die die Profilierung erlauben: Die Art und Weise der Kontextualisierung der Laborangebote, die Orientierung an Problemlöseaufgaben und die Realisation der Unterstützung autonomen Handelns der Schüler/innen. In diesen Dimensionen sollten Stärken und Schwächen der Angebotsstruktur hinsichtlich potenziell kognitiv und motivational angeregter Prozesse analysiert werden. Ein Standardinstrument für diese Art fachdidaktischer Analyse lag hierfür nicht vor, musste also entwickelt werden.

Gemäß der dritten Forschungsaufgabe sollte die Nutzung der Angebote seitens der Schüler/innen modelliert werden, um die Ergebnisse der fachdidaktischen Analyse zu validieren. Es galt zu klären, welche kognitiven und motivationalen Prozesse sich bei den Schülern/innen rekonstruieren lassen und welche Generalisierungen dabei möglich sind. Das Instrument zur Analyse der didaktischen Struktur ist hierfür ebenso herangezogen worden, nun aber mit Blick auf die Prozesse der Nutzung der Laborangebote durch die Schüler/innen. Um das Analyseinstrument als Rahmen für die empirischen Erhebungen zu nutzen, sind eine Reihe von empirischen Methoden, wie die der teilnehmenden Beobachtung und des Befragens aus einem ethnografischen Ansatz heraus adaptiert worden.

So ist es in Bezug auf die zweite Forschungsaufgabe gelungen, komplexe theoretische Konstrukte wie die Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung zu nutzen, um konkrete Lehr-Lern-Situationen in Schülerlaboren zu modellieren und zu analysieren. Die gewählte Fokussierung auf die drei Dimensionen hat sich sowohl mit aktuellen MINT-Bildungskonzeptionen als auch durch die Ziele der Lernortbetreibenden legitimieren lassen. Es zeigte sich, dass die Stärken und Schwächen der Schülerlabore mit den drei fokussierten Dimensionen sehr gut benannt und beschrieben werden konnten. Der Vorteil der Reduktion von ursprünglich zwölf auf drei Dimensionen ist, dass eine mittlere Komplexität der Beschreibung erreicht wurde, die trotzdem zu aussagekräftigen Ergebnissen geführt hat. Es hat sich besonders die Darstellung des Kontinuums zwischen zwei Polen in den jeweiligen Dimensionen dabei als hilfreich erwiesen. Komplexe Lehr-Lern-Situationen, wie sie in den Schülerlaboren vorherrschen, galt es, mit ihren Stärken und Schwächen und den potenziell ablaufenden Prozessen auf Schüler/innenseite herauszuarbeiten und empirisch zu überprüfen.

Analysetool auch für andere didaktische Strukturierungen

Es wird hier argumentiert, dass das erstellte Analysetool eine Erweiterung klassischer Wege ist, Sachstrukturen zu analysieren und darzustellen. Zwar gibt es verschiedene Verfahren, Sachstrukturen zu modellieren, die fachliche Konzepte in einen Zusammenhang bringen mit Prozessen des Experimentierens oder der Bearbeitung von Aufgabenstellungen (Brückmann, 2009). Aber diese Darstellungen greifen dort zu kurz, wo sie die potenziell ablaufenden kognitiven Prozesse der Lernenden nicht darstellen bzw. die Lernstruktur eines Lernangebots nicht miterfassen. Durch eine solche Verkürzung verschließt sich aber

ein Abgleich zwischen Angebots- und Nutzungsprozessen. Der in diesem Promotionsvorhaben entwickelten Darstellungsform gelingt es, den Fokus bei der Analyse einer Lehr-Lern-Situation nicht allein auf die „Logik der Sachstruktur“ zu lenken, sondern auch auf die kognitiven und motivationalen Prozesse der Lernenden, also auf die „Logik der Lernstruktur“.

Das dreidimensionale Analysetool ist für außerschulische Lernangebote entwickelt, bisher aber nur in Schülerlaboren eingesetzt worden. Doch erscheint es geeignet, auch z. B. in den in Niedersachsen verbreiteten Regionalen Umweltbildungszentren eingesetzt zu werden, wo die Angebote ebenfalls angeleitete Halbtagesangebote umfassen. Doch selbst dort, wo keine anleitende Person den Schüler/innen oder anderen Besuchenden gegenübersteht wie in Science Centern, Nationalparkhäusern oder Museen, liegen didaktische Strukturierungen mit Zielen und Mitteln vor, die mit dem hier entwickelten Analyseinstrument auf ihre Lernstruktur hin untersucht werden können. Allerdings steht der Einsatz dort noch aus.

Allerdings: In einem Projekt zur Vernetzung mehrerer außerschulischer Lernorte (Sajons & Komorek, 2020) bezogen auf ein Oberthema/Oberkontext ist das Instrument in einer ersten Variante erfolgreich angewendet worden, um die Angebote von sechs verschiedenen Lernorten zueinander anknüpfbar zu machen.

Empirisches Vorgehen auch für andere Lehr-Lern-Situationen

In Bezug auf die dritte Forschungsaufgabe hat sich die begleitende Beobachtung als ethnografische Forschungsmethode in Kombination mit dem entwickelten Analyseinstrument als ertragreich herausgestellt. Durch das Mitlaufen mit einer Schüler/innengruppe während eines Vormittags können dabei die dort ablaufenden Aktivitäten und Interaktionen der Schüler/innen direkt erhoben werden und es kann nach bestimmten Aspekten gefragt werden, ohne die Schüler/innen zu stark zu beeinflussen oder zu unterbrechen. Dies begünstigt, die Perspektive der Schüler/innen einzunehmen und direkt zu erleben, wie die Schüler/innen die Aufgabenstellungen und Mittel in einer didaktischen Strukturierung wahrnehmen und nutzen. Es zeigt sich, dass wenn man diese relative Offenheit der empirischen Erhebungsmethode akzeptiert, konkrete Nutzungsprozesse auf Schüler/innenseite feinkörnig rekonstruiert werden können.

Die Vorteile der ethnografischen Forschungsmethode in der Fachdidaktik zur Aufklärung von Lernprozessen beschreibt Roth (1995) folgendermaßen: „Die ethnographischen Methoden, die hier Anwendung fanden, [...] haben den Vorteil, daß sie uns erlauben, die Welt (hier die Arbeit im Laboratorium) mit den Augen der Schüler zu sehen.“ (ebd., S. 159) Trotzdem werden diese Methoden, sich in die Denkkultur von Lernenden einzuleben, indem man auch physisch am Ort ihres Lernens ist, bisher kaum in den Fachdidaktiken als Forschungsmethoden angewendet. Der Blick in einen Tagungsband der GDGP (vgl. Maurer, 2019) zeigt, dass nur drei Prozent der publizierten Beiträge auf die teilnehmende Beobachtung als Forschungsmethode setzen. Dies könnte u.a. daran liegen, dass geeignete Analyseinstrumente zur Auswertung der Daten bezüglich ablaufender kognitiver und motivationaler Lernprozesse bisher fehlten. Die vorliegende Arbeit kann hier einen Beitrag dazu leisten, die ethnografische Methode als fachdidaktische Methode weiterzuentwickeln. Das

ethnografische Methodenspektrum bietet sich insbesondere für außerschulischen Lernorte an, die einen non-formalen Charakter aufweisen. Hier sind standardisierte Verfahren oft unterlegen, wenn sie kognitive Prozesse im Moment der Auseinandersetzung mit Angeboten, Exponaten, Objekten erfassen wollen.

Zusammenfassend konnte also gezeigt werden, dass die ethnografischen Forschungsmethoden in Kombination mit dem hier entwickelten Analyseinstrument geeignet sind, die Strukturen der Angebote in Schülerlaboren fachdidaktisch zu analysieren als auch die ablaufenden kognitiven und motivationalen Prozesse auf Seiten der Schüler/innen zu modellieren. Diskussionen, wie effektiv Schülerlaborangebote überhaupt seien (Nickolaus & Mokhonko, 2017), können nun auf sachlicherer Basis geführt werden. Das Vorgehen kann eine Blaupause sein, wie die Erforschung weiterer außerschulischer Lernangebote in unterschiedlichen Formaten verschiedener non-formaler Lernorte gestaltet werden kann, die sich hinsichtlich der stattfindenden Lernsituation bislang als Blackbox darstellen. Bei diesen „situativen Analysen“ des Lernens können „Aktivitätssysteme“ (Greeno, Collins & Resnick, 1996, S. 40) aufgeschlüsselt werden, in denen Individuen als Mitglieder sozialer Gruppen partizipieren und sich mit materiellen Ressourcen auseinandersetzen (vgl. Greeno, Collins & Resnick, 1996; Brown & Cole, 2000). Diese Untersuchungen bezogen sich bislang meist nur auf Schulen, teilweise auch auf die berufliche Bildung (vgl. Gestenmaier & Mandl, 2001). Das schon von Stark und Mandl (2000) erkannte Defizit, dass motivationale Prozesse bei der Wissenskonstruktion in Lernumgebungen bislang nicht ausreichend explizit gemacht worden seien, wurde von Lewalter und Greyer (2009) bereits bezogen auf Museen als außerschulische Lernorte angegangen und konnte hier hinsichtlich Schülerlaboren ergänzt werden.

12.1.2 *Design-based Research als Ansatz für fachdidaktische Analysen und Entwicklungen außerschulischer Lernorte*

In diesem Abschnitt soll die vierte Forschungsaufgabe, Veränderungsideen entwickeln und Angebote zu variieren, abschließend reflektiert werden.

Forschungsaufgabe 4: Angebote variieren, erproben und Nutzung erneut modellieren:

Wie lassen sich konkrete Angebote auf Basis der didaktischen Analyse und der empirischen Daten so variieren, dass die Potentiale der Schülerlabore bezüglich ihrer eigenen und bezüglich von außen herangetragener Ziele ausgeschöpft werden? Wie lassen sich aus dem Abgleich der SWOT-Analyse und der empirischen Ergebnisse die Änderungsideen ableiten?

Auch geht es um die Frage, welche Interaktionen zwischen Forscher/innen und Lernortverantwortlichen sich nachzeichnen lassen. Um diese Fragen anzugehen, wurde im Rahmen dieser Studie der Design-based Research-Ansatz durch das Angebots-Nutzungs-Modell und die Methode der SWOT-Analyse ausdifferenziert. Der erste Aspekt der Forschungsaufgabe bezüglich der datenbasierten Variation der Angebote der Schülerlabore konnte damit angegangen werden, sodass die von Wilhelm und Hopf (2014) beschriebenen zentralen Vorgehensweisen des DBR-Ansatzes in der Fachdidaktik der Naturwissenschaften durch diese Studie ergänzt werden können. Sie beschreiben den Ansatz als eine nutzenorientierte Grundlagenforschung:

„Design wird als theorieorientierter Prozess für die Lösung konkreter Probleme der Praxis verstanden (Design-based Research Collective 2003; Fischer et al. 2005; Hopf und Wiesner 2008).“ (S. 32)

Das konkrete Ziel ist zunächst einmal genau zu benennen. Wilhelm und Hopf (2008) argumentieren, dass zur Lösung auf frühere Entwicklungen der fachdidaktischen Forschung zurückgegriffen werden muss (vgl. ebd., S. 34). Das in dieser Arbeit vorgestellte Verfahren geht darüber hinaus, indem es erlaubt, die Schwächen eines Angebots in Bezug auf zu erreichende Bildungsziele herauszustellen. Durch die Verknüpfung des DBR-Ansatzes mit der SWOT-Analyse und dem daraus entwickelten Dreischritt ist es möglich, empirisch geprüfte Schwächen existierender und praktisch durchgeführter Angebote zu benennen und somit das „Problem“ als Startpunkt für Veränderungen konkret zu formulieren. Diese enge Anbindung der Problemformulierung an die Praxis (vgl. Kap. 7) hat in der vorliegenden Arbeit unterstützt, Änderungen zu implementieren, die nicht von außen „übergestülpt“ wurden. Es wurden stattdessen Stärken und Schwächen durch die SWOT-Analyse gegenüber den Lernortbetreibenden transparent gemacht, sodass die Angebote gemeinsam weiterentwickelt wurden. Die von Wilhelm und Hopf geforderte Zusammenarbeit zwischen Forschenden und Praktikern (vgl. ebd., S. 36), die zum Ausbau von Design-Methodologien nach Reinmann (2005) geführt hat, wurde realisiert. Wie die Zusammenarbeit zwischen Forschenden und Praktikern gestaltet werden kann und welche typischen Verhaltensmuster sich hierbei nachzeichnen lassen, wurde in Kapitel 7 beschrieben und ist übertragbar auf weitere Forschungszusammenhänge im außerschulischen Bereich.

DBR und Didaktische Rekonstruktion

Diese Ausdifferenzierung des DBR-Ansatzes führt hier außerdem dazu, dass man die Forschungsaktivitäten auch unter dem Blickwinkel der Didaktischen Rekonstruktion betrachten kann (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012). So kann argumentiert werden, dass die drei Analyseschritte (vgl. Kap. 5) den drei zentralen Aufgabestellungen der Didaktischen Rekonstruktion entsprechen. Neben der fachlichen Klärung wird hier aber in erster Linie die fachdidaktische Strukturierung mit ihren Stärken und Schwächen geklärt. Diese werden dann empirisch erhobenen Lernprozessen gegenübergestellt. Ziel ist es dann wie im Modell der Didaktischen Rekonstruktion, eine fachdidaktische Strukturierung datenbasiert weiterzuentwickeln. In diesem Ziel decken sich beide theoretischen Ansätze komplett.

Optimierung von Designs

Grundidee des Design-based Research-Ansatzes ist es, nicht nur einzelne Aspekte oder isolierbare Faktoren eines Angebots zu verändern, sondern an mehreren „Stellschrauben“ gleichzeitig zu drehen, um der Komplexität und Interdependenz der Faktoren gerecht zu werden, wie das folgende Zitat verdeutlicht:

„Design-Based Research geht hingegen davon aus, dass sich ‚funktionierende‘ Lernumgebungen in einem komplexen Wechselspiel verschiedener Einflussfaktoren entwickeln. [...] Ziel ist dann natürlich nicht, dabei herauszufinden, ob eine bestimmte dieser Maßnahmen verantwortlich für gemessene Veränderungen ist.“

Design-Based Research geht davon aus, dass es vermutlich keine solchen isolierbaren Einzelfaktoren gibt. Der Ansatz versucht, Lernumgebungen in einer Perspektive des komplexen Zusammenwirkens verschiedener Einflussfaktoren zu entwickeln und zu verbessern. Dennoch sollen gleichzeitig Beiträge zur Grundlagenforschung geliefert werden.“ (Wilhelm & Hopf, 2008, S. 33)

Dem Anspruch des DBR-Ansatzes (vgl. auch Reinmann, 2005) kann die vorliegende Arbeit gerecht werden. Komplexe Designs wurden verändert und die daraus resultierenden Effekte konnten herausgearbeitet werden. So konnte in Kapitel 9 anhand etlicher Beispiele gezeigt werden, dass verschiedene Änderungen gleichzeitig vollzogen wurden und sich Effekte dadurch nachzeichnen ließen, anhand derer dann in Kapitel 10 generalisierende Aussagen über das Lernen der Schüler/innen gemacht werden konnten. Insgesamt konnte so nachgewiesen werden, dass die Änderungen in den drei untersuchten Dimensionen durch den Einsatz narrativer Anker, die explizite Unterstützung der Wechsel zwischen den Kontextebenen, durch die Schachtelung von Problemlöseaufgaben und durch eine Sequenzierung von Selbst- und Fremdsteuerung die Gesamtqualität des Angebotes verbessert haben. Empirische Ergebnisse des Anchored Instruction-Ansatzes (vgl. Metaanalyse von Blumschein, 2004) bezüglich der kognitiven und motivationalen Aktivierung der Lernenden durch den systematischen Einsatz von Ankermedien konnten bestätigt werden. So konnten beispielsweise im Bereich des Physikunterrichts über mehrere Wochen mit Hilfe von Ankermedien, die einen sogenannten Makrokontext bilden und mit einer komplexen Problemstellung enden, in quasi-experimentellen Interventionsanalysen mit großem Stichprobenumfang ($N > 2000$) große, positive und nachhaltig andauernde Effekte auf Motivation und Lernwirkung belegt werden (Kuhn, 2010). Die vorliegende Studie stellt heraus, dass solche Effekte in außerschulischen Lehr-Lern-Situationen bereits im Laufe eines Tages zu erkennen sind. So konnte gezeigt werden, dass die Schüler/innen durch die Veränderungen, die viele Aspekte des Anchored-Instruction Ansatzes berücksichtigen, besser Zusammenhänge herstellen konnten, ein tieferes Verständnis der Inhalte erlangten, vermehrt planvoll handelten und dabei motivierter waren (→ Kapitel 10). Über die Nachhaltigkeit können anhand der eingesetzten Fragebögen nur vorsichtig positive Aussagen gemacht werden.

Zusammenfassend konnte also das zentrale Ziel des DBR-Ansatzes, „[...] gleichzeitig gute Lernumgebungen zu entwickeln und eine Theorie des Lernens in diesem Themenbereich zu entwerfen oder weiterzuentwickeln“ (ebd., S. 33), in der vorliegenden Studie erreicht werden. Dadurch, dass sowohl das unveränderte als auch das weiterentwickelte Angebot analysiert und empirisch begleitet wurden, konnten in diesem Forschungsprojekt sowohl praktische Outputs wie theoretisch fundierte Materialien, Aktivitätsstrukturen und bestimmte Produkte, die in Lehr-Lernsituationen umsetzbar sind, und empirisch begründete Generalisierungen entwickelt werden. Besonders für die Progression komplexer Lernumgebungen an außerschulischen Lernorten zeigt sich der Design-based Research-Ansatz in der hier verwendeten Ausdifferenzierung als unterstützend und zielführend. Insbesondere die SWOT-Analyse stellt einen neuen Zugang zu didaktischen Analysen dar; sie scheint auch auf andere außerschulische und schulische Lehr-Lern-Situationen übertragbar.

12.2 Nutzen für die Weiterentwicklung von Schülerlaboren

Für die Praxis der Schülerlaborszene soll in diesem Abschnitt der Nutzen dieser Studie herausgestellt werden. In Abschnitt 11.2.1 wird präsentiert, wie das hier entwickelte Vorgehen bereits in von der Autorin betreuten Bachelor- und Masterarbeiten eingesetzt wurde; zum einem, um an den drei kooperierenden Schülerlaboren weitere Angebote zu analysieren und weiterzuentwickeln; zum anderen, um andere Schülerlabore mit den entwickelten dreidimensionalen Analyseinstrument zu untersuchen. Des Weiteren wird in Abschnitt 11.2.2 eine Handreichung vorgestellt, die als Nebenlinie dieser Arbeit entwickelt wurde und sich an Schülerlabore richtet, die ihre Angebote selbst besser verstehen und weiterentwickeln möchten. Die Lernortbetreibenden können mit der Handreichung ihre Angebote hinterfragen, selbst begleitend beobachten, kollegial hospitieren und Veränderungs-ideen erproben. In Konsequenz der begrenzten Ressourcen von Forschenden wird in Abschnitt 11.2.3 über ein Fortbildungskonzept nachgedacht, das auf den Erkenntnissen dieser Arbeit basiert und die in Kapitel 11 formulierten Leitlinien berücksichtigt. Die Fortbildung, die noch zu erproben ist, richtet sich an die pädagogisch Verantwortlichen und Leitenden von Schülerlaboren.

12.2.1 *Anwendung des Analyseinstruments auf weitere Schülerlaborangebote*

Zwei Möglichkeiten, die Ergebnisse dieser Studie zu nutzen, wurden im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten erprobt. Zum einen wird gezeigt, wie am ZNT in Aurich eine Schülerlaborangebot zum Thema des Küstenschutzes analysiert, begleitet und hinsichtlich der Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung weiterentwickelt wurde. Zum anderen wurden mehrere Schülerlabore in Berlin, Hamburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen mit Hilfe des Analyseinstruments hinsichtlich der drei Dimensionen analysiert. Dabei zeigte sich, dass das Instrumentarium auch in der Hand relativ unerfahrener Personen grundsätzliche Stärken und Schwächen hinsichtlich der drei Dimensionen offenbart und Änderungsnotwendigkeiten abzuleiten erlaubt.

Das ZNT-Angebot „Die Küstenlandschaft, in der wir leben“ analysieren und weiterentwickeln

In den Abschlussarbeiten von Lindemann (2019) und Jähnke (2019) wurde mit Hilfe der hier entwickelten Methoden ein weiteres Angebot des ZNT analysiert, empirisch begleitet und weiterentwickelt. Das Vormittagsangebot „Die Küstenlandschaft, in der wir leben“, wurde im Sinne des DBR-Ansatzes in der unveränderten und in der veränderten Version erprobt. Das Angebot wird vom ZNT regelmäßig für 5. oder 6. Klassen angeboten. Es umfasst naturwissenschaftliche, geografische und technische Aspekte des Küstenschutzes an der Nordseeküste. Meeresspiegelveränderungen, die über die Jahrtausende erfolgten bzw. in den letzten Jahrzehnten menschengemacht sind, werden thematisiert und sollen in ihren Gründen und Folgen erkundet werden. Das Angebot wird sehr gern von Schulklassen gebucht und wird von Lehrkräften als hochwertig eingestuft; dennoch wird nach Optimierungsmöglichkeiten gesucht.

Im ersten Schritt arbeiten Lindemann (2019) und Jähnke (2019) Stärken und Schwächen des Angebotes hinsichtlich der Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung heraus, die sie mit Hilfe von empirischen Daten der Nutzungsprozesse von Schüler/innen zu validieren versuchen. Sie identifizieren beispielsweise als eine Schwäche der didaktischen Struktur,

dass der Kontext einer Zeitreise durch die Geschichte der Küstenlandschaft teilweise nicht transparent dargestellt wird, sodass die Schüler/innen darin behindert werden, einen Zusammenhang zwischen den einzelnen Aktivitäten und der Zeitreise als übergeordnetem Kontext herzustellen. Es gelingt den Schüler/innen weitgehend nicht, Erkenntnisse in den historischen Verlauf einzuordnen (vgl. z. B. Lindemann, 2019, S. 37). Außerdem stellt Lindemann (2019) heraus, dass die didaktische Struktur streckenweise fremdgesteuert ist und viele Plenarphasen umfasst, in denen die Schüler/innen eine eher passive Rolle einnehmen. Weiterhin zeigen die empirischen Ergebnisse, dass die Schüler/innen dadurch gehemmt werden, Vorwissen einzubringen und kaum Planvolles Handeln stattfindet, sodass die Schüler/innen sich nicht als autonom wahrnehmen (vgl. ebd., S. 38f). Prozesse des Problemlösens werden nur teilweise unterstützt, indem auf instruktionale Aufgaben gesetzt wird (vgl. ebd., S. 39). Vorschläge zur Weiterentwicklung des Angebotes formulieren die Autorinnen dahingehend, dass der Kontext der Zeitreise expliziter während des Angebotes thematisiert werden soll. Als Mittel werden „Agents“ (ein fiktiver Junge und ein fiktives Mädchen) eingesetzt, die mit Audiobotschaften als narrative Anker den Schüler/innen Nachrichten von ihrer Zeitreise zukommen lassen. Ein Zeitstrahl ist entworfen worden, der im Laufe des Angebots immer weiter ergänzt wird, wobei ein Bezug zwischen den Aktivitäten der Schüler/innen und dem Kontext konsequent ersichtlich wird (vgl. ebd., S. 43 f.). Die Studierenden arbeiten zudem die Idee aus, dass die Agents immer wieder mit Problemen der damaligen Zeit konfrontiert werden, die die Schüler/innen dann für die Agents selbstständig lösen sollen. Diese eingebetteten Problemlöseaufgaben erlauben, selbstgesteuert handeln zu können (vgl. ebd., S. 45).

Die datenbasierten und begründeten Veränderungsvorschläge haben die Studierenden mit den Lernortbetreibenden diskutiert und ausdifferenziert an das Angebot angepasst, Audiobotschaften wurden erstellt und alle Prozesse in der Gruppe aus Forschenden und Praktikern reflektiert. Lindemann (2019) und Jähnke (2019) konnten zeigen, dass die Veränderungen deutliche Verbesserungen der Autonomie- und Relevanzwahrnehmung der Schüler/innen erreicht haben sowie dass die fachlichen Inhalte und die kontextuellen Zusammenhänge in Interviews von den Schüler/innen besser reproduziert werden konnten als beim unveränderten Angebot (Lindemann, 2019, S. 60 ff.). Grundsätzlich kann also gesagt werden, dass es mit Hilfe des hier entwickelten Analyseinstruments und den verwendeten fachdidaktischen Forschungsmethoden gelingt, auch andere Angebote der hier begleiteten Schülerlabore erfolgreich weiterzuentwickeln, auch wenn die forschenden Akteure noch wenig Erfahrung mit fachdidaktischen Methoden aufweisen.

Ergebnisse auf andere Schülerlabore übertragen

Um eine Einschätzung davon zu gewinnen, inwieweit das Instrumentarium auch für die Analyse anderer Schülerlabore geeignet ist und man zu ähnlichen oder anderen Ergebnissen kommt, untersuchten Brinkmann, Reimers und Schelm (2018) in ihrer gemeinsamen Abschlussarbeit fünf verschiedene Schülerlabore. Damit sollte ein breiteres Spektrum an Schülerlaboren und Angeboten abgedeckt werden als es in der vorliegenden Arbeit möglich war. Die fünf Schülerlabore, die besucht wurden, waren nach der Kategorisierung des Vereins LernortLabor alle „Klassische Schülerlabore“, drei davon zusätzlich zur Wissenschaftskommunikation und eines mit Berufsorientierung. Bei der Auswahl wurde darauf

geachtet, dass verschiedene Ausrichtungen der Schülerlabore abgedeckt werden. So wurde ein historisch ausgerichtetes Labor, welches an ein Museum gebunden ist, ein Labor eines Science Centers sowie drei Labore verschiedener Forschungszentren, die Themen aktueller Wissenschaft aufgreifen, begleitet.

Die Studentinnen charakterisierten diese in den drei Dimensionen Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung und dokumentierten die eingesetzten Mittel. Dazu besuchten sie pro Lernort jeweils ein Vormittagsangebot, welches sich an 5. und 6. Klassen richtet. Die begleiteten Angebote dauern zwischen einer und sechs Stunden und greifen die naturwissenschaftlich-technischen Themen „Elektrotechnik“, „Licht und Farben“, „Mechanik“, „Vakuum“ und „Optik“ auf. Grundlage für die Analysen stellten ebenfalls ethnographisch orientierte Begleitungen der Schüler/innen während der Angebote der Schülerlabore dar. So galt es, eine teilnehmende Beobachtung mit Hilfe eines Rasters sowie ein anschließendes leitfadengestütztes Interview durchzuführen (vgl. ebd., S. 11). Konkret wurde anhand dessen analysiert, inwiefern das jeweilige Angebot in einen lebensweltlichen, technischen oder wissenschaftlichen Kontext eingebettet ist, inwiefern die Aufgabenstellungen im Angebot auf das schülerseitige Lösen von Problemen setzen und wie autonom Schüler/innen im Angebot agieren können, sich selbst Ziele stecken und ihren Arbeitsprozess selbst gestalten dürfen (vgl. ebd., S. 15). Untersucht wurde konsequenterweise auch, wie die Schüler/innen die Ausrichtungen der Angebote in den Dimensionen wahrgenommen haben und wie sie dies bewerteten. Diese Analysen wurden in der Arbeit detailliert dargestellt und anhand derer Stärken und Schwächen der Angebote herausgestellt, die durch die empirischen Daten der Nutzungsprozesse der Schüler/innen untermauert wurden (vgl. ebd., S. 20 ff.). Es zeigt sich, dass sich ähnliche Stärken und Schwächen wie bei den in dieser Studie begleiteten drei Schülerlaboren darstellen. So identifizieren die Autorinnen beispielsweise an allen Orten eine starke Fremdsteuerung durch Arbeitsmaterialien oder die leitende Person als eine Schwäche der begleiteten Angebote und zeigen auf, dass die Schüler/innen die Aufgabenstellungen dadurch teilweise als „nur alles nach Anleitung machen“ beschreiben (ebd., S. 46). Es zeigte sich aber auch, dass Schüler/innen bereits kleine Freiräume sehr honorieren und die hohe Schüleraktivität äußerst positiv wahrgenommen wird (vgl. z. B. ebd., S. 60). Außerdem stellen die Autorinnen heraus, dass alle Angebote kaum auf die Lösung von Problemsituationen setzen, sondern vor allem strukturierte Aufgaben mit engmaschigen Instruktionen verwenden (vgl. z. B. ebd., S. 77). Zwar zeigen sie in ihren Analysen auf, dass an mehreren Orten einzelne Aufgabenstellungen der Angebote Potentiale hinsichtlich einer Problemlösung haben, diese aber nicht ausgeschöpft werden, weil Zielkriterien nicht klar dargestellt werden und der Lösungsweg vorgegeben ist (vgl. z. B. ebd., S. 96 f.). Sie zeigen, dass die Schüler/innen sich hier wenig herausgefordert fühlen, was sie durch Schüler/innenaussagen wie „Jeder hat einem gesagt, was du jetzt machen sollst und was du nicht machen sollst.“ (ebd., S. 28) belegen. Bei der Kontextorientierung stellen sie unter anderem als Schwäche auch heraus, dass Schüler/innen den Zusammenhang zwischen dem übergeordneten Kontext und den Experimenten teilweise nicht herstellen können (vgl. ebd., S. 20 f.). Letztendlich formulierten Brinkmann, Reimers und Schelm daraus erste, empirisch begründete Ideen zur Weiterentwicklung der Angebote (vgl. ebd., S. 29 ff.).

Grunderkenntnis dieser Abschlussarbeiten ist, dass das Instrumentarium mit den drei Dimensionen auch für die Analyse anderer Laborangebote und anderer Schülerlabore geeignet ist. Es wurde gezeigt, dass sich in den drei Dimensionen differenzierte Profile der Schülerlabore aufstellen lassen und didaktische Stärken und Schwächen der Strukturierungen erkannt werden können. Die Abschlussarbeiten machen zudem deutlich, dass das Instrumentarium auch für Personen mit geringer fachdidaktischer Vorerfahrung handhabbar ist und ihnen zu soliden Ergebnissen verhilft. Diese Erkenntnis ist deswegen entscheidend, weil nur dann ein Selbstentwicklungstool, wie es im nächsten Abschnitt beschrieben wird, zielführend entwickelt werden kann.

12.2.2 *Handreichung zur Selbstreflexion für Schülerlabore*

Diese Handreichung, wurde zusammen mit den Schülerlaborvertreter/innen entwickelt und präsentiert einen Weg, wie sich Schülerlabore selbst beforschen können. Die Elemente der Handreichung basieren auf den in diesem Forschungsvorhaben verwendeten Erhebungsinstrumenten sowie den Grundideen des Analyseinstruments. Die Handreichung soll den Betreibenden helfen, die ablaufenden Prozesse in ihren Angeboten besser zu verstehen, indem sie sich gegenseitig kollegial beraten sowie einzelne Schüler/innen-gruppen bei ihrer Arbeit im Schülerlabor begleiten und befragen. So können die Verantwortlichen mehr über die Handlungen, das Denken, die Beweggründe und die Motivation ihrer Schüler/innen erfahren und erkennen, inwieweit sich diese als selbsttätig erfahren. Diese Erkenntnisse sollen durch bestimmte Reflexionsfragen, die im Kreise der Leitenden und Durchführenden diskutiert werden, ein offenes Nachdenken anregen. Die Handreichung gibt schließlich Hinweise, wie das eigene Angebot aufgrund der erkannten Prozesse und der reflektierten Ziele weiterentwickelt werden kann. Wie die Weiterentwicklung im Detail aussehen kann, kann dieses Tool nicht beantworten, aber die Erfahrung zeigt, dass vor Ort meist viele unausgesprochene gute Ideen und eine hohe Kreativität vorhanden sind, die die Handreichung hilft, aufzuschließen. Die Verwendung von Kontexten, die Integration von Problemlösesituationen sowie die Selbstbestimmung und die Interaktivität der Schüler/innen werden neben der generellen Zielklarheit in den Fokus gerückt. Die Selbstausswertung der Laborangebote wird in der Handreichung in vier Schritte gegliedert (vgl. Abbildung 12.1), die im Folgenden erläutert werden sollen. Die Handreichung ist von der Autorin bei der Jahrestagung 2018 des Vereins LernortLabor präsentiert und diskutiert worden. In ihrer verteilten gedruckten Fassung fand sie bei den Vertreter/innen der Schülerlabore ein reges Interesse einschließlich der Ankündigung, die Handreichung einzusetzen; Ergebnisse des Einsatzes sind allerdings nicht bekannt.



Abbildung 12.1 Vier Elemente der Selbstausswertung von Schülerlaborangeboten

a) Schülerlabore aus der Distanz kollegial begleiten

In diesem Schritt der Analyse werden die Betreibenden der Schülerlabore dazu angeregt, sich gegenseitig kollegial zu begleiten und dabei auf bestimmte Aspekte des Angebotes zu achten. Hier wird beschrieben, dass eine Kollegin/ein Kollege, die/der das betrachtete Angebot üblicherweise nicht selbst durchführt, im Hintergrund bleibt und Augen und Ohren offenhält. Dabei soll die Aufmerksamkeit besonders auf die drei Dimension (s.o.) und die Transparenz der Ziele gerichtet sein. Um dies zu erreichen, umfasst die Handreichung obligatorische Leitfragen, die während der Beobachtung schriftlich beantwortet werden sollten. Diese sind:

- Inwiefern sind die Aktivitäten auf ein bestimmtes Ziel hin ausgerichtet? Wie werden die Ziele den Schüler/innen mitgeteilt?
- Welcher Kontext bildet den Rahmen? Wie strukturiert der Kontext die Aufgabenstellungen?
- Ist mit dem Kontext ein anregendes Problem verbunden? Welches genau? Wie wird dieses Problem dargestellt? Sind die Zielkriterien klar formuliert?
- Inwiefern können Schüler/innen selbst bestimmen, wie sie die Aufgaben bearbeiten? Wer steuert die Aktivitäten der Schüler/innen? Was genau können die Schüler/innen selbst entscheiden?
- In welchen Phasen unterstützt das Angebot die Interaktion zwischen den Schüler/innen? Wie wird die Interaktion unterstützt?

b) Mit Schülergruppe begleitend ins Gespräch kommen

In diesem Schritt wird vorgeschlagen, auch einmal zum Mitglied einer Schülergruppe zu werden und mit der Gruppe zusammen das Laborangebot komplett zu durchlaufen, um es aus der Sicht der Schüler/innen wahrzunehmen. Es wird hier also die ethnographische

Forschungsmethode vorgeschlagen. Die Betreibenden sollen erfahren, wie Schüler/innen denken, was sie wahrnehmen, was für sie neu und was bereits bekannt ist. Eine wichtige Frage hierbei ist, inwieweit die Schüler/innen den Kontext, also die „Geschichte“ hinter dem Laborangebot verstehen und die einzelnen Tätigkeiten darauf beziehen können und inwieweit sie sich die Aufgabenstellungen zu eigen machen. Für die Begleitung werden den Betreibenden in der Handreichung verschiedene, den Schüler/innen zu stellende Fragen vorgeschlagen und erklärt, was durch diese herausgefunden werden soll. Hier fokussieren die Fragen auf die gleichen Aspekte wie bei der kollegialen Beobachtung, sodass Ergebnisse aufeinander bezogen werden können:

- Der Kontext kann den Sinn der Tätigkeiten im Schülerlabor verdeutlichen. Aus ihm heraus können sich Problemstellungen ergeben, die die Schüler/innen herausfordern. Erfahren Sie im Gespräch, wie sich die Schüler/innen den Kontext und die Problemstellungen zu eigen machen:
 - Was hat diese Aufgabe mit den anderen Aufgaben zu tun?
 - Was bedeutet euer Ergebnis? Wofür ist es wichtig?
- Zu klären ist, wie die Schüler/innen es in der konkreten Situation wahrnehmen, ob und was sie selbst bestimmen können und entscheiden dürfen. Als Mitglied der Gruppe erfahren Sie die Innensicht der Schüler/innen:
 - Was durftest du gerade selbst bestimmen, entscheiden, planen?
 - Was möchtest du gern selbst untersuchen?

c) Schülergruppe nach dem Laborangebot interviewen

In diesem Schritt werden die Laborbetreibenden angeleitet, eine Schülergruppe am Ende des Laborangebotes komplett zu befragen. In einem kleinen Interview sollen die Laborbetreibende erfahren, was für die Schüler/innen rückblickend schwierig oder einfach war und wie sie das Angebot wahrgenommen haben und reflektieren. Die Zielrichtung der Befragung/des Gesprächs ist die gleiche wie bisher, um alle Ergebnisse später aufeinander beziehen zu können. Es geht nun verstärkt darum, zu erfahren, wie die Schüler/innen die Ausrichtung des Angebotes nach Abschluss rekonstruieren und bewerten. Dafür werden in der Handreichung wiederum Leitfragen formuliert:

- Beschreibt bitte, was ihr heute getan habt.
- Welche Aufgabe solltet ihr lösen? Wie war die Aufgabe für euch: herausfordernd, einfach, schwierig? Wodurch kam das?
- Was bedeutet euer Ergebnis? Wofür ist es wichtig? Womit kannst du es verbinden?
- Was durftet ihr selbst entscheiden, bestimmen oder planen?
- Was hat Spaß gemacht? Was war nicht so gut und sollte anders ablaufen?

d) Angebote gemeinschaftlich kritisch reflektieren

Bei diesem Element der Handreichung werden die Laborbetreibenden aufgefordert, auf Basis der erhobenen Daten die Ziele und die Wirkungen ihres Laborangebots mit Distanz zu reflektieren. Hier sollen sie sich über die Ziele Ihres Angebots und darüber klar werden, wie die eingesetzten Mittel und Aufgaben eigentlich wirken sollen. Was ist maximal erreichbar? Welches Potential ist noch ungenutzt? Kann man die Angebote hinsichtlich der

in der Handreichung fokussierten Aspekte auch anders denken? Um die Angebote gemeinsam in diesem Sinne kritisch zu reflektieren, bietet die Handreichung verschiedene konkrete Reflexionsfragen. Dabei sollen die Ergebnisse aus a), b) und c) mit einbezogen werden:

- Was sind die Ziele des Lernortes und des speziellen Angebots?
- Welche Fähigkeiten und Fertigkeiten sollen die Schüler/innen entwickeln?
Wie soll das geschehen?
- Welche Möglichkeiten bietet der Lernort? Inwieweit sind diese ausgeschöpft?
- Was begeistert an unserem Lernort? Was macht ihn attraktiv?
- Wieso haben wir uns für diese Phasen und Elemente im Angebot entschieden?
- Wie sollen die Phasen und Elemente des Angebots Handeln, Denken und Lernen im Detail unterstützen?
- Wie können wir das konkrete Angebot unseres Labors variieren und weiterentwickeln?

Weiterentwicklung der Angebote. Abschließend unterstützt die Handreichung dabei, die Ergebnisse aufeinander zu beziehen und Ideen für die Variation bzw. Weiterentwicklung des Angebotes zu generieren. Leitfragen helfen wiederum dabei, Diskrepanzen zu entdecken und darauf aufbauend in der Gruppe Ideen für die Variation des Angebots zu entwickeln. Abschließend motiviert die Handreichung dazu, die Veränderungen auszuprobieren und die Schüler/innen erneut zu befragen, um zu erheben, wie die Modifikationen wirken:

- Wo weichen unsere Erwartungen und unsere Einschätzung vom Einfluss des Laborangebots von der Sicht und Einschätzung der Schüler/innen ab?
- Welche Eigenschaften des Angebots werden erst durch die Augen der Schüler/innen deutlich?
- Welche Stärken sind ausbaubar, welche Schwächen lassen sich mit kreativen Veränderungen des Angebots ausgleichen?
- Welche Potentiale sind nutzbar? Welche Variationen könnten ausprobiert werden?

Die Handreichung endet mit der Anregung an die Gruppe der Verantwortlichen, die Ideen für die Variation des Angebots auszuprobieren, die Schritte a) bis d) erneut zu durchlaufen und offen zu prüfen, ob sich Verbesserungen oder überhaupt neue Entwicklungen auf Seiten der Schüler/innen zeigen. Die Handreichung möchte einen forschenden Habitus in den Schülerlaboren installieren, der die vorhandene Kompetenz der Praktiker/innen nutzt, das Vorhandene immer wieder zu hinterfragen und im Sinne von Design-based Research permanent zu optimieren. Dieser Habitus der Verantwortlichen entspricht dem des *reflective practitioners* (vgl. Schön, 1983).

12.2.3 Fortbildungskonzept für pädagogisch Verantwortliche in Schülerlaboren

Aufbauend auf den Grundgedanken und Methoden dieser Studie, den gesammelten Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit den Lernorten, den formulierten Leitlinien zur Weiterentwicklung von Schülerlaborangeboten sowie der Handreichung zur Selbstreflexion soll in diesem Abschnitt ein Fortbildungskonzept für Laborbetreibende skizziert werden.

Fortbildungskonzepte für außerschulische Lernorte sind bisher wenig vorhanden, jedoch äußerst nötig: „As the notions of preparing informal science educators develop, university preparatory programs are needed that focus on educational theory and learning and program evaluation within ISE [informal science education].“ (Patrick, 2017, S. 41) Dabei werden die didaktisch und inhaltlichen Kernkomponenten erfolgreicher Fortbildungen nach Lipowsky (2010) herangezogen.

Es ist nicht das Konzept einer solchen Fortbildung, den Teilnehmer/innen der Lernorte nur zu sagen, was sie tun sollen, oder ihnen fertige Materialien an die Hand zu geben. Vielmehr geht es darum, dass sie selbst einen Bedarf zur Weiterentwicklung ihrer Angebote erkennen. Dazu soll ihnen in der Fortbildung fachdidaktisches Wissen so nahegebracht werden, dass sie ihre Angebote selbsttätig reflektieren und weiterentwickeln können. Es soll das fachdidaktische und diagnostische Wissen der Laborbetreibenden vertieft werden, indem ihnen verschiedene Hilfsmittel zur Selbstreflexion der eigenen Angebote an die Hand gegeben werden (entsprechend der Handreichung des vorigen Abschnitts). Dies ist deshalb besonders wichtig, weil „[e]rfolgreiche Fortbildungen [...] Lehrpersonen zum vertieften Nachdenken über ihre eigene Praxis [anregen].“ (ebd., S. 64). Auch hier wiederum zählt das Konzept des reflective practitioners (vgl. Schön, 1983).

Die Fortbildung setzt darauf, dass die Teilnehmenden einen Bedarf verspüren, etwas an ihren Angeboten zu verändern. Als Paradigma wird deshalb zunächst der konstruktivistische Grundgedanke des Angebots-Nutzungs-Modells thematisiert werden, wonach es kein Automatismus ist, dass die Schüler/innen etwas immer genauso wahrnehmen und lernen, wie es sich das Schülerlabor wünscht. Nur wenn sich die Betreibenden diesem Ansatz öffnen oder ihn sowieso schon nachvollziehen, kann der Nutzen der Selbstreflexion verstanden werden. Dies kann dadurch unterstützt werden, dass anekdotenhaft von den Erfahrungen der Weiterentwicklungen der drei Lernorte in dieser Studie berichtet wird. Dabei sollen exemplarisch auch empirische Daten einbezogen werden, die in der vorliegenden Studie erhoben wurden und Probleme plakativ darstellen; die vorliegende Studie stellt damit eine große Quelle von best-practice-Beispielen dar, die auch anhand von Transkriptauszügen genutzt werden sollen. Nach Lipowsky (2010, S. 64) erhöht dies die Qualität von Fortbildungen, sodass die Laborbetreibenden prototypisch Probleme und Weiterentwicklungen auf ihre eigenen Angebote beziehen können.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass „eine Kombination aus reflexions- und handlungspraktischen Erprobungsphasen“ (ebd., S. 64) stattfindet. Die Fortbildung ist deshalb als dreitägige Veranstaltung konzipiert, die sich über einen Zeitraum von ca. zwei Monaten erstreckt. Die Teilnehmenden sollen so dazu angehalten werden, mit den neuen Einsichten eigene Erfahrungen zu sammeln, die sie an den weiteren Fortbildungstagen einbringen. Im Folgenden wird ein möglicher Ablauf dargestellt:

Tag 1: Eigene Angebote reflektieren und Stärken und Schwächen ihrer didaktischen Struktur erkennen

a) Ziele von Schülerlaboren reflektieren

Zunächst sollen die Lernortbetreibenden „einen Schritt zurücktreten“, um die Ziele und Wirkungen ihrer Laborangebote mit etwas Distanz zu reflektieren (→ Handreichung: kritische Selbstreflexion). Nachdem diese Ziele zusammengetragen wurden, werden die drei Dimensionen der Kontext-, Problem- und Autonomieorientierung als relevante Bildungsziele vorgestellt und erklärt. Ziel ist hier, in einer Diskussion die von den Leitenden genannten Zielvorstellungen der Lernorte diesen drei Dimensionen, wo es geht, zuzuordnen. Auf diesem Wege sollen die Beteiligten erkennen, inwiefern ihre Zielvorstellungen mit denen der drei Dimensionen verknüpft sind oder es eben nicht der Fall ist, was in beiden Fälle auf die Relevanz der drei Dimensionen hinausläuft.

Im Anschluss soll die konstruktivistische Sichtweise thematisiert werden, die besagt, dass das Erreichen dieser Ziele überprüft werden muss, weil man nicht davon ausgehen kann, dass die Schüler/innen immer automatisch das verinnerlichen, was das Angebot zu vermitteln versucht. Anekdotenhaft wird hier von Schülerlaboren berichtet, bei denen die Schüler/innen in der Feedback-Phase mit Hilfe von Smileys die Angebote durchweg positiv bewerten, sich bei einer Befragung aber gezeigt hat, dass Ziele nur teilweise erreicht wurden und Schüler/innen unzufrieden waren. An diesem Beispiel aus der Praxis wird der Bedarf an einer Weiterentwicklung herausgearbeitet.

b) Tool zur Analyse von Angeboten kennenlernen

Den Teilnehmenden wird ein Tool zur Selbstreflexion vorgestellt (s. Handreichung in 12.2.2). Der Grundgedanke wird erklärt, dass es darum geht, Stärken und Schwächen der eigenen Angebote zu erkennen, indem die Angebote kritisch reflektiert werden (s. Handreichung: kollegiale Hospitation) und die Sicht der Schüler/innen kennengelernt wird (s. Handreichung: mit Schüler/innen ins Gespräch kommen und Schüler/innen interviewen).

- In einem ersten Schritt wird die Funktion kollegialer Hospitationen aufgegriffen und gezeigt, wie bestimmte Ausrichtungen der Angebotsstruktur mit Hilfe von Leitfragen analysiert werden können, um Stärken und Schwächen herauszustellen. Anhand von Videosequenzen, in denen Angebote exemplarisch vorgestellt werden, sollen die Lernortbetreibenden das Analysetool selbst ausprobieren und Stärken und Schwächen des Gesehenen herausarbeiten. Nachdem die Analysen im Plenum zusammengetragen wurden, werden die Ergebnisse durch einige Auszüge der SWOT-Analysen dieser vorliegenden Studie ergänzt.
- Zusätzlich werden den Teilnehmenden noch die Abschnitte der Begleitung von Schüler/innen während des Angebotes sowie von Befragungen im Anschluss exemplarisch gezeigt. Die Teilnehmenden sollen diese nutzen, um die Sicht der Schüler/innen darzustellen und Stärken sowie Schwächen der SWOT-Analyse zu untermauern, ausdifferenzieren oder zu widerlegen. Auch dies wird im Plenum besprochen und diskutiert.

c) Das eigene Angebot reflektieren

Abschließend erhalten die Teilnehmenden eine gedruckte Fassung der Handreichung zur Selbstreflexion, mit der sie bis zum zweiten Fortbildungstag eigene Angebote reflektieren sollen.

Tag 2: Angebote aufgrund der erkannten Schwächen weiterentwickeln

d) Reflexionen der eigenen Angebote diskutieren

Die Teilnehmenden berichten von ihren Erfahrungen mit dem Einsatz der Handreichung. Erkannte Stärken und Schwächen der Angebote werden gesammelt. Anschließend wird der Prozess der Weiterentwicklung aufgegriffen und es wird im Sinne von best practice Beispielen berichtet, wie in bestimmten Schülerlaboren der Prozess der Weiterentwicklung von Angeboten gelaufen ist. Es wird daran herausgestellt, dass dies kein einfacher Weg war, sondern einer, der mit Frustrationen verbunden war und dass dies wahrscheinlich auch den Teilnehmenden der Fortbildung bevorsteht. Es werden hier aber auch schon in Form von Zitaten Schülerlaborbetreibende zu Wort kommen, die davon berichten, dass dieser Prozess zwar viel Arbeit ist, sie aber im Anschluss einen deutlichen Mehrwert für die Schüler/innen und auch für den Lernort darin erkennen, dass sie ihre Ziele besser erreichen.

e) Leitlinien werden vorgestellt

Im Plenum werden auf Grundlage der vorgestellten Reflexionen der eigenen Angebote erste Ideen für Weiterentwicklungen gesammelt. Dies kann in Kleingruppen geschehen. Die Ideen werden durch die Leitlinien zur Entwicklung von Schülerlaboren in den drei Dimensionen (s. Leitlinien in Kapitel 10) ergänzt. Um dies verständlicher zu machen, wird anhand des beispielhaften Angebots des ersten Tages eine mögliche Umsetzung der Leitlinien vorgestellt. Anschließend werden empirische Ergebnisse der Lernprozesse der Schüler/innen herangezogen, um die Effekte der Veränderungen zu verdeutlichen.

f) Leitlinien werden zur Weiterentwicklung der Angebote angewendet

Die Teilnehmenden nutzen ihre Selbstreflexionen und die Leitlinien für die Weiterentwicklung und wenden sie auf ihre eigenen Angebote an. Hierfür tauschen sie sich zunächst in kleinen Gruppen aus, bevor exemplarisch anhand eines Angebotes im Plenum Ideen ergänzt und konkretisiert werden. Die Betreibenden erhalten die Aufgabe, bis zum dritten Fortbildungstag die Ideen zur Weiterentwicklung am eigenen Lernort zu erproben und erneut mit Hilfe der Handreichung zu reflektieren.

Tag 3: Gemeinsame Reflexion der neu entstandenen Angebote

g) Erfahrungen werden präsentiert

Erneut präsentieren die Teilnehmenden – diesmal, wie sie ihre Angebote konkret ausgebaut haben. Anschließend werden die Erfahrungen bei der Erprobung der

Weiterentwicklung diskutiert. Dabei werden folgende Aspekte fokussiert: Wie haben sich die Änderungen ausgewirkt? Was ist schief gegangen? Welche Erkenntnisse konnten durch die Begleitungen der Schüler/innen gesammelt werden? Welchen Mehrwert haben die Änderungen für die Schüler/innen? Wo sind weitere Entwicklungsmöglichkeiten? Inwiefern wären die Änderungen auch auf andere Angebote übertragbar? Welche Hemmnisse bestehen weiterhin? Wie haben die Kollegen/innen reagiert?

h) Rückbezug auf die Ziele

Am Ende werden die Ziele des ersten Tages erneut betrachtet und in einer Abschlussdiskussion reflektiert, inwieweit die Lernorte diese durch die Weiterentwicklungen besser erreichen und wo noch Diskrepanzen zu erkennen sind, die weiterer Entwicklungen bedürfen.

Diese Fortbildung hat noch nicht stattgefunden, steht aber als weiterführende Entwicklungs- und Forschungsaktivität an. Sie soll an eine Initiative der Universität Oldenburg angebunden werden, Fortbildungskonzepte systematischer zu erforschen. Fortbildungen für Personen außerschulischer Bildungsinstitutionen sind kaum vorhanden, aber gerade deswegen notwendig, weil diese Personen meist nicht aus pädagogischen Kontexten stammen, zumindest keine pädagogische Ausbildung haben. Im Sammelband von Patrick (2017) „Preparing Informal Science Educators - Perspectives from Science Education and Education“ wird auf diesen Bedarf eindringlich hingewiesen und es werden Beispiele für die Qualifizierung solcher Personen vorgestellt, die sich sämtlich auf den amerikanischen Bildungsmarkt beziehen. In Deutschland ist dieser Bedarf noch gar nicht erkannt, obwohl der außerschulische Bildungssektor, insbesondere im MINT-Bereich, schon unüberschaubar groß und bedeutsam ist. Über die Qualifizierung der dort Aktiven ist insgesamt wenig bekannt.

13 Resümee, Begrenzungen und Ausblick

Die Arbeit ist mit der selbst gestellten Aufgabe gestartet, die Dynamik der Lehr- und Lernprozesse in Schülerlaboren aufzuklären und deren Angebote auf Basis der Erkenntnisse weiterzuentwickeln; zunächst mit dem allgemeinen Ziel, die ablaufenden Lehr-Lern-Prozesse zu verbessern. Diese Aufgabenstellung hat sich aus dem Ansatz des vom Land Niedersachsen geförderten Programms GINT ergeben, das angetreten ist, „MINT-Lernen in informellen Räumen“ zu untersuchen. Denn im Lernen an außerschulischen, non-formalen Lernstandorten hat das Programm ein großes ungenutztes Potential gesehen, während in der Forschung bislang vor allem Aspekte von Interesse und Motivation an solchen Orten im Blickpunkt standen. Doch es stellte sich die Frage, welche Ziele die Lernorte selbst mit ihren Angeboten verfolgen, und wie das Ziel, die Dynamik auf der Ebene des Lernens zu untersuchen, operationalisiert werden könnte.

Es zeigte sich, dass die Lernorte neben der Entwicklung von Interesse für MINT-Themen, dem authentischen Kontakt mit Wissenschaft und der „Begeisterung“ dafür durchaus auch das fachliche Lernen, das Verstehen von Kontexten wie der Nachhaltigkeitsdiskussion und das Herstellen von Zusammenhängen verfolgen. Um zu untersuchen, wie weit das gelingt, wurde ein Analysewerkzeug entwickelt, das eine Doppelfunktion erfüllen sollte. Zum einen sollte es ermöglichen, die didaktische Struktur der betrachteten Angebote zu analysieren, zum anderen, die ablaufenden Denk- und Lernprozesse der Schüler/innen empirisch erheben. Ausgangspunkt waren zwölf Facetten, mit denen die Angebote charakterisiert wurden. Diese Facetten ließen sich aber gruppieren und fokussieren auf die drei zentralen, die als Dimensionen mit zwei Polen herausgearbeitet wurden: die Orientierung der Angebote an Kontexten, die Integration von Problemlöseaufgaben und die Unterstützung der Autonomie der Schüler/innen. Sie lassen sich durch Konzepte allgemein akzeptierter Bildungskonzeptionen und auch durch die zum Ausdruck gebrachten Ziele der Lernortleitenden legitimieren. Die Pole der jeweiligen Dimensionen sind komplementär, denn Kontextualisierung und Dekontextualisierung haben beide ihre Bedeutung für das Lernen. Allein etwa die Forderung nach mehr Kontexten entspricht auch der Diskussion in den Fachdidaktiken nicht. Eine starke Selbstbestimmung etwa hilft nicht jeder Schülerin bzw. jedem Schüler. Nur offene Problemlöseaufgaben können manche Schüler/innen kognitiv überfordern.

Mit dem entwickelten Instrumentarium konnten die Angebote der drei Schülerlabore ZNT in Aurich, Lernort Technik und Natur Wilhelmshaven und DLR_School_Lab in Bremen analysiert werden. Es zeigt sich durchgängig, dass die Angebote in den drei Dimensionen zu einseitig ausgerichtet waren bzw. nicht in jeder Situation die richtige Balance gefunden hatten. Die Ergebnisse der Analysen wurden durch empirische Daten validiert. Meist bestätigten sich die erkannten Probleme der Analyse. Um die empirischen Daten zu erlangen, sind Schülergruppen eng durch die Angebote begleitet, dabei befragt und nachträglich

interviewt worden. Mit den Lernortleitenden zusammen wurden Veränderungen für die Angebote überlegt und im Rahmen einer erneuten empirischen Untersuchung auf ihre Effekte hin untersucht. Es zeigte sich, dass die neu eingestellte Balance in den drei Dimensionen bei den Schüler/innen zu einem besseren Verständnis der fachlichen Inhalte und Zusammenhänge geführt hat. Außerdem konnte ihre Motivation, sich mit den Aufgaben zu beschäftigen, bei gleichzeitiger Intensivierung der Selbstwirksamkeitswahrnehmung gesteigert werden.

Die Änderungen lagen bei allen drei Angeboten in den gleichen Bereichen. Erstens wurden durch narrative Anker und eine stärkere Thematisierung der genutzten Kontexte die Bedeutung und Einordnung der einzelnen Aufgaben an den Laborvormittagen erhöht. Dekontextualisierende Phasen wurden als solche betont. Zweitens wurden verstärkt Problemlöseaufgaben eingebettet, die mit den Kontexten in Verbindung standen. Instruktionssorientierte Aufgaben hatten aber weiterhin auch als Mittel der Differenzierung ihre Bedeutung. Die Problemlöseaufgaben forderten kognitiv stärker heraus und erhöhten die Relevanzwahrnehmung der Aufgabenstellungen und die Wahrnehmung von Selbstwirksamkeit. Und drittens wurden Phasen des selbstbestimmten Arbeitens mit den Problemlöseaufgaben explizit eingerichtet, die die Autonomiewahrnehmung und damit insgesamt die Motivation der Schüler/innen steigerte. Fremdbestimmte Plenumsphasen behielten aber ihre Funktion darin, dass die Schüler/innen immer wieder zusammengekommen sind und ihre Aktivitäten auf das Gesamtziel des Laborvormittags beziehen konnten.

Die Arbeit konnte also im Sinne des genutzten Design-based Research-Ansatzes zu Optimierungen der Angebote führen. Gleichzeitig sind Ergebnisse auf drei Generalisierungsebenen (nach Reinmann, 2005) entstanden: a) Bereichsspezifische Generalisierungen gelangen dadurch, dass Erkenntnisse über alle drei Lernorte gewonnen werden konnten, wie Lernangebote mit Hilfe der drei Dimensionen charakterisiert werden können. Dies ist bei weiteren Schülerlaboren im Rahmen dieser Arbeit bereits angewendet worden. Die generalisierbaren Erkenntnisse beziehen sich auch auf die kognitiven und die motivationalen Prozesse auf Schüler/innenseite, die sich im Rahmen des konstruktivistischen Angebots-Nutzungs-Modells (nach Helmke, 2012) mit der didaktischen Struktur des Angebots in Verbindung setzen lassen. b) Auf der Ebene der „Design-Methodologien“ konnten Erkenntnisse für die Zusammenarbeit von Forschenden und Praktiker/innen an den Lernorten gewonnen werden. Insbesondere der ethnografische Ansatz bezogen auf das „Einleben“ der Forschenden in den sozialen Kontext der Mitarbeitenden des Schülerlabors hat sich als Schlüssel erwiesen, um das Gehör für notwendige Änderungen der Angebote zu finden. c) Und auf der Ebene der „Design-Prinzipien“ konnten Leitlinien für die Analyse und Weiterentwicklung von Angeboten formuliert werden, die sich wiederum auf die drei zentralen Dimensionen dieser Arbeit beziehen. Nachfolgend konnte eine darauf aufbauende Handreichung für Schülerlabore entwickelt und bereits auf Tagungen diskutiert werden. Auch konnte ein Konzept für eine Fortbildung von pädagogisch Verantwortlichen einschließlich Praxisphasen entworfen werden, dessen Erprobung noch ansteht.

Trotz der zahlreichen Ergebnisse auf unterschiedlichen Ergebnisebenen sind einige Begrenzungen der Studie zu konstatieren, die auf weitergehende Forschung verweisen.

Begrenzung durch die Wahl des Forschungsfeldes: Im Rahmen der Studie wurden drei Schülerlabore begleitet, die sich bei all ihren Unterschieden auch sehr ähnlich sind. Das zeigt sich auch daran, dass sie in der Kategorisierung des Vereins LernortLabor zu den klassischen Schülerlaboren gezählt werden, also nur eine von rund zehn Sparten repräsentieren. Ferner wurden nur solche Angebote der drei Schülerlabore begleitet, die sich für einen einzigen Vormittag an eine ganze Klasse richten. Die Angebote der drei Schülerlabore im Nachmittagsbereich wurden hier nicht untersucht. Somit sind die Ergebnisse dieser Studie nur für einen Teil der Schülerlabore und deren Angebote mehr oder weniger repräsentativ. An diese Einschränkung knüpft sich direkt der Forschungsbedarf, zu klären, inwieweit die Ergebnisse dieser Studie auf andere Schülerlaborkategorien übertragbar sind. Im Rahmen studentischer Abschlussarbeiten konnte das bereits in Ansätzen bestätigt werden.

Begrenzung durch nur drei Dimensionen: Obwohl sich die Fokussierung auf Kontexte, Problemaufgaben und Schülerautonomie unter mehreren Perspektiven rechtfertigen lässt und durch Änderungen in diesen Dimensionen auch Optimierungen der Angebote erreicht wurden, wird ein Großteil der angesprochenen Dynamik in den Schülerlaboren dadurch ausgeblendet. Welche Rolle das Interesse der Schüler/innen und ihr Vorwissen oder der soziale Hintergrund bei ihren kognitiven Prozessen und bei ihrer Motivation spielen, sich mit den Inhalten der Schülerlabor zu befassen, kann nicht beantwortet werden. Hier besteht also der Bedarf, stärker auf personenbezogene Variablen zu fokussieren, wenn weitergehende Forschung hinsichtlich der Interdependenz relevanter Einflüsse angesetzt wird.

Begrenztheit der empirischen Methodik: Qualitative Interviews und begleitende Befragungen waren in dieser Studie die Methoden der Wahl, pre-post-Fragebögen dienten der Unterstützung. Diese gewählten Methoden erlaubten, im Moment der Interaktion mit den Objekten und Aufgaben nah bei den Schüler/innen zu sein. Die gewählten Methoden sorgten auch dafür, dass der Ablauf des Labortages nicht zu sehr gestört wurde. Allerdings sind, wie angesprochen, viele relevante Daten nicht erhoben worden, beispielsweise zu den Voraussetzungen der Schüler/innen, aber auch zu den beobachtbaren Handlungen der Schüler/innen. Auf Videografie wurde verzichtet, um die Störung durch die Begleitforschung zu minimieren, um den Aufwand der Datengenerierung klein zu halten und um rechtliche Fragen niederschwellig zu halten. Dennoch wären gerade Videodaten interessant, um Prozesse auf der Handlungsebene erheben zu können und Sicht- und kognitive Tiefenebene noch weiter aufeinander beziehen und räumliche Interaktionen genauer betrachten zu können.

Auch ist zu bedenken, dass die Stichprobe mit 45 begleiteten Schüler/innen relativ klein ist. Fragebögen von 450 Schüler/innen ändern daran nichts, weil diese Daten lediglich als Hintergrundinformationen dienen. Inwieweit die begleiteten Schülergruppen repräsentativ für die gesamte Klasse sind und die Klassen repräsentativ für andere Klassen und Schulen, kann nicht beurteilt werden. Auch wurden immer drei Schüler/innen als ein Fall ausgewertet; individuelle Prozesse konnten nicht betrachtet werden, wären aber unter der Perspektive von Heterogenität und Differenzierung wichtig zu analysieren. Um höhere Repräsentativität zu erlangen, müsste nach statistischen Grundsätzen eine Repräsentativität hergestellt werden. Dann wäre aber bei weiterhin qualitativer Methodik ein hoher

Aufwand zu erwarten. Von der gesamten komplexen Dynamik des Schülerlaborbesuches konnte hier aufgrund der Begrenztheit der Methodik also nur ein Ausschnitt betrachtet werden.

Begrenzung durch Fokussierung auf den Laborbesuch: Durch diese Studie konnten Prozesse innerhalb der Schülerlabore rekonstruiert werden. Diese Besuche sind mehr oder weniger gut in schulische Prozesse eingebettet. Doch wie können effektive Einbettungsprozesse gestaltet sein? Welche Konzepte und Materialien sind dafür notwendig? Erste Entwicklungen und Erprobungen von Einbettungsmaterialien sind als Seitenlinie dieser Arbeit bereits im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit vorhanden (Weinstock, 2018). Denkbar ist ein Format, bei dem die Schüler/innen sich im Unterricht mit einem Thema befassen, zu dem eine Frage auftaucht, die mit den schulischen Möglichkeiten nicht geklärt werden kann, weshalb man als Lehrkraft die Möglichkeiten eines Schülerlabors heranzieht, weil hier nur der Besuch eines außerschulischen Lernortes ein gemeinsam festgestelltes Problem zu lösen hilft. Die dort erarbeiteten Inhalte, Produkte und Lösungsstrategien würden dann in der Schule wieder aufgegriffen und vertieft werden.

Hier wäre es zunächst notwendig, geeignete Materialien und Konzepte dafür zu entwickeln, schulisches und außerschulisches Lernen miteinander zu verzahnen. Dieser Prozess müsste erneut im Sinne der hier entwickelten Forschungsmethoden, eingebettet im DBR-Ansatz, empirisch begleitet werden, um die Lernprozesse nachzuzeichnen und die Einbettungsmaßnahmen weiterzuentwickeln. Auch mehrmalige Besuche im Schülerlabor und Vertiefungen/Vorbereitungen in der Schule wären denkbar. Die ablaufenden schulischen und außerschulischen Prozesse wären dann detailliert zu untersuchen und zu optimieren. Vorteile der Schülerlabore gegenüber der Schule wie mögliche fächerverbindende, kontext- und kompetenzorientierte Ansätze könnten genutzt werden, um auch Schule weiterzuentwickeln. Somit kann die Forschung zum außerschulischen Lernen durchaus auch die schulische Bildungsrealität zu entwickeln helfen. Darüber hinaus lassen sich anhand der Ergebnisse der Studie weitere Forschungs- und Entwicklungsbedarfe erkennen:

Beforschung der Qualifizierung von Laborbetreibenden: Weiterbildung in Schülerlaboren beginnt dort, wo die Lernortbetreibenden einen forschenden Habitus einnehmen, ihr Verhalten und die didaktische Struktur ihrer Angebote kritisch reflektieren. Diese Selbstweiterentwicklungsprozesse, auf Basis einer Handreichung (s. o.) oder flankiert durch eine Fortbildung von Lernortbetreibenden, gilt es weitergehend zu beforschen, um die Wirksamkeit der Handreichung und der Fortbildung hinsichtlich der Lernprozesse empirisch zu untersuchen. Denn es zeigte sich in den Interviews mit den Laborbetreibenden, dass sie oft Schwierigkeiten haben, Ziele bestimmter Aufgabenstellungen und Handlungen der Schüler/innen zu benennen.

Übertragung auf didaktische Strukturierungen in Schulen: Die Ergebnisse machen deutlich, dass viele Aspekte der Schulforschung auf die Schülerlabore übertragbar sind. Es besteht also eine enge Verwandtschaft zwischen Schule und Schülerlabor, enger als man vor dieser Studie hätte behaupten können. Durch die Brille der Forschung in den Schülerlaboren gewinnt man eine zusätzliche Perspektive auf Schule und es ist zu fragen, inwiefern die Ergebnisse dieser Arbeit auf die Schule rückübertragbar sind. Ein Beispiel ist die Dimension

der Autonomie. Persönlich war die Autorin an vielen Stellen mehr als überrascht, wie selbst kleinste Freiheiten in den Schülerlaboren von den Schüler/innen in den Interviews positiv honoriert wurden. Ob man ein rotes oder schwarzes Kabel wählen darf, wäre aus fachdidaktischer Sicht nur ein sehr kleiner Freiraum, die Schüler/innen aber generalisierten von diesen Möglichkeiten auf das gesamte (noch unveränderte) Angebot und merkten an, dass sie hier selbst entscheiden durften. Objektive (fachdidaktische) und subjektive Wahrnehmung gehen hier auseinander und verwiesen auf die Frage, wie es denn mit Freiräumen in schulischen Kontexten aussieht. Die drei herausgearbeiteten Dimensionen müssten damit auch auf schulische Angebote angewendet und diese im DBR-Verfahren optimiert werden. Wahrscheinlich würde man zu der Erkenntnis kommen, dass schulische MINT-Lernangebote schülerlaborartiger werden könnten, was wiederum den Bedarf an außerschulischen Laborangeboten reduzieren könnte.

Und so endet diese Studie über das außerschulische Lernen an Schülerlaboren mit einem Blick zurück auf die Schule, die weiterhin einen Entwicklungsbedarf hat. Durch die Kombination beider Lernorte scheint ihr Zusammenwachsen und ihre Entwicklung bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Unterschiedlichkeit möglich.

14 Verzeichnisse

14.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1 Struktur der Arbeit und Ausrichtung der Kapitel	5
Abbildung 3.1 Integration einiger Dimensionen in den drei zentralen Dimensionen ...	30
Abbildung 3.2 Gegenpole der Dimensionen der Kontextorientierung (gelb), Problemorientierung (rot) und Autonomieorientierung (grün)	70
Abbildung 3.3 Zusammenstellung der hier betrachteten kognitiven Verarbeitungsprozesse	74
Abbildung 3.4 Zusammenstellung der hier betrachteten motivationalen Prozesse.....	76
Abbildung 3.5 Integrierendes Analyseinstrument.....	78
Abbildung 4.1 Modell der Fachdidaktischen Entwicklungsforschung (Prediger et al., 2012)	83
Abbildung 4.2 Angebots-Nutzungsmodell für außerschulische Lernorte nach Meier (2015)	84
Abbildung 4.3 Forschungs- und Entwicklungsschema der vorliegenden Studie.....	85
Abbildung 4.4 Analysedimensionen zur Modellierung von Angebots-Nutzungs- Prozessen.....	86
Abbildung 4.5 Analysedimensionen - Darstellung des vollständigen Analyse- instruments	91
Abbildung 4.6 Dreischritt: SWOT-Analyse – Empirische Überprüfung - Änderungskonsequenz	92
Abbildung 4.7 Darstellung der empirische Erhebungsinstrumente	94
Abbildung 5.1 Wettfahrt mit den Solarbooten der Schüler/innen	104
Abbildung 5.2 Der computer-gesteuerte heiße Draht	105
Abbildung 5.3 Testung des verlöteten Solarboots	106
Abbildung 5.4 Steckboard mit zwei Solarzellen und einem Motor	106
Abbildung 5.5 Die Vakuumglocke	108
Abbildung 5.6 Eine Landekonstruktion der Schüler/innen	108
Abbildung 5.7 Der Raketenstart	109
Abbildung 5.8 Ortswechsel während des Laborangebots	154
Abbildung 7.1 Prozess der gemeinsamen Weiterentwicklung.....	187
Abbildung 7.2 Exemplarische Folie der Gegenüberstellung der SWOT-Analyse und der Ziele der Lernorte	188
Abbildung 7.3 Exemplarische Folie des aus der Diskrepanz abgeleiteten Änderungsvorschlages.....	189

Abbildung 7.4 Beispielhafter Auszug aus einem vorgeschlagenen Ablaufplan	190
Abbildung 8.1 Gemeinsam sortierte Bildkarten	201
Abbildung 8.2 Handsteuerung des heißen Drahtes	204
Abbildung 8.3 Drei ungeeignete Rumpfformen	205
Abbildung 8.4 Abdecken einzelner Solarzellen beim Wettrennen	206
Abbildung 8.5 Videobotschaft von Doris	207
Abbildung 8.6 Präsentation der Schaltungen	208
Abbildung 8.7 Abschlusserprobung der Solarboote	209
Abbildung 8.8 Startrampe der Wasserrakete	210
Abbildung 8.9 Gemeinsame Konstruktion des Landers	211
Abbildung 11.1 Wechsel zwischen Phasen stärkerer Fremdsteuerung und der Selbststeuerung der Schüler/innen	295
Abbildung 12.1 Vier Elemente der Selbstausswertung von Schülerlaborangeboten	307

14.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1 Kognitiver Prozess: Wahrnehmen	88
Tabelle 4.2 Kognitiver Prozess: Begriffsbilden/Konzeptbilden	88
Tabelle 4.3 Kognitiver Prozess: Planvolles Handeln	89
Tabelle 4.4 Kognitiver Prozess: Problemlösen	89
Tabelle 4.5 Kognitiver Prozess: Kontextualisieren und Abstrahieren	90
Tabelle 4.6 Motivationale Prozesse	90
Tabelle 5.1 Informationen zum Datenmaterial	110
Tabelle 5.2 Cohens Kappa κ der verschiedenen Analysedimensionen	111
Tabelle 5.3 Handlungen und Aufgabenstellungen im Segment 3	112
Tabelle 5.4 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich Kontextorientierung	114
Tabelle 5.5 Codes für kognitive und motivationale Prozesse	115
Tabelle 5.6 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich Kontextorientierung	115
Tabelle 5.7 Codes für Stärken und Schwächen	117
Tabelle 5.8 Codebeschreibung für Transkripte	118
Tabelle 5.9 Empirische Validierung hinsichtlich der Schwäche „ <i>Geringe Unterstützung beim Wechsel zwischen Kontext und dekontextualisiertem Modell</i> “ (W3vK-Sch1)	119
Tabelle 5.10 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich Problemorientierung	123
Tabelle 5.11 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich des Problemlösens	124

Tabelle 5.12 Empirische Validierung hinsichtlich der Schwäche „ <i>Kein Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe</i> “ (W3vP-Sch1)	125
Tabelle 5.13 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich Autonomieorientierung.....	129
Tabelle 5.14 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich Autonomie	130
Tabelle 5.15 Empirische Validierung hinsichtlich Stärke „ <i>Hohe Aktivität der Schüler/innen</i> “ (Wv3A-St1)	136
Tabelle 5.16 Empirische Validierung hinsichtlich der Schwäche „ <i>Hohe Fremdsteuerung</i> “ (Wv3A-Sch1)	141
Tabelle 5.17 Empirische Validierung hinsichtlich der Schwäche „ <i>Keine Entscheidungsfreiräume</i> “ (Wv3A-Sch2)	147
Tabelle 5.18 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der Kontextorientierung.....	156
Tabelle 5.19 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der Problemorientierung	166
Tabelle 5.20 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der Autonomieorientierung	173
Tabelle 9.1 Aufgabenstellungen	214
Tabelle 9.2 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich der Kontextorientierung	216
Tabelle 9.3 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich der Kontextorientierung	217
Tabelle 9.4 Empirische Validierung hinsichtlich der Stärke „ <i>Wechsel zwischen Kontextebenen wird unterstützt</i> “ (W3nK-St1)	220
Tabelle 9.5 Empirische Validierung hinsichtlich der Stärke „ <i>Bezug zum übergeordneten Kontext</i> “ (W3nK-St2)	224
Tabelle 9.6 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich Problemorientierung	226
Tabelle 9.7 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich der Dimension Problemlösen	227
Tabelle 9.8 Empirische Validierung hinsichtlich der Stärke „ <i>Bezug zur übergeordneten Problemlöseaufgabe</i> “ (W3nP-St1)	229
Tabelle 9.9 Ausprägung der Angebotsstruktur des Segments 3 hinsichtlich der Autonomieorientierung.....	236
Tabelle 9.10 Vorangelegte kognitive und motivationale Prozesse der fachdidaktischen Angebotsstruktur hinsichtlich Autonomie	237
Tabelle 9.11 Empirische Validierung hinsichtlich der Stärke „ <i>Hohe Selbsttätigkeit und Entscheidungsspielräume</i> “ (Wn3A-St1)	241

Tabelle 9.12 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der Kontextorientierung	254
Tabelle 9.13 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der Problemorientierung	273
Tabelle 9.14 Ergänzende Stärken und Schwächen der SWOT-Analyse hinsichtlich der Autonomieorientierung	279

14.3 Literaturverzeichnis

- acatech & Körber-Stiftung (2014). *MINT-Nachwuchsbarometer 2014*. Hamburg: Groothuis.
- acatech (2009). *Strategie zur Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft - Handlungsempfehlungen für die Gegenwart, Forschungsbedarf für die Zukunft*. Zugriff am 26.04.2020 unter https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_bezieht_Position_Nachwuchsstrategie.pdf
- Aikenhead, G. (1994). What is STS Science Teaching? In: J. Solomon & G. Aikenhead (Hrsg.), *STS Education. International Perspectives on Reform* (S. 47-59). New York, London: Teachers College Press.
- Alheit, P., & Dausien, B. (2007). Lifelong learning and biography. A competitive dynamic between the macro- and the micro level of education. In: L. West (Hrsg.), *Using biographical and life history approaches in the study of adult and lifelong learning* (S. 57–70). Frankfurt: Lang.
- Altrichter, H. (2007). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht: Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsevaluation durch Aktionsforschung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- American Institutes for Research: Huberman, M., Bitter, C., Anthony, J., & O'Day, J. (2014). *The shape of deeper learning: Strategies, structures, and cultures in deeper learning network high schools. Report #1 Findings from the Study of Deeper Learning: Opportunities and outcomes*. Washington DC, New York: American Institutes for Research & The Research Alliance for New York City Schools.
- Anderson, J. R. (2013). *Kognitive Psychologie*. Berlin: Springer.
- Andrews, K. R. (1987): *The Concept of Corporate Strategy*. Washington, Richard D. Irwin.
- Autorengruppe Bildungsberichtserstattung. (2012). *Bildung in Deutschland 2012 - Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zur kulturellen Bildung im Lebenslauf*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG.
- Bakker, A. (2018). *Design research in education: A practical guide for early career researchers*. Abingdon: Routledge.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioural change. *Psychological Review*, 84, 191-215.
- Baumert, J. (2000). *Schülerleistungen im internationalen Vergleich - Eine neue Rahmenkonzeption für die Erfassung von Wissen und Fähigkeiten*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Behrendt, H. (2000). STS - Alternative zum Physikunterricht? *Plus Lucis*, 3/2000, 26-28.
- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approaches of Science

- Teaching. *Science Education*, 91, 347-370.
- Bereiter, C. (2002). Design research for sustained innovation. *Cognitive Studies, Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*, 9 (3), 321-327.
- Biermann, H., Schöpe, T., Geigenmüller, A. & Enke, M. (2009). Ingenieurmangel in Deutschland - ein Image- und Kommunikationsproblem? In: M. Nagl, H.-J. Bargstädt, M. Hoffmann & N. Müller (Hrsg.), *Zukunft Ingenieurwissenschaften - Zukunft Deutschland. Beiträge einer 4ING-Fachkonferenz und der ersten Gemeinsamen Plenarversammlung der 4ING-Fakultätentage am 14. und 15.07.2008 an der RWTH Aachen* (1. Aufl., S. 147-158). Berlin, Heidelberg: Springer.
- BIFIE. (Hrsg.). (2013). *Themenheft Mathematik „Problemlösen“*. Volksschule Grundstufe I + II. Graz: Leykam.
- BLK (1998). *Orientierungsrahmen. Bildung für eine nachhaltige Entwicklung*. Bonn: Bundesländer-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung.
- Blumschein, P. (2004). Eine Metaanalyse zur Effektivität multimedialen Lernens am Beispiel der Anchored Instruction. Dissertation. Albert-Ludwigs Universität Freiburg. Zugriff am 04.05.2020 unter https://www.researchgate.net/publication/29753787_Eine_Metaanalyse_zur_Effektivitat_multimedialen_Lernens_am_Bei-spiel_der_Anchored_Instrucion
- BMBF (Hrsg.) (2001). *Das informelle Lernen - Die internationale Erschließung einer bisher vernachlässigten Grundform menschlichen Lernens für das lebenslange Lernen aller*. Bonn: BMBF Publik.
- Boekaerts, M. (1999). Self-regulated learning: Where we are today. *International Journal of Educational Research*, 31, 445-475.
- Boysen, G., Fösel, A., Heise, H., Schepers, H., Schlichting, H. J. & Schön, L.-H. (2007). *Fokus Physik - Gymnasium 7/8*. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Brandt, A. (2005). *Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors*. Göttingen: Cuvillier.
- Brinkmann, L., Reimers, A. & Schelm, A. (2018). *Analyse von Schülerlaborangeboten hinsichtlich der Facetten Kontextorientierung, Unterstützung von Autonomie und Problemlösen*. Bachelorarbeit. Oldenburg: Universität.
- Brown, K. & Cole, M. (2000). Socially shared cognition: System design and the organization of collaborative research. In: D. H. Jonasson & S. M. Land (Hrsg.), *Theoretical foundations of learning environments* (S. 197-214). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Brückmann, M. (2009). *Sachstrukturen im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie*. Berlin: Logos.
- Burk, K., Rauterberg, M. & Schönknecht, G. (Hrsg.) (2008). *Schule außerhalb der Schule. Lehren und Lernen an außerschulischen Orten*. Frankfurt a.M.: Grundschulverband.
- Chow, B. (2010): The Quest for Deep Learning. *Education Week*, 30 (6), 1–3.

- Clausen, S. (2015). *Systemdenken in der außerschulischen Umweltbildung – eine Feldstudie*. Münster: Waxmann.
- Cobb, P., Confrey, J., di Sessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Collins, A., Brown, J.S. & Newman, S. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In: L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in the honour of Robert Glaser* (S. 453–494). Hillsdale; NJ: Erlbaum.
- Dähnhardt, D., Haupt, O. J. & Pawek, C. (Hrsg.). (2009). *Kursbuch 2010 – Schülerlabore in Deutschland: Lernort Labor*. Marburg: Tectum Verlag.
- Damerau, K. (2012). *Molekulare und Zell-Biologie im Schülerlabor Fachliche Optimierung und Evaluation der Wirksamkeit im BeLL Bio (Bergisches Lehr-Lern-Labor Biologie)*. Dissertation. Uni Wuppertal. Zugriff am 17.04.2020 unter <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-3530/dc1231.pdf>
- de Haan, G. (2006). Bildung für nachhaltige Entwicklung – ein neues Lern- und Handlungsfeld. *UNESCO heute*, 1, 4-8.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223–228.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2002). Overview of self-determination theory: An organismic dialectic perspective. In: E. L. Deci. & R. M. Ryan. (Hrsg.), *Handbook of self-determination research* (S. 3–33). Rochester: Rochester University Press.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2012). Motivation, personality, and development within embedded social context: An overview of self-determination theory. In: R. M. Ryan (Hrsg.), *Oxford handbook of human motivation* (S. 85-107). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Deci, E.L., Ryan, R.M. & Williams, G.C. (1996): Need satisfaction and the self-regulation of learning. *Learning and Individual Differences* 8, 165-183.
- Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I. & Ralle, B. (2008). *Chemie im Kontext: Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5-8.
- Deutsches Institut für Erwachsenenbildung (2016). *Selbstgesteuertes lernen*. Zugriff am 14.10.2017 unter www.die-bonn.de/wb/2016-selbstgesteuertes-lernen-01.pdf
- Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (2016a). *Kanton Zürich Bildungsdirektion. Lehrplan 21 -Natur, Mensch, Gesellschaft*. Zugriff am 17.04.2020 unter https://zh.lehrplan.ch/container/ZH_DE_Fachbereich_NMG.pdf.
- Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (2016b). *Kanton Zürich Bildungsdirektion. Lehrplan 21 - Grundlagen*. Zugriff am 17.04.2020 unter

https://zh.lehrplan.ch/container/ZH_Grundlagen.pdf

- Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2005). Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung. In: D. Höttecke (Hrsg.). *GDCP-Tagungsband 2004* (S. 220-223). Münster: Lit.
- Dietrich, S., Fuchs-Brüninghoff, E. (1999). *Selbstgesteuertes Lernen – auf dem Weg zu einer neuen Lernkultur*. Frankfurt: Deutsches Institut für Erwachsenenbildung.
- DLR_School_Lab Internetpräsenz (2020). *Raus aus der Schule – rein ins Labor!*. Zugriff am 04.05.2020 unter <https://www.dlr.de/schoollab/bremen>
- Dochy, F., Segers, M., van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13, 533-568.
- Döring, N.; Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. 5. Aufl. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung (Kohlhammer-Standards Psychologie / Denkpsychologie)*. 1. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer.
- Dresing, T.; Pehl, T. (2015). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitativ Forschende*. 6. Auflage. Marburg: Eigenverlag.
- Dreyer, H.P. et al. (1999). *Phänomena, Aspekte der Realität in Physikaufgaben*. Zürich: Sabe-Verlag.
- Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (Hrsg.). (2007). Kontextorientiert unterrichten [Themenheft]. *Unterricht Physik*, 18, Heft 98. Seelze: Friedrich Verlag.
- Duit, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der natur-wissenschaftsdidaktischen Lehr-Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik* 41 (6): 905– 926.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. In: D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.). *Science Education Research and Practice in Europe* (S. 13-38). Rotterdam: Sense Publishers.
- Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Edelson, D.C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning sciences*, 1 (1), 105-112.
- Eisner, B., Kattmann, U., Kremer, M., Langlet, J., Plappert, D. & Ralle, B. (2017). *Gemeinsamer Referenzrahmen für Naturwissenschaften. Wie Bildung bezogen auf Naturwissenschaften aussehen sollte. Ein Vorschlag*. (2. Aufl.). Düsseldorf: Verband zur Förderung des MIND-Unterrichts. Bundeverband.
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Berlin: Logos.
- Erhorn, J. & Schwier, J. (Hrsg.) (2016). *Pädagogik außerschulischer Lernorte – Eine interdisziplinäre Annäherung*. Bielefeld: transcript Verlag.

- Euler, D. (2012). Unterschiedliche Forschungszugänge in der Berufsbildung: eine feindliche Koexistenz? In: E. Severing & R. Weiss (Hrsg.), *Qualitätsentwicklung in der Berufsbildungsforschung* (S. 29-46). Bielefeld: W. Bertelsmann.
- Euler, D. (2014). Design Research - a Paradigm under Development. In: D. Euler & P. Sloane (Hrsg.), *Design-Based Research* (S. 15-44). Stuttgart: Franz Steiner.
- Euler, M. (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* 16 (90), 4-12.
- Euler, M. (2009). Schülerlabore in Deutschland: Zum Mehrwert authentischer Lernorte in Forschung und Entwicklung. *Praxis der Naturwissenschaften Physik*, 58 (4), 5-9.
- Europäische Kommission (2001): *Mitteilung der Kommission: Einen europäischen Raum des Lebenslangen Lernens schaffen*. – Brüssel.
- Europäische Kommission (2001): *Mitteilung der Kommission: Einen europäischen Raum des Lebenslangen Lernens schaffen*. – Brüssel.
- Fischer F., Waibel, M. & Wecker C. (2005). Nutzenorientierte Grundlagenforschung im Bildungsbereich. Argumente einer internationalen Diskussion. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften* 8 (3), 427– 442.
- Fischer, M., Gräsel, C., Kittel, A. u.a. (1997): Strategien zur Bearbeitung von Diagnoseproblemen in komplexen Lernumgebungen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 29, 62-82.
- Friedrich, H. F. & Mandl, H. (1997). Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens. In: F. E. Weinert & H. (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich D Praxisgebiete, Serie I Pädagogische Psychologie, Band 4 Psychologie der Erwachsenenbildung* (S. 237-293). Göttingen: Hogrefe.
- Fuchs, M. (2006). *Vorgehensweisen mathematisch potentiell begabter Dritt- und Viertklässler beim Problemlösen. Empirische Untersuchungen zur Typisierung spezifischer Problembearbeitungsstile* (Begabungsforschung, Bd. 4). Berlin: LIT.
- GDNÄ (2007). *Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. Denkschrift der GDNÄ-Bildungskommission mit Ergänzungen aus 2007*. Zugriff am 26.04.2020 unter <http://www.gdnae.de/ueber-uns/publikationen/>
- GDNÄ (2010). *Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. Denkschrift der GDNÄ-Bildungskommission*. Kurzfassung 2010. Zugriff am 26.04.2020 unter <http://www.gdnae.de/ueber-uns/publikationen/>
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (2001). *Methodologie und Empirie zum Situieren Lernen (Forschungsbericht Nr. 137)*. München: Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Glowinski, I. (2007). *Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen*. Dissertation. Universität Kiel. Zugriff am 15.04.2020 unter <http://eldiss.uni->

- kiel.de/macau/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002259/diss_ge-samt10_15bibexp.pdf?hosts=.
- Glynn, S. & Koballa, T. (2005). The contextual teaching and learning instructional approach. In: R. Yager (Hrsg.), *Exemplary Science: Best practices in professional development* (S. 75-84). Arlington: National Science Teachers Association Press.
- Gräber, W. (1999). „Scientific Literacy“ - Naturwissenschaftliche Bildung in der Diskussion. In: Döbrich, P. (Hrsg.), *Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachtagung am 15. Dezember 1999*. S. 1-28. Frankfurt am Main: GPF.
- Gräsel, C. (1997). *Problemorientiertes Lernen*. Göttingen: Hogrefe.
- Gräsel, C. (2010). Stichwort: Transfer und Transferforschung im Bildungsbereich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften* 13, 7-20.
- Greeno, J., Collins, A. & Resnick, L. B. (1996). Cognition and learning. In: D. C. Berliner & R. C. Calfee (Hrsg.), *Handbook of educational psychology* (S. 15-46). New York: Simon & Schuster Macmillan.
- Grunert, C. (2012). *Bildung und Kompetenz*. Halle-Wittenberg: Springer.
- Guderian, P. (2007). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte – Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik*. Berlin: Humboldt-Universität.
- Gürtler, T., Perels, F., Schmitz, B., & Bruder, R. (2003). Training zur Förderung selbstregulativer Fähigkeiten in Kombination mit Problemlösen in Mathematik. In: J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und einfacher Kompetenzen* (S. 222-240). Weinheim: Beltz.
- Harring, M., Witte, M. D. & Burger, T. (Hrsg.) (2016). *Handbuch informelles Lernen – Interdisziplinäre und internationale Perspektiven*. Weinheim: Beltz.
- Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W. & Hempelmann, R. (2013): Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *MNU* 66, 6, 324–330.
- Parrisius, M.; Skiebe-Corrette, P.; Engelbrecht, F.; Kratzer, A.; Töpfer, A.; Brück, B. & Haupt, O. (2018). Handlungsempfehlungen für MINT.nb-Schülerlabore. In: LernortLabor (Hrsg.), *MINT-Nachhaltigkeitsbildung in Schülerlaboren. Lernen für die Gestaltung einer zukunftsfähigen Gesellschaft* (S. 18-25). Berlin: LernortLabor Bundesverband.
- Häußler, P., et al. (1998): *Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.
- Heine, C., Egel, J., Kerst, C., Müller, E. & Park, S.-M. (2006). *Bestimmungsgründe für die Wahl von ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengängen: Ausgewählte Ergebnisse einer Schwerpunktstudie im Rahmen der Berichterstattung zu technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands*. Zugriff am 15.04.2020 unter <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/docus/dokumentation0602.pdf>

- Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität*. Seelze-Velber: Kallmeyer.
- Hempelmann, R. & Kratzer, A. (2019). Schülerlabore – einheitlicher Rahmen, große Vielfalt. In: LernortLabor. *Schülerlabor-Atlas 2019 – Schülerlabore im deutschsprachigen Raum*. Dänischenhagen: LernortLabor - Bundesverband der Schülerlabore e.V.
- Hewlett Foundation (2013): Deep learning Competencies. Zugriff am 26.04.2020 unter http://www.hewlett.org/wp-content/uploads/2016/08/Deeper_Learning_Defined__April_2013.pdf
- Hidi, S. & Anderson, V. (1992). Situational interest and its impact on reading and expository writing. In: K. A. Renninger, S. Hidi & A. Krapp (Hrsg.), *The role of interest in learning and development* (S. 215-238). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hidi, S. & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41 (2), 111–127.
- Hidi, S. (1990). Interest and its contribution as a mental resource for learning. *Review of Educational Research*, 60 (4), 549–571.
- Hidi, S. (2000). An interest researcher`s perspective: The effects of extrinsic and intrinsic factors on motivation. In C. Sansone & J. M. Harackiewicz (Hrsg.), *Intrinsic and extrinsic motivation* (S. 309-339). San Diego: Academic Press.
- Hidi, S., Renninger, K. A. & Krapp, A. (2004). Interest, a motivational variable that combines affective and cognitive functioning. In: D. Uun Dai & R. L. Sternberg (Hrsg.), *Motivation, emotion and cognition* (S. 89-115). Mahwah: Erlbaum.
- Hobbensiefken, G. (2010). *Analyse von physikorientierten Konzepten für außerschulische Lernorte*. Bachelor-Arbeit. Oldenburg: Universität.
- Hoffmann, L. & Lehrke, M. (1986). Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32, 189-204.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.
- Hopf M. & Wiesner, H. (2008) Design-based research. In: D. Hottecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Jahrestagung der GDGP in Essen 2007. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Bd 28*. (S. 68-70). Münster: LIT.
- Humphrey, A. S. (2005). SWOT Analysis for Management Consulting. *SRI Alumni Association Newsletter*. Dezember, 7-8.
- Huwer, J. (2015). *Nachhaltigkeit + Chemie im Schülerlabor: Forschendes Experimentieren im Kontext einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung*. Dissertation. Universität des Saarlandes. Zugriff am 15.04.2020 unter https://publikationen.sulb.uni-saarland.de/bitstream/20.500.11880/23098/1/Dissertation_Abgabe_SULB.pdf
- Itzek-Greulich, H. (2014). *Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht – Empirische Untersuchung zu kognitiven und motivationalen*

- Wirkungen eines naturwissenschaftlichen Lehr-Lernarrangements*. Tübingen: Eberhard Karls Universität.
- Itzek-Greulich, H., Blankenburg, J. S., & Schwarzer, S. (2016). Aktuelle Untersuchungen und Wirkungen von Schülerlaboren. Vor- und Nachbereitung als Verknüpfung von Schülerlaborbesuchen und Schulunterricht. *LeLa magazin* (14), 5-7.
- Jähnke, K. (2019). *Die Küstenlandschaft in der wir leben – Analyse und Weiterentwicklung eines Schülerlaborangebots*. Bachelorarbeit. Oldenburg: Universität.
- Karliczek, A. (2019). Grußwort Bundesministerin für Bildung und Forschung. In: Lernort-Labor - Bundesverband der Schülerlabore e.V.. *Schülerlabor-Atlas 2019 – Schülerlabore im deutschsprachigen Raum*. Dänischenhagen: LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e.V.
- Kipman, U. (2018). *Problemlösen. Begriff – Strategien – Einflussgrößen – Unterricht – (häusliche) Förderung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Kirchhöfer, D. (2001): Perspektiven für das Lernen im sozialen Umfeld. In: ABWF e.V./QUEM (Hrsg.): *Kompetenzentwicklung 2001* (S. 95-145). Münster.
- Klauer, K. J. & Leithner, D. (2007). *Handbuch kognitives Training* (2. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Klix, F. (1971). *Information und Verhalten*. Bern: Huber.
- KMK & DUK (2007). *Empfehlungen der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in Deutschland (KMK) und der Deutschen UNESCO-Kommission (DUK) vom 15.06.2007 zur "Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule"*. Zugriff am 26.04.2020 unter http://nachhaltigkeit.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/nachhaltigkeit.bildung-rp.de/Downloads/070615_KMK-DUK-Empfehlung_BNE.pdf
- Knoblauch, H. & Vollmer, T. (2019). Ethnographie. In: N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 599-617). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Kobarg, M., Altmann, U., Wittwer, J., Seidel, T. & Prenzel, M. (2008). Naturwissenschaftlicher Unterricht im Ländervergleich“. In: M. Prenzel, C. Artelt, J. Baumert, W. Blum, M. Hammann, E. Klieme & R. Pekrun (Hrsg.), *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (S. 265-296). Münster: Waxmann.
- Komorek, M. & Röben, P. (2018). Das Promotionsprogramm GINT – Erforschung von Prozessen an außerschulischen Lernorten. In: P. Gautschi, A. Rempfler, B. Sommer Häller & M. Wilhelm (Hrsg.), *Aneignungspraktiken an ausserschulischen Lernorten*. Zürich: LIT Verlag GmbH & Co. KG Wien.
- Kopp, B., Mandl, H. (2011). Selbstgesteuertes Lernen. In: Rahm, S. & Nerowski, C. (Hrsg.). *Enzyklopädie Erziehungswissenschaft Online. Fachgebiet: Schulpädagogik, Unterricht: Geschichte, theoretische Grundlagen, empirische Befunde, Diskursfelder*. Weinheim und München: Juventa Verlag.

- Kraft, S. (1999). Selbstgesteuertes Lernen. Problembereiche in Theorie und Praxis. *Zeitschrift für Pädagogik* 45, 6, 833-845.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27-50.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (Hrsg.) (1992). *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. Münster: Aschendorff.
- Krapp, A. (1998). Interesse. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 213–219). Weinheim: Beltz.
- Krapp, A. (2002). An educational-psychological theory of interest and its relation to self-determination theory. In E. Deci & R. Ryan (Hrsg.), *The handbook of self-determination research* (S. 405-427). Rochester: University of Rochester Press.
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction*, 15(5), 381-395.
- Kreher, T. & Oehme, A. (2003): *Individuelle Tätigkeits- und Lernverläufe sowie Unterstützungsformen zur Kompetenzentwicklung für aktive Arbeits- und Lebensgestaltung*. Zugriff am 26.04.2020 unter <https://www.abwf.de/content/main/publik/materialien/materialien42.pdf>
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. (4. Aufl.). Weinheim Basel: Beltz Juventa.
- Kuhn, J. (2010). *Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung: Effektivität und Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Kultusminister Konferenz (2009). *Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Bildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.05.2009)*. Zugriff am 15.04.2020 unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf
- Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 1, 15, 11-36.
- Labudde, P. (2001). Chancen für den Physikunterricht in der heutigen Zeit - Zehn Thesen zur physikalischen Bildung. *Plus Lucis*, 2/2001, 2-6.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Layton, D. (1994). STS in the School Curriculum: A Movement Overtaken by History. In: J. Solomon & G. Aikenhead (Hrsg.), *STS Education. International Perspectives on Reform* (S. 32-44). New York, London: Teachers College Press.
- Leferink, K. (2018). Natur und Technik im Zusammenklang für eine nachhaltige Entwicklung erleben. *LeLamagazin*, 20, 8.

- Lernort Labor (2015). *Schülerlabor-Atlas 2015*. Stuttgart: Klett MINT.
- Lernort Labor (2019). *Schülerlaboratlas 2019. Schülerlabore im deutschsprachigen Raum*. Dänischenhagen: LernortLabor – Bundesverband der Schülerlabore e.V.
- Lernort Technik und Natur Internetpräsenz (2020). *Startseite – Zukunftsbildung – Technik – Natur – Umwelt*. Zugriff am 04.05.2020 unter <https://www.lernort-WHV.de/>
- Leutner, D. (1992): *Adaptive Lehrsysteme*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Lewalter, D. & Greyer, C. (2009). Motivationale Aspekte von schulischen Besuchen in naturwissenschaftlich-technischen Museen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 12, 28-44.
- Lewalter, D. & Geyer, C. (in Vorb.). Die Skala zum Situationalen Interesse.
- Lewalter, D. (2002). *Motivationsentwicklung in universitären Lehrveranstaltungen* (Gelbe Reihe: Arbeiten zur empirischen Pädagogik und pädagogischen Psychologie, Bd. 42). Neubiberg: Universität der Bundeswehr, Institut für Psychologie und Erziehungswissenschaft.
- Lewalter, D. (2005). Der Einfluss emotionaler Erlebensqualitäten auf die Entwicklung der Lernmotivation in universitären Lehrveranstaltungen. *Zeitschrift für Pädagogik* Jahrgang 51 – (5) 2005, 642-655.
- Lind, G., Friege, G., Kleinschmidt, L. & Sandmann, A. (2004). Beispiellernen und Problemlösen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*; Jg. 10, 29-49.
- Lindemann, J. (2019). *Die Küstenlandschaft in der wir leben – Analyse eines Schülerlaborangebots aus Sicht der Betreiber und der Nutzer*. Masterarbeit. Oldenburg: Universität.
- Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf. Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In: F. Müller (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 51-70). Münster: Waxmann.
- Livingstone, D. W. (1999): Informelles Lernen in der Wissensgesellschaft. In: ABWF e.V./QUEM (Hrsg.), *Kompetenz für Europa – Wandel durch Lernen – Lernen im Wandel*. Referate auf dem internationalen Fachkongress Berlin, S. 65-92. – In englischer Sprache s. URL: <http://www.oise.utoronto.ca/depts/sese/csew/nall/res/cjsaem.pdf>
- Mandl, H. (2006). Wissensaufbau aktiv gestalten. In: G. Becker, I. Behnken, H. Gropengießer & N. Neuß (Hrsg.), *Lernen*. (S. 28-30). Friedrich, Seelze.
- Maurer, C. (Hrsg.) (2019). *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Band 39. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2019). *Conducting educational design research*. London: Routledge.
- Meier, A. (2015). *Motivation, Emotion und kognitive Prozesse beim Lernen in der Lernwerkstatt*. Berlin: Logos.

- Merzyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter?: Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen* (1. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Messmer, K., Von Niederhäusern, R., Rempfler, A. & Wilhelm, M. (2011). Definition Auserschulische Lernorte. In: K. Messmer, R. Von Niederhäusern, A. Rempfler, M. Wilhelm (Hrsg.), *Auserschulische Lernorte – Positionen aus Geographie, Geschichte und Naturwissenschaften* (7). Zürich: LIT Verlag GmbH & Co. KG Wien.
- Meyer, H. (2006): *Handlungsorientierte ökonomische Grundbildung – Arbeit mit einem Unterrichtswerk Arbeitslehre – Wirtschaft*. Hamburg.
- Micic, A. (2015): *Kontextorientierung im Physikunterricht – Notwendigkeit, Theorie, Instruktionsdesign*. Zugriff am 15.04.2020 unter [http://www.physikdidaktik.info/data/_uploaded/Delta_Phi_B/2015/Micic\(2015\)Kontextorientierung%20im%20Physikunterricht_DeltaPhiB.pdf](http://www.physikdidaktik.info/data/_uploaded/Delta_Phi_B/2015/Micic(2015)Kontextorientierung%20im%20Physikunterricht_DeltaPhiB.pdf).
- Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2007). Physik im Kontext - Innovative Unterrichtsansätze für den Schulalltag. *MNU*, 60/5, 265-274.
- Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010). *Physik im Kontext – Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Seelze: Friedrich Verlag.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85, 424–436.
- Mlynek, J. (2008). Grußwort. Netzwerk Schülerlabore in der Helmholtz-Gemeinschaft. Zugriff am 04.05.2020 unter https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/publikationen/pdf/08_Schuelerlaborbroschuere_END_dt_72dpi.pdf
- Muckenfuß, H. (2004). Themen und Kontexte als Strukturelemente des naturwissenschaftlichen Unterrichts - Zu den Schwierigkeiten systematisches Physiklernen zu organisieren. *Phy-Did*, 2/3, 57-66.
- Müller, C. T., Mikelskis-Seifert, S., Duit, R. & Euler, M. (2005). Physik im Kontext – Physikunterricht auf neuen Wegen. In: V. Nordmeier & A. Oberländer (Hrsg.), *Didaktik der Physik - Berlin 2005. CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*. Berlin: Lehmanns Media.
- Müller, R. (2006). Kontextorientierung und Alltagsbezug. In H. F. Mikelskis (Hrsg.), *Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (S. 102-119). Berlin: Cornelsen Verlag GmbH & Co. KG.
- Nawrath, D. & Komorek, M (2013). Kontextorientierung aus Sicht von Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 233-257.
- Nawrath, D. (2010): *Kontextorientierung – Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. (Beiträge zur Didaktischen Rekonstruktion, Bd. 29). Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- Neubauer, K. (2015). *Unterstützung naturwissenschaftlicher Grundbildung durch*

- Schulklassenbesuche in naturwissenschaftlich-technischen Museen – Motivationale und kognitive Wirkung unterschiedlicher Besuchsformen*. Dissertation. Technische Universität München. Zugriff am 15.04.2020 unter <https://media-tum.ub.tum.de/doc/1273957/1273957.pdf>
- Nickolaus, R. & Mokhonko, S. (2017). Nachhaltige Effekte in Schülerlaboren?. In: C. Maurer (Hrsg.), Tagungsband GDGP 2017: *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. (S.516-519). Regensburg: GDGP.
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. (S. 121-132). Heidelberg: Springer-Verlag.
- Niedersächsisches Kultusministerium (2009). *Kerncurriculum für das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe. Physik*. Zugriff am 26.04.2020 unter http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_physik_go_i_2009.pdf
- OECD (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematical, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, revised edition, PISA*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2019), *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. PISA, OECD Publishing, Paris. Zugriff am 15.04.2020 unter https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-assessment-and-analytical-framework_b25efab8-en.
- Overwien, B. (2005). Stichwort: Informelles Lernen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4, 337-353.
- Parchmann, I. & Gräsel, C. (2004). Chemie im Kontext – ein Weg zur Verbesserung von (Chemie)Unterricht? *Pädforum: unterrichten – erziehen*, 32 (5), 278–280.
- Patrick, P. (2017). Informal Science Educators and the Nine Dimensions of Reflective Practice. In: P. Patrick (Hrsg.), *Preparing Informal Science Educators. Perspectives from Science Communication and Education* (S. 41-65). Cham: Springer International Publishing AG.
- Pawek, C. (2009). *Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe*. Dissertation. Universität Kiel. Zugriff am 17.04.2020 unter https://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/dokumente/Diss_Pawek.pdf
- Prediger, S., Link, M., Hinz, R., Hußmann, S., Ralle, B. & Thiele, J. (2012). Lehr-Lernprozesse initiieren und erforschen – Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmund-Modell. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*. 65(8), 452-457.
- Prenzel, M. & Drechsel, B. (1996): Ein Jahr kaufmännischer Erstausbildung: Veränderungen in Lernmotivation und Interesse. *Unterrichtswissenschaft* 24, 217-234.
- Prenzel, M. & Ringelband, U. (2001). "Lernort Labor" - Neue Initiativen. In: M. Prenzel, U.

- Ringelband & M. Euler (Hrsg.), *Lernort Labor. Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft. Bericht über einen Workshop in Kiel im Februar 2001* (IPN-Materialien) (S. 7-12). Kiel: IPN.
- Prenzel, M. (1993): Autonomie und Motivation im Lernen Erwachsener. *Zeitschrift für Pädagogik* 39, 239-253.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. et al. (Hrsg.). (2007). *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann.
- Rauschenbach, T. (2013). *Bildungsorte – Lernwelten. Alltagsbildung als Schlüsselfrage der Zukunft*. Zugriff am 17.04.2020 unter <https://www.bpb.de/gesellschaft/bildung/zukunft-bildung/149483/alltagsbildung>
- Rauschenbach, T. (2015). Umbrüche im Bildungswesen. In: W. Schmidt (Hrsg.), *Dritter Deutscher Kinder und Jugendsportbericht* (S. 50-77). Schorndorf: Hofmann.
- Reinmann, G. & Sesink, W. (2011). *Entwicklungsorientierte Bildungsforschung*. Diskussionspapier. Universität Leipzig. Zugriff am 15.04.2020 unter https://gabi-reinmann.de/wp-content/uploads/2011/11/Sesink-Reinmann_Entwicklungsforschung_v05_20_11_2011.pdf
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft* 33, 52-69.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2001). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* 4. Aufl. (S. 601-646). Weinheim: Beltz.
- Reinmann, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* 5. Aufl. (S. 613-658). Weinheim: Beltz.
- Renkl, A., Mandl, H. & Gruber, H. (1996). Inert knowledge: Analyses and remedies. *Educational Psychologist* 2/31, 115-121.
- Rennie, L. J., Williams, G. F. (2006). Communication about science in a traditional museum: visitors' and staff's perceptions. *Cultural Studies of Science Education*, 1(1), 791-820.
- Resing, W. C. M., & Elliott, J. G. (2011). Dynamic testing with tangible electronics. Measuring children's change in strategy use with a series completion task. *The British Journal of Educational Psychology*, 81 (4), 579-605.
- Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23 (2), 159-182.
- Rocard, M. (2007). *Naturwissenschaftliche Erziehung JETZT: Eine erneuerte Pädagogik für die Zukunft Europas* (Gemeinschaftsforschung Expertengruppe, Bd. 22845). Luxemburg: Amt für amtl. Veröff. der Europäischen Gemeinschaften.

- Rodenhauser, A. (2016). *Bilinguale biologische Schülerlaborkurse: Konzeption und Durchführung sowie Evaluation der kognitiven und affektiven Wirksamkeit*. Dissertation. Bergische Universität Wuppertal. Zugriff am 17.04.2020 unter <http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-6080/dc1626.pdf>
- Rohs, M. (Hrsg.) (2016). *Handbuch informelles Lernen*. Berlin: Springer.
- Roth, W.-M. (1995). Ethnographische Studien zum offenen Experimentieren im Physikunterricht. *Unterrichtswissenschaft* 23, 2, 146-161.
- Ryan, R.M. (1993): Agency and organization: Intrinsic motivation, autonomy, and the self in psychological development. In: J. Jacobs, (Hrsg.): *Nebraska symposium on motivation: Developmental perspectives on motivation*. 40 (S. 1-56). Lincoln, NE: University of Nebraska Press.
- Sajons, C. & Komorek, M. (2018). Charakterisierung von Schülerlaborangeboten als Grundlage zur Analyse von Angebot-Nutzungs-Prozessen. In: P. Gautschi, A. Rempfler, B. Sommer Häller, M. Wilhelm (Hrsg.) *Aneignungspraktiken an außerschulischen Lernorten. Tagungsband zur 5. Tagung Außerschulischer Lernorte der PH Luzern vom 9. und 10. Juni 2017*. (S. 259-269). Münster, Berlin, Wien, Zürich: Lit.
- Sajons, C. & Komorek, M. (2020). Außerschulische Lernangebote komplementär vernetzen und evaluieren. In: C. Maurer (Hrsg.), Tagungsband GDGP 2019: *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. (S.709-712). Wien: GDGP.
- Salner-Gridling, I. (Hrsg.). (2009). *Querfeldein. Individuell lernen – Differenziert lehren*. Wien: ÖZEPS.
- Sandoval, W. A. (2004). Developing Learning Theory by Refining Conjectures Embodied in Educational Designs. *Educational Psychologist*, 39(4), 213-223.
- Sauerborn, P. & Brühe, T. (2012). *Didaktik des außerschulischen Lernens*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- Scharfenberg, F.-J. (2005). *Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse*. Dissertation. Universität Bayreuth. Zugriff am 17.04.2020 unter http://www.bayceer.uni-bayreuth.de/mik/de/pub/html/31120diss_Scharfenberg.pdf
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Schiefele, U. & Pekrun, R. (1996). Psychologische Modelle des fremdgesteuerten und selbstgesteuerten Lernens. In: F. E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Themenbereich D Praxisgebiete, Serie I Pädagogische Psychologie, Band 2 Psychologie des Lernens und der Instruktion* (S. 249-278). Göttingen: Hogrefe.
- Schiefele, U. (1996): *Motivation und Lernen mit Texten*. Göttingen: Hogrefe.
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., Schöps, K., Neumann, K., Schmidtner, S., Parchmann, I.

- & Prenzel, M. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2015 – Ergebnisse des internationalen Vergleichs mit einem modifizierten Testansatz. In: K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 45-98). Münster, New York: Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A.; Simm, I. & Schmidtner, S. (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In: K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme, O. Köller (Hrsg.). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 99-132). Münster, New York: Waxmann.
- Schmidt, B. (2010). Educational goals and motivation of older workers. In: S. Böhlinger (Hrsg.), *Working and learning at old age. Theory and evidence in an emerging European field of research* (S. 127–136). Göttingen: Cuvillier.
- Schmidt, I., Di Fuccia, D. S. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte – Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus Sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. *Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht* 64 (6), 362-369.
- Schoenfeld, A. H. (1989). *Mathematical thinking and problem solving (Studies in mathematical thinking and learning)*. Abingdon: Routledge.
- Schön, Donald Alan (1983): *The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action*. New York: Basic Books.
- Schreiber, B. (1998). *Selbstreguliertes Lernen*. Münster: Waxmann.
- Schwartz, D. L., Chang, J. & Martin, L. (2005). *Instrumentation and Innovation in Design Experiments: Taking the Turn towards Efficiency*. Stanford University. Zugriff am 17.04.2020 auf https://aaalab.stanford.edu/assets/papers/2008/Instrumentation_and_innovation_in_design_experiments.pdf
- Seelig, G. F. (1968). *Beliebtheit von Schulfächern. Empirische Untersuchung über psychologische Zusammenhänge von Schulfachbevorzugungen*. Weinheim: Beltz Verlag.
- Seidel, T. (2003). *Lehr-Lernskripts im Unterricht. Freiräume und Einschränkungen für kognitive und motivationale Prozesse beim Lernen – eine Videostudie im Physikunterricht*. Münster: Waxmann.
- Shavelson, R. J., Phillips, D. C., Towne, L. & Feuer, M. J. (2003). On the Science of Education Design Studies. *Educational Researcher*, 32(1), 25-28.
- Simons, P. R. J. (1992). Lernen, selbständig zu lernen – ein Rahmenmodell. In: H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien – Analyse und Intervention* (S. 251-264). Göttingen: Hogrefe.
- Spradley, James P. (1979): *The Ethnographic Interview*. New York: Holt, Rinehart and Winston
- Stark, R.; Graf, M. & Renkl, A. (1995). Förderung von Handlungskompetenz durch geleistetes Problemlösen und multiple Lernkontexte. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie* 27, 289-312.

- Stark, R. & Mandl, H. (2000). Konzeptualisierung von Motivation und Motivierung im Kontext des situierten Lernens. In: U. Schiefele & K.-P. Wild (Hrsg.), *Interesse und Motivation* (S. 95-115). Münster: Waxmann.
- Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J. & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education*, 46 (1), 1-44.
- Straka, G. A. (2006). Lernstrategien in Modellen selbst gesteuerten Lernen. In: H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien* (S. 390-404). Göttingen: Hogrefe.
- Streller, M. (2015). *The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories*. Dissertation. Technische Universität Dresden. Zugriff am 15.04.2020 unter <https://pdfs.semanticscholar.org/a899/e216cbc89bdfbc0af7bb74dbb004561aadd5.pdf>
- Sumfleth, E., Wild, E., Rumann, S., & Exeler, J. (2002). *Wege zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung im Chemieunterricht. Kooperatives Problemlösen im schulischen und familialen Kontext zum Themenbereich Säure-Base*. Weinheim: Beltz.
- Thoma, G.-B. (2009). *Was lernen Besucherinnen und Besucher im Museum? Eine Untersuchung von Lerngelegenheiten einer Museumsausstellung und ihrer Nutzung*. Dissertation. Universität Kiel. Zugriff am 15.04.2020 unter https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00002960/dissertation_gunbrit_thoma.pdf
- Tulodziecki, G. (2013). *Gestaltungsorientierte Bildungsforschung und Didaktik: Theorie - Empirie - Praxis*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- UNESCO (2008): *Inclusive Education: The Way of the Future, International Conference on Education, 48th session. Final Report*. Geneva: UNESCO.
- van den Akker, J., Branch, R., Gustafson, K., Nieveen, N. & Plomp, T. (1999). Principles and Methods of Development Research. In: J. van den Akker (Hrsg.), *Design Approaches and Tools in Education and Training* (S. 1-14). Dordrecht; Boston: Springer Science/Kluwer Academic Publishers.
- van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. & Nieveen, N. (2006). Introducing educational design research. In: J. van den Akker, S. McKenney & N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design Research* (S. 3-7). London: Routledge.
- Vanderbilt, The cognition and technology group (1990). Anchored Instruction and Its Relationship to Situated Cognition. *Educational Researcher*, 19, 6, 2-10.
- Vanderbilt, U., Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1997). *The Jasper Project: Lessons in curriculum, instruction, assessment, and professional development*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Vock, M. & Gronostaj, A. (2017). *Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht*. Berlin: Friedrich Ebert Stiftung.

- Walker, D. (2006). Toward productive Design Studies. In: J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (Hrsg.), *Educational Design Research* (S. 8-14). London: Routledge.
- Weinert, F. E. (1996): Für und Wider die „neuen Lerntheorien“ als Grundlage pädagogisch-psychologischer Forschung. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie* 10, 1-12.
- Weinert, F.E. (1998): Lehrerkompetenz als Schlüssel der inneren Schulreform. *Schulreport* 2/98, 24.
- Weinstock, H. (2018). *Gestaltung und Erprobung eines Lernheftes zur Einbettung eines Schülerlaborbesuches in den Unterricht*. Bachelorarbeit. Oldenburg: Universität.
- Weßnigk, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität Kiel. Zugriff am 17.04.2020 unter https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00004630/dissertation_susanne_wessnigk.pdf
- Widodo, A. & Duit R. (2004). Konstruktivistische Sichtweisen vom Lehren und Lernen und die Praxis des Physikunterrichts. *ZfDN* 10, 233–255.
- Wild, E., Hofer, M. & Pekrun, R. (2006). Psychologie des Lernalers. In: A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie. 5. Auflage* (S. 203-267). Weinheim: Beltz.
- Wild, K.P. (2000): *Lernstrategien im Studium. Strukturen und Bedingungen*. Münster: Waxmann.
- Wilhelm, T. und Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 31–42). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Wissenschaft im Dialog (Hrsg.) (2019). *Wissenschaftsbarometer 2019*. Zugriff am 15.04.2020 unter https://www.wissenschaft-im-dialog.de/fileadmin/user_upload/Projekte/Wissenschaftsbarometer/Dokumente_19/Broschuere_Wissenschaftsbarometer2019.pdf
- Ziman, J. (1994). The Rationale of STS Education is in the Approach. In: J. Solomon & G. Aikenhead (Hrsg.), *STS Education. International Perspectives on Reform* (S. 21-31). New York, London: Teachers College Press.
- Zumbach, J. (2003). *Problembasiertes Lernen*. Münster: Waxmann.

15 Anhang

Anhangsverzeichnis

15.1 Erhebungsinstrumente	344
15.1.1 Beobachtungsraster mit 12 Dimensionen	344
15.1.2 Interviewleitfaden zu den Zielen der Leitenden	348
15.1.3 Beobachtungsraster der teilnehmenden Beobachtung.....	353
15.1.4 Leitfaden des Interviews im Anschluss an den Schülerlaborbesuch	354
15.1.5 Fragebögen.....	355

15.1 Erhebungsinstrumente

15.1.1 Beobachtungsraster mit 12 Dimensionen

Beobachtungsraster – 12 Dimensionen zur Charakterisierung der Schülerlaborangebote

Zielgerichtetheit

Vorgegebenes Ziel

- zielen bestimmtes, vorgegebenes Ziel an

Selbstgewähltes Ziel

- Ziele werden durch SuS selbst gesteckt
- eg. eigenes Konstruktionsziel

Inwiefern sind die Aktivitäten auf ein bestimmtes Ziel, ein bestimmtes Ergebnis ausgerichtet?

Wird das Ziel klar und transparent formuliert? Wer definiert Ziele? Und wie? Wird SuS klar, wenn sie das Ziel selber stecken sollen?

Einbezug von Vorwissen

Angebot bietet notwendiges Wissen an

- Angebot ist nicht auf Vorwissen angewiesen
- notwendiges Wissen wird bereitgestellt

Angebot bezieht Vorwissen ein

- Angebot baut auf Vorwissen auf
- Vorwissen wird explizit erhoben und gestaltend einbezogen

Inwieweit baut das Angebot auf Vorwissen/schulisches Wissen auf, knüpft daran an und bezieht dieses ein?

Produktorientierung

Keine oder lokale Bedeutung

- Konstruktion innerhalb einer Phase spielt keine Rolle für die nächste

Globale Bedeutung

- Pro Station entstehen Zwischen-produkte, die erneut aufgegriffen werden – Produkt wird weiterentwickelt

Inwiefern wird im Angebot auf ein Produkt hin gearbeitet? Welche Bedeutung hat das Produkt?

Kontextorientierung***Dekontextualisiert (fachstrukturiert)***

- Angebot ist fachorientiert strukturiert und Kontexte dienen als Beispiele
- Sachstruktur bestimmt Strukturierung

Kontextualisiert (kontextstrukturiert)

- Probleme und Aufgabenstellungen durch den Kontext definiert
- Fachliches zum Verständnis des Kontexts

Inwiefern spielen Kontexte bei der Strukturierung des Angebots eine Rolle?

Inwiefern wird der Kontext oder die Fachstruktur stringent genutzt? Gibt es Brüche?

Unterstützung von Autonomie***Fremdsteuerung***

- Betreuende bzw. Struktur des Angebotes geben Prozesse vor
- SuS haben wenig Entscheidungsspielräume

Selbststeuerung

- Entscheidungsspielräume bzgl. Ziele, Verfahren, Produkte, Kontexte
- SuS gestalten Prozesse

Ist Angebot eher offen (Selbststeuerung) oder geführt (Fremdsteuerung)? Wechseln sich diese Phasen ab (Wenn ja, wie wird das eingeleitet?)?

Inwieweit wird durch Offenheitsgrad differenziert? Ist Differenzierung diagnosebasiert?

Unterstützung der Selbstwirksamkeitswahrnehmung***Keine/unsystematische Ausrichtung an SWW***

- Angebot ist nicht explizit auf Selbstwahrnehmung abgestimmt

Explizite Ausrichtung an SWW

- Angebot liefert Erfolgsrückmeldungen
- SuS sind weder über- noch unterfordert
- Leitende trauen SuS schwierige Aufgaben zu

Inwiefern und wodurch wird unterstützt, dass SuS eigene Fähigkeiten und Fertigkeiten und die Wirksamkeit ihres Tuns wahrnehmen können?

Umgang mit Heterogenität

Differenzierendes Angebot

-Angebot reagiert auf Heterogenität durch Methoden der Diff. oder Aufgaben, die verschiedene Lösungswege zulassen

Einheitliches Angebot

-alle SuS tun zu jeder Zeit das Gleiche und bearbeiten Aufgaben auf die gleiche Weise

Inwieweit ist das Angebot auf Heterogenität und individuelle Voraussetzungen eingestellt und reagiert aktiv auf sie?

Modi der Interaktion

Kaum oder stark gelenkte Interaktionen

-Einzelarbeit (Aktivität, kaum Interaktion)
-stark angeleitete, dyadische Gespräche mit Dominanz des Leitenden

Kooperative Interaktionsprozesse

-Angebot unterstützt inhaltlichen und sozialen Austausch zwischen den Schülern

Inwieweit setzt das Angebot explizit auf die Interaktion der Schüler/innen und unterstützt diese darin?

Mehrperspektivität

Monoperspektivisch

-Fokussierung auf einzelne fachliche Perspektive

Multiperspektivisch

-Einbezug von Aspekten/Perspektiven aus unterschiedliche Fächern/Disziplinen, die verknüpft werden

Inwieweit werden unterschiedliche fachliche Disziplinen und Schulfächer im Angebot aufgegriffen bzw. angesprochen? Werden diese ergänzend oder im Gegensatz zueinander herangezogen?

Ausrichtung an KC**Enge Orientierung am KC**

- Kompetenzen oder Inhalte aus dem KC werden eingebunden

KC überschreitend

-curriculumsfern z.B. aus Bereich mo-derne Forschung

Inwiefern sind die Angebote angebunden an die Kerncurricula, die für die betreffende Zielgruppe gelten?

Problemorientierte Aufgabenstellungen**Instruktional-orientierte Aufgaben**

-Angebot unterstützt Schüler mit definierten Wegen und strukturierten Aufgaben, um ans Ziel zu kommen

Problemlöseaufgaben

-Angebot setzt auf Problemlöseaufgaben, bei denen Zielkriterien transparent sind und der Weg offen

Inwieweit setzt das Angebot auf Problemlöseaufgaben und sind diese explizit als solche dargestellt? Wie werden Zielkriterien dargestellt und inwieweit ist der Weg offen?

Rolle von Schülerlabor-Personals und der Lehrkraft**Leitende und Lehrkraft führen eng**

-führen Denk- und Lernprozesse eng
-unterstützen viel und steuern Prozesse stark → "Lernbestimmer"

Begleitende Personen folgen Ideen der SuS

-begleitende Personen unterstützen die SuS darin, eigene Ideen zu verfolgen
→ „Lernbegleiter“

ASL-Person Welche Rolle nehmen die ASL-Mitarbeiter ein bezogen auf die Denk- und Lernprozesse und auf die Handlungen der SuS? Wie unterstützen sie diese Prozesse?

Lehrkraft Wie ist Lehrkraft eingebunden? Wie eng und an welcher Stelle?

15.1.2 Interviewleitfaden zu den Zielen der Leitenden

Erster Interviewteil:

Generelle Fragestellungen zum gesamten Lernort

Bitte notiere zu den nächsten Fragen stichpunktartig deine Antworten.

1) Was sind die Ziele eures Lernortes ganz generell? Was wollt ihr erreichen?

- Was also ist das übergeordnete Bildungsziel? (z.B. BNE, Allgemeinbildung, Scientific literacy, Vermittlung aktueller Forschung/Technik, ...)
- Wieso ist euch das wichtig? Wie soll das erreicht werden?
 - Warum sollen die Schüler/innen etwas selbst machen?
 - Was erwartet ihr davon, dass jemand etwas selber macht oder selber etwas baut?
 - Was bedeutet „die Schüler/innen begeistern“?

Außerschulische Lernorte haben bestimmte Potentiale. Darunter verstehen wir Möglichkeiten, die ein Lernort den Schüler/innen bietet und die ihn von der Schule oder anderen Lernorten abheben.

2) Welche Potentiale bietet euer Lernort? Was motiviert, ihn zu besuchen?

- Welche Möglichkeiten bietet der Lernort den Schüler/innen?
- Wodurch, also durch welche Aspekte des Lernortes entstehen die Potentiale?
- Was hebt den Lernort von der Schule ab? Was von anderen Lernorten?
- Wieso sollten Schulklassen den Weg zum Schülerlabor auf sich nehmen und nicht in der Schule bleiben?

3) Wie nutzt ihr eure Potentiale für eure Angebote?

- ➔ Wie nutzt ihr die Möglichkeiten/Einrichtungen/Ausstattungen für eure Angebote?

Fragen zum Angebot

Lernen hat mehrere Seiten. Eine bezieht sich auf die Handlungen, die Schüler/innen durchführen, z.B. mit Experimenten oder Konstruktionen. Die andere bezieht sich auf das Bilden von Begriffen oder auf das Lernen und Verstehen von Zusammenhängen, also auf so genannte kognitive Prozesse. Bitte notiere zur nächsten Frage stichpunktartig deine Antwort.

1) Welche Ziele sollen in diesem speziellen Angebot erreicht werden auf Ebene der Handlungen und Aktionen der Schüler/innen (Handlungsebene) und auf Ebene ihres Denkens und Lernens (kognitive Ebene)?

- Was soll das Angebot mit den Schüler/innen machen? Was haben sie davon?
- Was bedeutet „...“?

- Welche Fähigkeiten und Fertigkeiten sollen die Schüler/innen im Angebot trainieren?
- Welche Denkprozesse sollen die Schüler/innen im Angebot durchlaufen?
- Was am Angebot (Aufgabe/Phase) könnte bewirken, dass die kognitiven und handlungsorientierten Lernziele /Handlungsziele erreicht werden?

2) Wie passen diese Ziele zu den generellen Zielen, die ihr mit dem Lernort erreichen wollt? Wie trägt das Angebot dazu bei, eure generellen Ziele zu erreichen?

- Du hast als Ziel eures Lernortes „...“ genannt. Wie taucht dieses Ziel in diesem Angebot auf?

3) Inwieweit nutzt ihr die zu Beginn genannten Potentiale des Lernortes für dieses konkrete Angebot?

- Was genau bedeutet für Euch „... [Potential, das am Anfang genannt wurde]“? Inwieweit ist das in diesem Angebot eingesetzt/umgesetzt/genutzt?

Das ist meine Sicht (Darstellung der Segmente der Angebote) auf das Angebot aufgrund meiner Wahrnehmung bei meinen Besuchen. Kannst du das so nachvollziehen?

4) Welche Funktionen haben diese Elemente und welche fachlichen Aspekte stecken hinter den Tätigkeiten, die die Schüler/innen in den einzelnen Elementen durchlaufen? (für jedes Segment einzeln)

- Wieso habt ihr euch für diese Elemente/diese Phasen entschieden?
- Wie helfen die, um die Ziele des Angebotes zu erreichen? (*Rückbezug auf die vorher notierten Ziele des Angebotes*)
- Was wolltet ihr mit den Phasen/Aufgabenstellungen erreichen auf Ebene der Handlungen und Aktionen der Schüler/innen (Handlungsebene) und auf Ebene ihres Denkens und Lernens (kognitive Ebene)? Was wolltet ihr bei den Schüler/innen anregen?
- Warum ist diese Tätigkeit gut geeignet, um dies zu erreichen?

5) Warum setzt ihr die Elemente so zusammen?

- Erläutere den Roten Faden/den Zusammenhang der Teile in eurem Angebot!
- Welchen Zusammenhang seht ihr? Warum wollt ihr diese Vielfältigkeit? Inwieweit erschließt sich der Zusammenhang für die Schüler/innen von selbst?
- Inwieweit führt diese Zusammensetzung dazu, dass die Schüler/innen zuvor Gelerntes in einer nächsten Situation anwenden können?

6) Inwieweit kommuniziert ihr diese Zusammenhänge in eurem Angebot?

- Können Schüler/innen sich diese Zusammenhänge im Angebot selbst erschließen? Welche Erfahrungen habt ihr?

Zweiter Interviewteil

Dimension Zielgerichtetheit

7) Wer definiert die Ziele im Angebot?

- Inwieweit wird ein bestimmtes vorgegebenes Ziel angesteuert im Vergleich dazu, dass die Schüler/innen ein eigenes Konstruktionsziel festlegen?
- Warum sollen die Schüler/innen ihre Ziele selbst definieren? / Warum definieren die Orte die Ziele?

Dimension Selbstwirksamkeitswahrnehmung

Schüler/innen nehmen sich selbst als fähig und wirksam wahr, wenn sie eine Aufgabe lösen können. Das gleiche gilt, wenn sie merken, dass sie Wissen mitbringen oder es im Angebot aufgebaut haben, welches sie sowohl im weiteren Angebot als auch später, außerhalb des Angebotes, anwenden können. Dies beeinflusst die Bereitschaft der Schüler/innen, sich auf Lernprozesse einzulassen.

8) Inwieweit unterstützt dieses Angebot, dass sich Schüler/innen selbst als wirksam wahrnehmen?

- Inwieweit können die Schüler/innen ihr eigenes Vorwissen im Angebot einbringen?
- Inwieweit können die Schüler/innen Wissen aus vorherigen Schritten im Angebot anwenden?
- Inwieweit unterstützt das Angebot die Schüler/innen, sich als wirksam wahrzunehmen, um zukünftige Situationen außerhalb des Lernortes anzugehen?
- Inwiefern sind also Erfolgsmeldungen an die Schüler/innen in die Angebote integriert?
- Wie sind die Angebote strukturiert, sodass solche Rückmeldungen möglich sind und Schüler/innen ihre Wirksamkeit wahrnehmen können?

Dimension Produktorientierung

Die Konstruktion eines Produktes, z. B. eines Windrades, welches die Schüler/innen anschließend vielleicht sogar mit nach Hause nehmen dürfen, kann positiv auf das Interesse und die Motivation wirken.

9) Inwieweit spielen Produkte in diesem konkreten Angebot eine Rolle?

10) Warum habt ihr euch für eine solche Produktorientierung entschieden?

- *Keine Produktorientierung:*
 - Aus welchen Gründen habt ihr euch dagegen entschieden?
- *Produktorientierung:*
 - Welche Erfahrungen habt ihr damit gemacht?
 - Inwieweit wirkt diese Produktorientierung wirklich auf das Interesse und die Motivation an den Aufgabenstellungen?
 - Was hat die Produktorientierung mit euren generellen Zielen zu tun?
 - Inwieweit haben die Potentiale eures Lernorts mit Produktorientierung zu tun?

- Inwieweit werden dadurch fachliche Lernprozesse unterstützt?

Die Konstruktion eines Produktes, welches die Schüler/innen im Angebot herstellen, kann unterschiedliche Rollen spielen. Entweder hat das Produkt eine „lokale“ Bedeutung, was bedeutet, dass ein Produkt an einer nächsten Station nicht wieder aufgegriffen wird. Oder es hat eine übergreifende Bedeutung und wird an weiteren Stationen wieder aufgegriffen und dort vielleicht weiterentwickelt.

11) Warum haben die Produkte in diesem Angebot eine lokale bzw. übergreifende Bedeutung?

- Inwieweit beeinflusst dies die Motivation der Schüler/innen?
- Inwiefern beeinflusst das das fachliche Denken und Lernen?

Dimension Kontextorientierung

Sinnstiftende Kontexte sind für die Schüler/innen relevante oder interessante Bereiche zum Beispiel aus ihrem Alltag, der Technik oder den Wissenschaften. Durch den Einsatz von Kontexten kann z.B. das Interesse der Schüler/innen gefördert werden oder sie dazu motivieren, den Inhalt zu lernen. Es kann auch sein, dass Kontexte direkt beim fachlichen Lernen helfen.

12) Welche Kontexte werden genutzt und warum?

- Was ist das Ziel des Einsatzes von Kontexten und WARUM?
- Inwieweit ist es euch wichtig, den Schüler/innen die Bedeutung der Erkenntnisse über das Angebot hinaus aufzuzeigen?
- Was hat das Einbetten in Kontexte mit euren generellen Zielen zu tun?
- Inwieweit haben die genannten Potentiale eures Lernortes mit Kontexten zu tun?

13) Inwieweit bestimmt der Kontext die Struktur des Angebotes?

- Inwieweit erschließt sich diese Kontextstrukturierung für die Schüler/innen? Muss es explizit kommuniziert werden?

Dimension Vorwissen

Dem Vorwissen wird eine wichtige Rolle beim Erlernen neuen Wissens und neuer Fähigkeiten unterstellt. Was also Schüler/innen zu einem Thema schon wissen, beeinflusst, wie sie an das neue Thema herangehen.

14) Inwiefern stützt sich das Angebot zum Thema ... auf Vorwissen, das die Schüler/innen schon mitbringen?

- Wird das Vorwissen explizit aufgegriffen und thematisiert? Wenn ja, wie können oder sollen die Schüler/innen ihr Vorwissen in dem Angebot mit einbringen?
- Welche positiven Erfahrungen werden damit gemacht? Welche Probleme ergeben sich ggf. dadurch?
- Wird sich dagegen entschieden, ggf. heterogenes Vorwissen anzusprechen? Aus welchem Grund?

Dimension Ausrichtung am KC

15) Inwiefern sind die Angebote angebunden an die Kerncurricula?

- Werden Inhalte oder Kompetenzen aus dem KC eingebunden?
- Wieso sind die Angebote an das Curriculum angebunden/curriculumsfern?

Dimension Autonomieorientierung und Dimension Rolle von ASL-Mitarbeitern

Wenn ein Angebot die Schüler/innen in die Lage versetzt, selbst über Ziele und über das Vorgehen zu entscheiden, wenn also eigene Entscheidungsspielräume gegeben sind, kann das das Denken und Lernen und auch die Motivation steigern. Damit ist aber auch ein höheres Maß an kognitiven Fähigkeiten erforderlich. Im Gegensatz dazu kann ein Angebot durch die Betreuer oder die Struktur an sich auch eher fremdgesteuert sein. Das kann den Vorteil haben, dass durch eine enge Führung Schüler/innen kognitiv nicht überfordert werden und bestimmte Lernschritte tatsächlich durchlaufen werden.

16) Inwieweit arbeiten Schüler/innen im Angebot selbstbestimmt, können selbst über Ziel und Wege entscheiden? Inwieweit ist das Angebot als offen zu bezeichnen? Und wieso?

- Welche Rolle spielen die Lernort-Mitarbeitenden für die Denk- und Lernprozesse sowie für die Handlungen der Schüler/innen?
- *Wenn Angebot sehr offen gestaltet:* Gibt es Lernschritte, die alle Schüler/innen durchlaufen müssen? Wie wird dies sichergestellt?
- Was hat das Thema Selbst- bzw. Fremdsteuerung mit euren generellen Zielen zu tun?

17) Wie wird im Angebot diagnostiziert und differenziert, welche Schüler/innen mehr oder weniger Unterstützung brauchen?

Dimension Mehrperspektivität

Manche Themenfelder sind so komplex, dass sie aus einer fachlichen Perspektive heraus nicht ausreichend verstanden werden können. Das Aufgreifen verschiedener Perspektiven auf ein Thema kann also wichtig sein, um die Komplexität zu verdeutlichen, sodass sich die Schüler/innen selbst ein begründetes Urteil bilden können. Allerdings kann diese Komplexität die Schüler/innen auch überfordern.

18) Inwieweit werden unterschiedliche fachliche Disziplinen im Angebot aufgegriffen? Inwieweit werden Fächergrenzen überschritten?

- Werden die unterschiedlichen Disziplinen ergänzend oder im Gegensatz zueinander herangezogen?
- Was hat das mit euren generellen Zielen zu tun?

15.1.3 Beobachtungsraster der teilnehmenden Beobachtung

Zeit	Handlungen	Mittel	Kompetenzwahrnehmung	Autonomie-Erleben	Andere Gruppen
	Dies geschieht: (diese äußeren Handlungen, die mit Lernen in Verbindung stehen, finden statt.)	Dies wird genutzt: (diese Objekte, Materialien, Informationen, Hilfen, die mit äußeren und inneren Handlungen zusammenhängen, werden eingesetzt.) So werden die Mittel genutzt:	Dies wird erreicht: (Diese Aufgaben werden gelöst, diese Produkte, Erkenntnisse werden eingesetzt.) ... auf diese Art und Weise: Hieran erkennt man, dass sich die SuS dadurch als fähig wahrnehmen (und ggf. dadurch motiviert sind):	Dies bestimmen, planen, entscheiden die SuS selbst: Hieran erkennt man, dass sie dadurch stolz auf sich sind (und ggf. dadurch motiviert sind):	Das sind Besonderheiten anderer Gruppen: (So agieren andere Gruppen im Vergleich zur begleiteten:)

15.1.4 Leitfaden des Interviews im Anschluss an den Schülerlaborbesuch

Fragen während der begleitenden Beobachtung:

- 1) Was machst du gerade?
- 2) Was ist für dich daran neu?
- 3) Wozu machst du das? Warum hast du das gemacht? Was bringt dir das? Wie kannst du das nutzen?
- 4) Was hat das jetzt mit ... zu tun?
- 5) Wie hast du das gelöst?
- 6) Fühlst du dich herausgefordert? Was ist schwierig? Was ist leicht?
- 7) Was durftest du gerade selbst bestimmen, entscheiden und planen?
- 8) Was macht dir Spaß? Warum machst du das jetzt gerade gern?

Leitfaden für das Interview mit der begleiteten Schüler/innengruppe direkt im Anschluss des Angebots:

- 9) Beschreibt bitte, was ihr heute gemacht habt.
- 10) Welche Aufgabe solltet ihr lösen?
 - a. Wie war die Aufgabe für euch? Herausfordernd, schwierig, langweilig, leicht?
 - b. Wie konntet ihr die Aufgabe lösen? Hättet ihr die auch schon vorher lösen können oder brauchtet ihr die Dinge, die ihr hier gelernt habt? Welche?
- 11) Warum habt ihr heute ein Solarboot gebaut?
- 12) Was war heute neu für euch? Was von dem, worum es heute ging, wusstet ihr schon vorher?
 - a. Was habt ihr dazugelernt?
- 13) Was durftet ihr heute selbst entscheiden, bestimmen oder planen?
- 14) Was war durch den Leiter genau vorgegeben? Kannst du Beispiele nennen?
- 15) Was hat euch heute angespornt, euch den Tag über intensiv mit dem Thema Solarboot zu beschäftigen?
- 16) Was hat euch heute Spaß gemacht?
- 17) Was hat euch heute nicht so gut gefallen?
- 18) Was war heute schwieriger als im üblichen Unterricht? Warum?
- 19) Was war heute besser als im üblichen Unterricht? Warum?
- 20) Was sollte anders gemacht werden?

15.1.5 Fragebögen

15.1.5.1 WHV Pre-Fragebogen

Was ich vor meinem Besuch im Lernort Technik und Natur schon weiß:**Mein persönlicher Code:**

Bitte trage hier die ersten beiden Buchstaben des Vornamens deiner Mutter ____ und deines Vaters ____ ein.

Beispiel: Wenn deine Eltern Iris und Andreas heißen würden, dann müsstest du eintragen IR und AN

1) Beschreibe, was eine Solarzelle ist:

2) Beschreibe, was ein Solarboot ist:

So funktioniert ein Solarboot:

3) Erkläre, welche Vorteile Sonnenenergie und Windenergie gegenüber anderen Energieformen haben:

4) Erkläre, was ein elektrischer Stromkreis ist:

meine Zeichnung eines Stromkreises:

5) Erkläre, was elektrische Schaltungen sind:

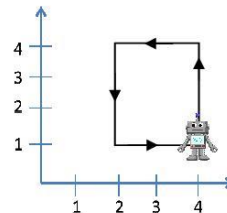
Diese Beispiele für elektrische Schaltungen kenne ich:

6) Beschreibe, was Löten ist:

☐ ich habe schon mal gelötet

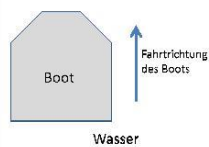
7) Erkläre, warum Maschinen heutzutage meist von Computern gesteuert werden:

8) Beschreibe jemandem am Telefon, wie der Roboter im Koordinatensystem das Rechteck abläuft.



9) Boote sollen möglichst gut durchs Wasser gleiten. Dabei ist ihre Form sehr wichtig. Links siehst du eine Bootsform. Gleitet ein Boot mit dieser Form gut durchs Wasser? Zeichne eine Bootsform, die das vielleicht besser kann.

Schreibe auf, warum deine Bootsform gut durchs Wasser gleitet:



Vielen Dank für die Beantwortung! © Christin Sajons, Universität Oldenburg

15.1.5.2 WHV Post-Fragebogen

Mein Besuch beim Solarboot-Angebot des Lernorts Technik und Natur

Im Lernort Technik und Natur war ich an folgendem Tag (kreuze an): <input type="radio"/> Montag <input type="radio"/> Mittwoch <input type="radio"/> Donnerstag
Mein persönlicher Code: die ersten beiden Buchstaben des Vornamens meiner Mutter _____ und meines Vaters _____
Beispiel: Wenn deine Eltern Iris und Andreas heißen würden, dann müsstest du eintragen <u>IR</u> und <u>AN</u>
1) Berichte, was ihr im Lernort Technik und Natur gemacht habt:

2) Beschreibe, was eine Solarzelle ist:

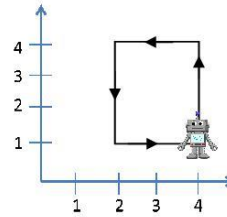
3) Beschreibe, was ein Solarboot ist:

So funktioniert ein Solarboot: _____

4) Erkläre, welche Vorteile Sonnenenergie und Windenergie gegenüber anderen Energieformen haben:

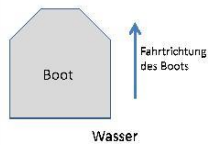
5) Erkläre, was ein elektrischer Stromkreis ist:	meine Zeichnung eines Stromkreises:
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
6) Erkläre, was elektrische Schaltungen sind:	
<hr/> <hr/> <hr/>	
Diese Beispiele für elektrische Schaltungen kenne ich:	
<hr/> <hr/>	
7) Kreuze an: Ich habe mich bei meinem Solarboot entschieden für eine:	<input type="radio"/> Reihenschaltung <input type="radio"/> Parallelschaltung
Das war der Grund für die Entscheidung:	
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
8) Beschreibe, was Löten ist:	
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
9) Erkläre, warum Maschinen heutzutage meist von Computern gesteuert werden:	
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

10) Beschreibe jemandem am Telefon, wie der Roboter im Koordinatensystem das Rechteck abläuft.



11) Boote sollen möglichst gut durchs Wasser gleiten. Dabei ist ihre Form sehr wichtig. Links siehst du eine Bootsform. Gleitet ein Boot mit dieser Form gut durchs Wasser? Zeichne eine Bootsform, die das vielleicht besser kann.

Schreibe auf, warum deine Bootsform gut durchs Wasser gleitet:



12) Welcher Satz gilt für dich?
(kreuze an)

- ☐ Das meiste, was wir gemacht haben, wusste ich schon.
☐ Vieles, was wir gemacht haben, war neu für mich.

Beschreibe, was **neu** für dich war:

Schreibe auf, was du dazugelernt hast:

13) Welcher Satz gilt
für dich? (kreuze an)


- ☐ Ich konnte im Lernort Technik und Natur viel selbst bestimmten und planen.
☐ Im Lernort Technik und Natur wurde viel vorgegeben und ich konnte fast nichts selbst entscheiden.

Schreibe auf, was du selbst bestimmen durftest:

15.1 Erhebungsinstrumente

<p>14) Beschreibe, welche Aufgaben ihr lösen solltet: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Diese Aufgaben waren für mich (kreuze an): <input type="checkbox"/> langweilig <input type="checkbox"/> einfach <input type="checkbox"/> herausfordernd <input type="checkbox"/> schwierig</p> <p>So konnte ich die Aufgaben lösen: _____</p> <p>_____</p>
<p>15) Berichte, was dir Spaß an dem Vormittag rund um das Thema Solarboot gemacht hat:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>16) Berichte, was dir nicht so gut gefallen hat:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>17) Beschreibe, was schwieriger als in unserem üblichen Unterricht war:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Woran lag das? _____</p> <p>_____</p>
<p>18) Was war besser als in unserem üblichen Unterricht?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>Warum war es besser? _____</p> <p>_____</p>
<p>19) Das sollte anders gemacht werden: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

Vielen Dank für die Beantwortung! ©Christin Sajons, Universität Oldenburg

5) Um Planeten zu untersuchen, schickt man Raumsonden dorthin. Erkläre, wie Raumsonden auf einem Planet landen:		
<hr/> <hr/> <hr/>		
6) Unten siehst du ein Ei. Zeichne eine Konstruktion um das Ei herum, die dafür sorgt, dass das Ei nicht kaputt geht, wenn es herunterfällt.	Erkläre, warum deine Konstruktion funktioniert:	
	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
	7) Beschreibe, wie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am DLR arbeiten:	
	<hr/> <hr/> <hr/>	
	Beschreibe, was ihre Aufgaben sind:	
	<hr/> <hr/> <hr/>	
	8) Schreibe auf, was du von dem Besuch im DLR_School_Lab erwartest:	
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>		

Vielen Dank für die Beantwortung! © Christin Sajons, Universität Oldenburg

<p>6) Beschreibe, was Vakuum ist: _____</p> <p>_____</p> <p>Erkläre, warum sich ein Luftballon im Vakuum ausdehnt: _____</p> <p>_____</p> <p>Erkläre, warum ihr überhaupt einen Luftballon im Vakuum untersucht habt: _____</p> <p>_____</p>	
<p>7) Erkläre, warum ein Astronaut einen Raumanzug braucht: _____</p> <p>_____</p> <p>Beschreibe, welche Eigenschaften ein Raumanzug haben muss: _____</p> <p>_____</p>	
<p>8) Um Planeten zu untersuchen, schickt man Raumsonden dorthin. Erkläre, wie Raumsonden auf einem Planet landen: _____</p> <p>_____</p>	
<p>9) Unten siehst du ein Ei. Zeichne eine Konstruktion um das Ei herum, die dafür sorgt, dass das Ei nicht kaputt geht, wenn es herunterfällt.</p> <p style="text-align: center;">0</p>	<p>Erkläre, warum deine Konstruktion funktioniert: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

10) Beschreibe, wie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am DLR arbeiten: _____ _____ _____ _____ Beschreibe, was ihre Aufgaben sind: _____ _____ _____	
11) Welcher Satz gilt für dich? (kreuze an)	<input type="radio"/> Das meiste, was wir gemacht haben, wusste ich schon. <input type="radio"/> Vieles, was wir gemacht haben, war neu für mich. Beschreibe, was neu für dich war: _____ _____ _____ Schreibe auf, was du dazugelernt hast: _____ _____ _____
12) Welcher Satz gilt für dich? (kreuze an)	<input type="radio"/> Ich konnte im DLR_School_Lab viel selbst bestimmten und planen. <input type="radio"/> Im DLR_School_Lab wurde viel vorgegeben und ich konnte fast nichts selbst entscheiden. Schreibe auf, was du selbst bestimmen durftest: _____ _____ _____ _____
13) Beschreibe, welche Aufgaben ihr lösen solltet: _____ _____ _____ Diese Aufgaben waren für mich (kreuze an): <input type="radio"/> langweilig <input type="radio"/> einfach <input type="radio"/> herausfordernd <input type="radio"/> schwierig So konnte ich die Aufgaben lösen: _____ _____ _____	

<p>14) Was hat dich angespornt, dich mit Themen des Weltraums und der Raumfahrt zu beschäftigen:</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>15) Berichte, was dir Spaß an dem Vormittag rund um das Thema Weltraum gemacht hat:</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>16) Berichte, was dir nicht so gut gefallen hat:</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>17) Beschreibe, was schwieriger als in unserem üblichen Unterricht war:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <p>Woran lag das? _____</p> <hr/>
<p>18) Was war besser als in unserem üblichen Unterricht?</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <p>Warum war es besser? _____</p> <hr/>
<p>19) Das sollte anders gemacht werden: _____</p> <hr/> <hr/>

Vielen Dank für die Beantwortung! ☺ Christin Sajons, Universität Oldenburg

15.1.5.5 ZNT Pre-Fragebogen

Was ich vor meinem Besuch im ZNT schon weiß:

Mein persönlicher Code: Bitte trage hier die ersten beiden Buchstaben deines Vornamens ____ und dein Geburtstag ____ ein. <small>Beispiel: Wenn du Christin heißen würdest und am 28. April Geburtstag hast, dann müsstest du eintragen <u>CH</u> und <u>28</u></small>
1) Beschreibe verschiedene Möglichkeiten, ein Boot anzutreiben: _____ _____ _____ _____
2) Beschreibe, was eine Solarzelle ist: _____ _____ _____
3) Beschreibe, was ein solarbetriebenes Boot ist: _____ _____ _____ So funktioniert ein solarbetriebenes Boot: _____ _____ _____ _____
4) Erkläre, welche Vorteile ein Antrieb mit Solarzellen gegenüber anderen Antrieben hat: _____ _____ _____ Erkläre, welche Nachteile der Antrieb mit Solarzellen gegenüber anderen Antrieben hat: _____ _____ _____

5) Nenne Bestandteile, die man zum Bau eines solarbetriebenen Bootes benötigt:	
<hr/> <hr/> <hr/>	
6) Erkläre, was ein elektrischer Stromkreis ist:	meine Zeichnung eines Stromkreises:
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
7) Erkläre, was elektrische Schaltungen sind:	
<hr/> <hr/> <hr/>	
Diese Beispiele für elektrische Schaltungen kenne ich:	
<hr/> <hr/>	
8) Beschreibe, was Löten ist:	<input type="checkbox"/> ich habe noch nie gelötet
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

Vielen Dank für die Beantwortung! © Christin Sajons, Universität Oldenburg

15.1.5.6 ZNT Post-Fragebogen

Mein Besuch beim Solarboot-Angebot des ZNT**Mein persönlicher Code:**

Bitte trage hier die ersten beiden Buchstaben deines Vornamens ____ und dein Geburtstag ____ ein.

Beispiel: Wenn du Christin heißen würdest und am 28. April Geburtstag hast, dann müsstest du eintragen CH und 28

1) Berichte, was ihr im ZNT gemacht habt:

2) Beschreibe verschiedene Möglichkeiten, ein Boot anzutreiben:

3) Beschreibe, was eine Solarzelle ist:

4) Beschreibe, was ein solarbetriebenes Boot ist:

So funktioniert ein solarbetriebenes Boot:

5) Erkläre, welche **Vorteile** ein Antrieb mit Solarzellen gegenüber anderen Antrieben hat:

Erkläre, welche **Nachteile** der Antrieb mit Solarzellen gegenüber anderen Antrieben hat:

6) Nenne Bestandteile, die man zum Bau eines solarbetriebenen Bootes benötigt:

7) Erkläre, was ein elektrischer Stromkreis ist:

meine Zeichnung eines Stromkreises:

8) Erkläre, was elektrische Schaltungen sind:

Diese Beispiele für elektrische Schaltungen kenne ich:

9) Beschreibe, was Lötten ist:

10) Welcher Satz gilt für dich?
(kreuze an)

- ☐ Das meiste, was wir gemacht haben, wusste ich schon.
☐ Vieles, was wir gemacht haben, war neu für mich.

Beschreibe, was **neu** für dich war:

Schreibe auf, was du dazugelernt hast:

11) Welcher Satz gilt
für dich? (kreuze an)

- ☐ Ich konnte im znt viel selbst bestimmen und planen.
☐ Im znt wurde viel vorgegeben und ich konnte fast nichts selbst entscheiden.

Schreibe auf, was du selbst bestimmen und planen durftest:

12) Beschreibe, welche Aufgabe die Seenotretter euch gestellt haben:

Diese Aufgabe waren für mich (kreuze an):

- ☐ langweilig ☐ einfach ☐ herausfordernd ☐ schwierig

Begründe deine Antwort:

13) Berichte, was dir **Spaß** an dem Vormittag rund um das Thema Solarboot gemacht hat:

Beschreibe, warum dir das besonders Spaß gemacht hat:

14) Berichte, was dir nicht so gut gefallen hat:

Beschreibe, warum dir das nicht so gut gefallen hat:

15) Beschreibe, was **schwieriger** als in unserem üblichen Unterricht war:

Woran lag das?

16) Was war **besser** als in unserem üblichen Unterricht?

Warum war es besser?

17) Das sollte anders gemacht werden:

Vielen Dank für die Beantwortung! ©Christin Sajons, Universität Oldenburg

Bisher erschienene Bände der Reihe „*Studien zum Physik- und Chemielernen*“

ISSN 1614-8967 (vormals *Studien zum Physiklernen* ISSN 1435-5280)

- 1 Helmut Fischler, Jochen Peuckert (Hrsg.): Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie
ISBN 978-3-89722-256-4 40.50 EUR
- 2 Anja Schoster: Bedeutungsentwicklungsprozesse beim Lösen algorithmischer Physikaufgaben. *Eine Fallstudie zu Lernprozessen von Schülern im Physiknachhilfeunterricht während der Bearbeitung algorithmischer Physikaufgaben*
ISBN 978-3-89722-045-4 40.50 EUR
- 3 Claudia von Aufschnaiter: Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben
ISBN 978-3-89722-143-7 40.50 EUR
- 4 Susanne Haerberlen: Lernprozesse im Unterricht mit Wasserstromkreisen. *Eine Fallstudie in der Sekundarstufe I*
ISBN 978-3-89722-172-7 40.50 EUR
- 5 Kerstin Haller: Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen. *Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-242-7 40.50 EUR
- 6 Michaela Horstendahl: Motivationale Orientierungen im Physikunterricht
ISBN 978-3-89722-227-4 50.00 EUR
- 7 Stefan Deylitz: Lernergebnisse in der Quanten-Atomphysik. *Evaluation des Bremer Unterrichtskonzepts*
ISBN 978-3-89722-291-5 40.50 EUR
- 8 Lorenz Hucke: Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums
ISBN 978-3-89722-316-5 50.00 EUR
- 9 Heike Theyßen: Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. *Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*
ISBN 978-3-89722-334-9 40.50 EUR
- 10 Annette Schick: Der Einfluß von Interesse und anderen selbstbezogenen Kognitionen auf Handlungen im Physikunterricht. *Fallstudien zu Interessenhandlungen im Physikunterricht*
ISBN 978-3-89722-380-6 40.50 EUR
- 11 Roland Berger: Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik. *Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*
ISBN 978-3-89722-445-2 40.50 EUR

- 12 Johannes Werner: Vom Licht zum Atom. *Ein Unterrichtskonzept zur Quantenphysik unter Nutzung des Zeigermodells*
ISBN 978-3-89722-471-1 40.50 EUR
- 13 Florian Sander: Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. *Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum*
ISBN 978-3-89722-482-7 40.50 EUR
- 14 Jörn Gerdes: Der Begriff der physikalischen Kompetenz. *Zur Validierung eines Konstruktes*
ISBN 978-3-89722-510-7 40.50 EUR
- 15 Malte Meyer-Arndt: Interaktionen im Physikpraktikum zwischen Studierenden und Betreuern. *Feldstudie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen im physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-541-1 40.50 EUR
- 16 Dietmar Höttecke: Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. *Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*
ISBN 978-3-89722-607-4 40.50 EUR
- 17 Gil Gabriel Mavanga: Entwicklung und Evaluation eines experimentell- und phänomenorientierten Optikcurriculums. *Untersuchung zu Schülervorstellungen in der Sekundarstufe I in Mosambik und Deutschland*
ISBN 978-3-89722-721-7 40.50 EUR
- 18 Meike Ute Zastrow: Interaktive Experimentieranleitungen. *Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-802-3 40.50 EUR
- 19 Gunnar Friege: Wissen und Problemlösen. *Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*
ISBN 978-3-89722-809-2 40.50 EUR
- 20 Erich Starauschek: Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie*
ISBN 978-3-89722-823-8 40.50 EUR
- 21 Roland Paatz: Charakteristika analogiebasierten Denkens. *Vergleich von Lernprozessen in Basis- und Zielbereich*
ISBN 978-3-89722-944-0 40.50 EUR
- 22 Silke Mikelskis-Seifert: Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern. *Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*
ISBN 978-3-8325-0013-9 40.50 EUR
- 23 Brunhild Landwehr: Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. *Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen*
ISBN 978-3-8325-0044-3 40.50 EUR

- 24 Lydia Murmann: Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. *Eine phänomenografische Untersuchung in der Primarstufe*
ISBN 978-3-8325-0060-3 40.50 EUR
- 25 Thorsten Bell: Strukturprinzipien der Selbstregulation. *Komplexe Systeme, Elementarisierungen und Lernprozessstudien für den Unterricht der Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-0134-1 40.50 EUR
- 26 Rainer Müller: Quantenphysik in der Schule
ISBN 978-3-8325-0186-0 40.50 EUR
- 27 Jutta Roth: Bedeutungsentwicklungsprozesse von Physikerinnen und Physikern in den Dimensionen Komplexität, Zeit und Inhalt
ISBN 978-3-8325-0183-9 40.50 EUR
- 28 Andreas Saniter: Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik
ISBN 978-3-8325-0292-8 40.50 EUR
- 29 Thomas Weber: Kumulatives Lernen im Physikunterricht. *Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*
ISBN 978-3-8325-0316-1 40.50 EUR
- 30 Markus Rehm: Über die Chancen und Grenzen moralischer Erziehung im naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-0368-0 40.50 EUR
- 31 Marion Budde: Lernwirkungen in der Quanten-Atom-Physik. *Fallstudien über Resonanzen zwischen Lernangeboten und SchülerInnen-Vorstellungen*
ISBN 978-3-8325-0483-0 40.50 EUR
- 32 Thomas Reyer: Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. *Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-0488-5 40.50 EUR
- 33 Christoph Thomas Müller: Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-0543-1 40.50 EUR
- 34 Gabriela Jonas-Ahrend: Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-0576-9 40.50 EUR
- 35 Dimitrios Stavrou: Das Zusammenspiel von Zufall und Gesetzmäßigkeiten in der nicht-linearen Dynamik. *Didaktische Analyse und Lernprozesse*
ISBN 978-3-8325-0609-4 40.50 EUR
- 36 Katrin Engeln: Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken
ISBN 978-3-8325-0689-6 40.50 EUR
- 37 Susann Hartmann: Erklärungsvielfalt
ISBN 978-3-8325-0730-5 40.50 EUR

- 38 Knut Neumann: Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker
ISBN 978-3-8325-0762-6 40.50 EUR
- 39 Michael Späth: Kontextbedingungen für Physikunterricht an der Hauptschule. *Möglichkeiten und Ansatzpunkte für einen fachübergreifenden, handlungsorientierten und berufsorientierten Unterricht*
ISBN 978-3-8325-0827-2 40.50 EUR
- 40 Jörg Hirsch: Interesse, Handlungen und situatives Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben
ISBN 978-3-8325-0875-3 40.50 EUR
- 41 Monika Hüther: Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze. *Eine Studie im Rahmen des Physikpraktikums für Studierende der Medizin*
ISBN 978-3-8325-0911-8 40.50 EUR
- 42 Maike Tesch: Das Experiment im Physikunterricht. *Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*
ISBN 978-3-8325-0975-0 40.50 EUR
- 43 Nina Nicolai: Skriptgeleitete Eltern-Kind-Interaktion bei Chemiehausaufgaben. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Säure-Base*
ISBN 978-3-8325-1013-8 40.50 EUR
- 44 Antje Leisner: Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-1020-6 40.50 EUR
- 45 Stefan Rumann: Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik
ISBN 978-3-8325-1027-5 40.50 EUR
- 46 Thomas Wilhelm: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung – mit CD-ROM
ISBN 978-3-8325-1046-6 45.50 EUR
- 47 Andrea Maier-Richter: Computerunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen in der Chemie. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Löslichkeit*
ISBN 978-3-8325-1046-6 40.50 EUR
- 48 Jochen Peuckert: Stabilität und Ausprägung kognitiver Strukturen zum Atombegriff
ISBN 978-3-8325-1104-3 40.50 EUR
- 49 Maik Walpuski: Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback
ISBN 978-3-8325-1184-5 40.50 EUR
- 50 Helmut Fischler, Christiane S. Reiners (Hrsg.): Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-1225-5 34.90 EUR
- 51 Claudia Eysel: Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung. *Eine empirische Studie zum Kompetenzerwerb in einer komplexen Lernumgebung*
ISBN 978-3-8325-1238-5 40.50 EUR

- 52 Johannes Günther: Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. *Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften*
ISBN 978-3-8325-1287-3 40.50 EUR
- 53 Christoph Neugebauer: Lernen mit Simulationen und der Einfluss auf das Problemlösen in der Physik
ISBN 978-3-8325-1300-9 40.50 EUR
- 54 Andreas Schnirch: Gendergerechte Interessen- und Motivationsförderung im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung. *Konzeption, Entwicklung und Evaluation einer multimedial unterstützten Lernumgebung*
ISBN 978-3-8325-1334-4 40.50 EUR
- 55 Hilde Köster: Freies Explorieren und Experimentieren. *Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*
ISBN 978-3-8325-1348-1 40.50 EUR
- 56 Eva Heran-Dörr: Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften
ISBN 978-3-8325-1377-1 40.50 EUR
- 57 Agnes Szabone Varnai: Unterstützung des Problemlösens in Physik durch den Einsatz von Simulationen und die Vorgabe eines strukturierten Kooperationsformats
ISBN 978-3-8325-1403-7 40.50 EUR
- 58 Johannes Rethfeld: Aufgabenbasierte Lernprozesse in selbstorganisationsoffenem Unterricht der Sekundarstufe I zum Themengebiet ELEKTROSTATIK. *Eine Feldstudie in vier 10. Klassen zu einer kartenbasierten Lernumgebung mit Aufgaben aus der Elektrostatik*
ISBN 978-3-8325-1416-7 40.50 EUR
- 59 Christian Henke: Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. *Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven*
ISBN 978-3-8325-1515-7 40.50 EUR
- 60 Lutz Kasper: Diskursiv-narrative Elemente für den Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer multimedialen Lernumgebung zum Erdmagnetismus*
ISBN 978-3-8325-1537-9 40.50 EUR
- 61 Thorid Rabe: Textgestaltung und Aufforderung zu Selbsterklärungen beim Physiklernen mit Multimedia
ISBN 978-3-8325-1539-3 40.50 EUR
- 62 Ina Glemnitz: Vertikale Vernetzung im Chemieunterricht. *Ein Vergleich von traditionellem Unterricht mit Unterricht nach Chemie im Kontext*
ISBN 978-3-8325-1628-4 40.50 EUR
- 63 Erik Einhaus: Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre. *Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen*
ISBN 978-3-8325-1630-7 40.50 EUR

- 64 Jasmin Neuroth: Concept Mapping als Lernstrategie. *Eine Interventionsstudie zum Chemielernen aus Texten*
ISBN 978-3-8325-1659-8 40.50 EUR
- 65 Hans Gerd Hegeler-Burkhart: Zur Kommunikation von Hauptschülerinnen und Hauptschülern in einem handlungsorientierten und fächerübergreifenden Unterricht mit physikalischen und technischen Inhalten
ISBN 978-3-8325-1667-3 40.50 EUR
- 66 Karsten Rincke: Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. *Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*
ISBN 978-3-8325-1699-4 40.50 EUR
- 67 Nina Strehle: Das Ion im Chemieunterricht. *Alternative Schülervorstellungen und curriculare Konsequenzen*
ISBN 978-3-8325-1710-6 40.50 EUR
- 68 Martin Hopf: Problemorientierte Schülerexperimente
ISBN 978-3-8325-1711-3 40.50 EUR
- 69 Anne Beerenwinkel: Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts
ISBN 978-3-8325-1721-2 40.50 EUR
- 70 Roland Berger: Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II. *Eine empirische Untersuchung auf der Grundlage der Selbstbestimmungstheorie der Motivation*
ISBN 978-3-8325-1732-8 40.50 EUR
- 71 Giuseppe Colicchia: Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie. *Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten*
ISBN 978-3-8325-1746-5 40.50 EUR
- 72 Sandra Winheller: Geschlechtsspezifische Auswirkungen der Lehrer-Schüler-Interaktion im Chemieanfangsunterricht
ISBN 978-3-8325-1757-1 40.50 EUR
- 73 Isabel Wahser: Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-1815-8 40.50 EUR
- 74 Claus Brell: Lernmedien und Lernerfolg - reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht. *Empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE*
ISBN 978-3-8325-1829-5 40.50 EUR
- 75 Rainer Wackermann: Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer
ISBN 978-3-8325-1882-0 40.50 EUR
- 76 Oliver Tepner: Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-1919-3 40.50 EUR

- 77 Claudia Geyer: Museums- und Science-Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive. *Die Sicht von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern*
ISBN 978-3-8325-1922-3 40.50 EUR
- 78 Tobias Leonhard: Professionalisierung in der Lehrerbildung. *Eine explorative Studie zur Entwicklung professioneller Kompetenzen in der Lehrererstausbildung*
ISBN 978-3-8325-1924-7 40.50 EUR
- 79 Alexander Kauertz: Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben
ISBN 978-3-8325-1925-4 40.50 EUR
- 80 Regina Hübinger: Schüler auf Weltreise. *Entwicklung und Evaluation von Lehr-/Lernmaterialien zur Förderung experimentell-naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die Jahrgangsstufen 5 und 6*
ISBN 978-3-8325-1932-2 40.50 EUR
- 81 Christine Waltner: Physik lernen im Deutschen Museum
ISBN 978-3-8325-1933-9 40.50 EUR
- 82 Torsten Fischer: Handlungsmuster von Physiklehrkräften beim Einsatz neuer Medien. *Fallstudien zur Unterrichtspraxis*
ISBN 978-3-8325-1948-3 42.00 EUR
- 83 Corinna Kieren: Chemiehausaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. *Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgabendesigns im Themenbereich Säure-Base*
978-3-8325-1975-9 37.00 EUR
- 84 Marco Thiele: Modelle der Thermohalinen Zirkulation im Unterricht. *Eine empirische Studie zur Förderung des Modellverständnisses*
ISBN 978-3-8325-1982-7 40.50 EUR
- 85 Bernd Zinn: Physik lernen, um Physik zu lehren. *Eine Möglichkeit für interessanteren Physikunterricht*
ISBN 978-3-8325-1995-7 39.50 EUR
- 86 Esther Klaes: Außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Die Perspektive der Lehrkraft*
ISBN 978-3-8325-2006-9 43.00 EUR
- 87 Marita Schmidt: Kompetenzmodellierung und -diagnostik im Themengebiet Energie der Sekundarstufe I. *Entwicklung und Erprobung eines Testinventars*
ISBN 978-3-8325-2024-3 37.00 EUR
- 88 Gudrun Franke-Braun: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*
ISBN 978-3-8325-2026-7 38.00 EUR
- 89 Silke Klos: Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*
ISBN 978-3-8325-2133-2 37.00 EUR

- 90 Ulrike Elisabeth Burkard: Quantenphysik in der Schule. *Bestandsaufnahme, Perspektiven und Weiterentwicklungsmöglichkeiten durch die Implementation eines Medienservers*
ISBN 978-3-8325-2215-5 43.00 EUR
- 91 Ulrike Gromadecki: Argumente in physikalischen Kontexten. *Welche Geltungsgründe halten Physikanfänger für überzeugend?*
ISBN 978-3-8325-2250-6 41.50 EUR
- 92 Jürgen Bruns: Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden
ISBN 978-3-8325-2257-5 43.50 EUR
- 93 Cornelius Marsch: Räumliche Atomvorstellung. *Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtskonzeptes mit Hilfe des Computers*
ISBN 978-3-8325-2293-3 82.50 EUR
- 94 Maja Brückmann: Sachstrukturen im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Videostudie*
ISBN 978-3-8325-2272-8 39.50 EUR
- 95 Sabine Fechner: Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education
ISBN 978-3-8325-2343-5 36.50 EUR
- 96 Clemens Nagel: eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum
ISBN 978-3-8325-2355-8 39.50 EUR
- 97 Josef Riese: Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-2376-3 39.00 EUR
- 98 Sascha Bernholt: Kompetenzmodellierung in der Chemie. *Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*
ISBN 978-3-8325-2447-0 40.00 EUR
- 99 Holger Christoph Stawitz: Auswirkung unterschiedlicher Aufgabenprofile auf die Schülerleistung. *Vergleich von Naturwissenschafts- und Problemlöseaufgaben der PISA 2003-Studie*
ISBN 978-3-8325-2451-7 37.50 EUR
- 100 Hans Ernst Fischer, Elke Sumfleth (Hrsg.): nwu-essen – 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-3331-1 40.00 EUR
- 101 Hendrik Härtig: Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests
ISBN 978-3-8325-2512-5 34.00 EUR
- 102 Thomas Grüß-Niehaus: Zum Verständnis des Löslichkeitskonzeptes im Chemieunterricht. *Der Effekt von Methoden progressiver und kollaborativer Reflexion*
ISBN 978-3-8325-2537-8 40.50 EUR

- 103 Patrick Bronner: Quantenoptische Experimente als Grundlage eines Curriculums zur Quantenphysik des Photons
ISBN 978-3-8325-2540-8 36.00 EUR
- 104 Adrian Voßkühler: Blickbewegungsmessung an Versuchsaufbauten. *Studien zur Wahrnehmung, Verarbeitung und Usability von physikbezogenen Experimenten am Bildschirm und in der Realität*
ISBN 978-3-8325-2548-4 47.50 EUR
- 105 Verena Tobias: Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. *Die Wirksamkeit einer Einführung über die zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen*
ISBN 978-3-8325-2558-3 54.00 EUR
- 106 Christian Rogge: Entwicklung physikalischer Konzepte in aufgabenbasierten Lernumgebungen
ISBN 978-3-8325-2574-3 45.00 EUR
- 107 Mathias Ropohl: Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. *Entwicklung und Analyse von Testaufgaben*
ISBN 978-3-8325-2609-2 36.50 EUR
- 108 Christoph Kulgemeyer: Physikalische Kommunikationskompetenz. *Modellierung und Diagnostik*
ISBN 978-3-8325-2674-0 44.50 EUR
- 109 Jennifer Olszewski: The Impact of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Teacher Actions and Student Outcomes
ISBN 978-3-8325-2680-1 33.50 EUR
- 110 Annika Ohle: Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement
ISBN 978-3-8325-2684-9 36.50 EUR
- 111 Susanne Mannel: Assessing scientific inquiry. *Development and evaluation of a test for the low-performing stage*
ISBN 978-3-8325-2761-7 40.00 EUR
- 112 Michael Plomer: Physik physiologisch passend praktiziert. *Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie*
ISBN 978-3-8325-2804-1 34.50 EUR
- 113 Alexandra Schulz: Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. *Eine Videostudie*
ISBN 978-3-8325-2817-1 40.00 EUR
- 114 Franz Boczianowski: Eine empirische Untersuchung zu Vektoren im Physikunterricht der Mittelstufe
ISBN 978-3-8325-2843-0 39.50 EUR
- 115 Maria Ploog: Internetbasiertes Lernen durch Textproduktion im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-2853-9 39.50 EUR

- 116 Anja Dhein: Lernen in Explorier- und Experimentiersituationen. *Eine explorative Studie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen bei Kindern im Alter zwischen 4 und 6 Jahren*
ISBN 978-3-8325-2859-1 45.50 EUR
- 117 Irene Neumann: Beyond Physics Content Knowledge. *Modeling Competence Regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge*
ISBN 978-3-8325-2880-5 37.00 EUR
- 118 Markus Emden: Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. *Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*
ISBN 978-3-8325-2867-6 38.00 EUR
- 119 Birgit Hofmann: Analyse von Blickbewegungen von Schülern beim Lesen von physikbezogenen Texten mit Bildern. *Eye Tracking als Methodenwerkzeug in der physikdidaktischen Forschung*
ISBN 978-3-8325-2925-3 59.00 EUR
- 120 Rebecca Knobloch: Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. *Eine Videostudie zu kooperativer Kleingruppenarbeit*
ISBN 978-3-8325-3006-8 36.50 EUR
- 121 Julia Hostenbach: Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3013-6 38.00 EUR
- 122 Anna Windt: Naturwissenschaftliches Experimentieren im Elementarbereich. *Evaluation verschiedener Lernsituationen*
ISBN 978-3-8325-3020-4 43.50 EUR
- 123 Eva Kölbach: Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen
ISBN 978-3-8325-3025-9 38.50 EUR
- 124 Anna Lau: Passung und vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-3021-1 36.00 EUR
- 125 Jan Lamprecht: Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. *Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik*
ISBN 978-3-8325-3035-8 38.50 EUR
- 126 Ulrike Böhm: Förderung von Verstehensprozessen unter Einsatz von Modellen
ISBN 978-3-8325-3042-6 41.00 EUR
- 127 Sabrina Dollny: Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften
ISBN 978-3-8325-3046-4 37.00 EUR
- 128 Monika Zimmermann: Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. *Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen*
ISBN 978-3-8325-3053-2 54.00 EUR

- 129 Ulf Saballus: Über das Schlussfolgern von Schülerinnen und Schülern zu öffentlichen Kontroversen mit naturwissenschaftlichem Hintergrund. *Eine Fallstudie*
ISBN 978-3-8325-3086-0 39.50 EUR
- 130 Olaf Krey: Zur Rolle der Mathematik in der Physik. *Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender*
ISBN 978-3-8325-3101-0 46.00 EUR
- 131 Angelika Wolf: Zusammenhänge zwischen der Eigenständigkeit im Physikunterricht, der Motivation, den Grundbedürfnissen und dem Lernerfolg von Schülern
ISBN 978-3-8325-3161-4 45.00 EUR
- 132 Johannes Börlin: Das Experiment als Lerngelegenheit. *Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 133 Olaf Uhden: Mathematisches Denken im Physikunterricht. *Theorieentwicklung und Problemanalyse*
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 134 Christoph Gut: Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. *Analyse eines large-scale Experimentiertests*
ISBN 978-3-8325-3213-0 40.00 EUR
- 135 Antonio Rueda: Lernen mit ExploMultimedial in kolumbianischen Schulen. *Analyse von kurzzeitigen Lernprozessen und der Motivation beim länderübergreifenden Einsatz einer deutschen computergestützten multimedialen Lernumgebung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*
ISBN 978-3-8325-3218-5 45.50 EUR
- 136 Krisztina Berger: Bilder, Animationen und Notizen. *Empirische Untersuchung zur Wirkung einfacher visueller Repräsentationen und Notizen auf den Wissenserwerb in der Optik*
ISBN 978-3-8325-3238-3 41.50 EUR
- 137 Antony Crossley: Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher physikalischer Konzepte auf den Wissenserwerb in der Thermodynamik der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3275-8 40.00 EUR
- 138 Tobias Viering: Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. *Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-3277-2 37.00 EUR
- 139 Nico Schreiber: Diagnostik experimenteller Kompetenz. *Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*
ISBN 978-3-8325-3284-0 39.00 EUR
- 140 Sarah Hundertmark: Einblicke in kollaborative Lernprozesse. *Eine Fallstudie zur reflektierenden Zusammenarbeit unterstützt durch die Methoden Concept Mapping und Lernbegleitbogen*
ISBN 978-3-8325-3251-2 43.00 EUR

- 141 Ronny Scherer: Analyse der Struktur, Messinvarianz und Ausprägung komplexer Problemlösekompetenz im Fach Chemie. *Eine Querschnittstudie in der Sekundarstufe I und am Übergang zur Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-3312-0 43.00 EUR
- 142 Patricia Heitmann: Bewertungskompetenz im Rahmen naturwissenschaftlicher Problemlöseprozesse. *Modellierung und Diagnose der Kompetenzen Bewertung und analytisches Problemlösen für das Fach Chemie*
ISBN 978-3-8325-3314-4 37.00 EUR
- 143 Jan Fleischhauer: Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik
ISBN 978-3-8325-3325-0 35.00 EUR
- 144 Nermin Özcan: Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. *Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht*
ISBN 978-3-8325-3328-1 36.50 EUR
- 145 Helena van Vorst: Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3321-2 38.50 EUR
- 146 Janine Cappell: Fachspezifische Diagnosekompetenz angehender Physiklehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase
ISBN 978-3-8325-3356-4 38.50 EUR
- 147 Susanne Bley: Förderung von Transferprozessen im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3407-3 40.50 EUR
- 148 Cathrin Blaes: Die übungsgestützte Lehrerpräsentation im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Effektivität*
ISBN 978-3-8325-3409-7 43.50 EUR
- 149 Julia Suckut: Die Wirksamkeit von piko-OWL als Lehrerfortbildung. Eine Evaluation zum Projekt *Physik im Kontext* in Fallstudien
ISBN 978-3-8325-3440-0 45.00 EUR
- 150 Alexandra Dorschu: Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben
ISBN 978-3-8325-3446-2 37.00 EUR
- 151 Jochen Scheid: Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: *Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur*
ISBN 978-3-8325-3449-3 49.00 EUR
- 152 Tim Plasa: Die Wahrnehmung von Schülerlaboren und Schülerforschungszentren
ISBN 978-3-8325-3483-7 35.50 EUR
- 153 Felix Schoppmeier: Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe. *Entwicklung und Validierung eines Kompetenzstrukturmodells für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-3502-5 36.00 EUR

- 154 Katharina Groß: Experimente alternativ dokumentieren. *Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*
ISBN 978-3-8325-3508-7 43.50 EUR
- 155 Barbara Hank: Konzeptwandelprozesse im Anfangsunterricht Chemie. *Eine quasixperimentelle Längsschnittstudie*
ISBN 978-3-8325-3519-3 38.50 EUR
- 156 Katja Freyer: Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3544-5 38.00 EUR
- 157 Alexander Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-)Magnetismus. *Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-3548-3 43.50 EUR
- 158 Sebastian Ritter: Einfluss des Lerninhalts Nanogrößeneffekte auf Teilchen- und Teilchenmodellvorstellungen von Schülerinnen und Schülern
ISBN 978-3-8325-3558-2 36.00 EUR
- 159 Andrea Harbach: Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben
ISBN 978-3-8325-3564-3 39.00 EUR
- 160 David Obst: Interaktive Tafeln im Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung*
ISBN 978-3-8325-3582-7 40.50 EUR
- 161 Sophie Kirschner: Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-3601-5 35.00 EUR
- 162 Katja Stief: Selbstregulationsprozesse und Hausaufgabenmotivation im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3631-2 34.00 EUR
- 163 Nicola Meschede: Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*
ISBN 978-3-8325-3668-8 37.00 EUR
- 164 Johannes Maximilian Barth: Experimentieren im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. *Eine Rekonstruktion übergeordneter Einbettungsstrategien*
ISBN 978-3-8325-3681-7 39.00 EUR
- 165 Sandra Lein: Das Betriebspraktikum in der Lehrerbildung. *Eine Untersuchung zur Förderung der Wissenschafts- und Technikbildung im allgemeinbildenden Unterricht*
ISBN 978-3-8325-3698-5 40.00 EUR
- 166 Veranika Maiseyenka: Modellbasiertes Experimentieren im Unterricht. *Praxistauglichkeit und Lernwirkungen*
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR

- 167 Christoph Stolzenberger: Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR
- 168 Pia Altenburger: Mehrebenenregressionsanalysen zum Physiklernen im Sachunterricht der Primarstufe. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie.*
ISBN 978-3-8325-3717-3 37.50 EUR
- 169 Nora Ferber: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung von Kompetenzentwicklung im Fach Chemie in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3727-2 39.50 EUR
- 170 Anita Stender: Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln.
Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung
ISBN 978-3-8325-3750-0 41.50 EUR
- 171 Jenna Koenen: Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen
ISBN 978-3-8325-3785-2 43.00 EUR
- 172 Teresa Henning: Empirische Untersuchung kontextorientierter Lernumgebungen in der Hochschuldidaktik. *Entwicklung und Evaluation kontextorientierter Aufgaben in der Studieneingangsphase für Fach- und Nebenfachstudierende der Physik*
ISBN 978-3-8325-3801-9 43.00 EUR
- 173 Alexander Pusch: Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik
ISBN 978-3-8325-3829-3 38.00 EUR
- 174 Christoph Vogelsang: Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*
ISBN 978-3-8325-3846-0 50.50 EUR
- 175 Ingo Brebeck: Selbstreguliertes Lernen in der Studieneingangsphase im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3859-0 37.00 EUR
- 176 Axel Eghtessad: Merkmale und Strukturen von Professionalisierungsprozessen in der ersten und zweiten Phase der Chemielehrerbildung. *Eine empirisch-qualitative Studie mit niedersächsischen Fachleiter_innen der Sekundarstufenlehrkräfte*
ISBN 978-3-8325-3861-3 45.00 EUR
- 177 Andreas Nehring: Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-3872-9 39.50 EUR
- 178 Maike Schmidt: Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung“
ISBN 978-3-8325-3907-8 38.50 EUR

- 179 Jan Winkelmann: Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-3915-3 41.00 EUR
- 180 Iwen Kobow: Entwicklung und Validierung eines Testinstrumentes zur Erfassung der Kommunikationskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3927-6 34.50 EUR
- 181 Yvonne Gramzow: Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion
ISBN 978-3-8325-3931-3 42.50 EUR
- 182 Evelin Schröter: Entwicklung der Kompetenzerwartung durch Lösen physikalischer Aufgaben einer multimedialen Lernumgebung
ISBN 978-3-8325-3975-7 54.50 EUR
- 183 Inga Kallweit: Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*
ISBN 978-3-8325-3965-8 44.00 EUR
- 184 Andrea Schumacher: Paving the way towards authentic chemistry teaching. *A contribution to teachers' professional development*
ISBN 978-3-8325-3976-4 48.50 EUR
- 185 David Woitkowski: Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. *Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*
ISBN 978-3-8325-3988-7 53.00 EUR
- 186 Marianne Korner: Cross-Age Peer Tutoring in Physik. *Evaluation einer Unterrichtsmethode*
ISBN 978-3-8325-3979-5 38.50 EUR
- 187 Simone Nakoinz: Untersuchung zur Verknüpfung submikroskopischer und makroskopischer Konzepte im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4057-9 38.50 EUR
- 188 Sandra Anus: Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. *Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*
ISBN 978-3-8325-4059-3 43.50 EUR
- 189 Thomas Roßbegalle: Fachdidaktische Entwicklungsforschung zum besseren Verständnis atmosphärischer Phänomene. *Treibhauseffekt, saurer Regen und stratosphärischer Ozonabbau als Kontexte zur Vermittlung von Basiskonzepten der Chemie*
ISBN 978-3-8325-4059-3 45.50 EUR
- 190 Kathrin Steckenmesser-Sander: Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikbezogener Handlungs-, Denk- und Lernprozesse von Mädchen und Jungen
ISBN 978-3-8325-4066-1 38.50 EUR
- 191 Cornelia Geller: Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. *Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*
ISBN 978-3-8325-4082-1 35.50 EUR

- 192 Jan Hofmann: Untersuchung des Kompetenzaufbaus von Physiklehrkräften während einer Fortbildungsmaßnahme
ISBN 978-3-8325-4104-0 38.50 EUR
- 193 Andreas Dickhäuser: Chemiespezifischer Humor. *Theoriebildung, Materialentwicklung, Evaluation*
ISBN 978-3-8325-4108-8 37.00 EUR
- 194 Stefan Korte: Die Grenzen der Naturwissenschaft als Thema des Physikunterrichts
ISBN 978-3-8325-4112-5 57.50 EUR
- 195 Carolin Hülsmann: Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe
ISBN 978-3-8325-4144-6 49.00 EUR
- 196 Caroline Körbs: Mindeststandards im Fach Chemie am Ende der Pflichtschulzeit
ISBN 978-3-8325-4148-4 34.00 EUR
- 197 Andreas Vorholzer: Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? *Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*
ISBN 978-3-8325-4194-1 37.50 EUR
- 198 Anna Katharina Schmitt: Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-4228-3 39.50 EUR
- 199 Christian Maurer: Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen
ISBN 978-3-8325-4247-4 36.50 EUR
- 200 Helmut Fischler, Elke Sumfleth (Hrsg.): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik
ISBN 978-3-8325-4523-9 34.00 EUR
- 201 Simon Zander: Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen
ISBN 978-3-8325-4248-1 35.00 EUR
- 202 Kerstin Arndt: Experimentierkompetenz erfassen.
Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie
ISBN 978-3-8325-4266-5 45.00 EUR
- 203 Christian Lang: Kompetenzorientierung im Rahmen experimentalchemischer Praktika
ISBN 978-3-8325-4268-9 42.50 EUR
- 204 Eva Cauet: Testen wir relevantes Wissen? *Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*
ISBN 978-3-8325-4276-4 39.50 EUR
- 205 Patrick Löffler: Modellanwendung in Problemlöseaufgaben. *Wie wirkt Kontext?*
ISBN 978-3-8325-4303-7 35.00 EUR

- 206 Carina Gehlen: Kompetenzstruktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4318-1 43.00 EUR
- 207 Lars Oettinghaus: Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. *Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat*
ISBN 978-3-8325-4319-8 38.50 EUR
- 208 Jennifer Petersen: Zum Einfluss des Merkmals Humor auf die Gesundheitsförderung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Eine Interventionsstudie zum Thema Sonnenschutz*
ISBN 978-3-8325-4348-8 40.00 EUR
- 209 Philipp Straube: Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-4351-8 35.50 EUR
- 210 Martin Dickmann: Messung von Experimentierfähigkeiten. *Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens*
ISBN 978-3-8325-4356-3 41.00 EUR
- 211 Markus Bohlmann: Science Education. Empirie, Kulturen und Mechanismen der Didaktik der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4377-8 44.00 EUR
- 212 Martin Draude: Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-4382-2 37.50 EUR
- 213 Henning Rode: Prototypen evidenzbasierten Physikunterrichts. *Zwei empirische Studien zum Einsatz von Feedback und Blackboxes in der Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-4389-1 42.00 EUR
- 214 Jan-Henrik Kechel: Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. *Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*
ISBN 978-3-8325-4392-1 55.00 EUR
- 215 Katharina Fricke: Classroom Management and its Impact on Lesson Outcomes in Physics. *A multi-perspective comparison of teaching practices in primary and secondary schools*
ISBN 978-3-8325-4394-5 40.00 EUR
- 216 Hannes Sander: Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. *Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft*
ISBN 978-3-8325-4434-8 46.00 EUR
- 217 Inka Haak: Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. *Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff*
ISBN 978-3-8325-4437-9 46.50 EUR

- 218 Martina Brandenburger: Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?
Eine Untersuchung mit Studierenden
ISBN 978-3-8325-4409-6 42.50 EUR
- 219 Corinna Helms: Entwicklung und Evaluation eines Trainings zur Verbesserung der Erklärqualität von Schülerinnen und Schülern im Gruppenpuzzle
ISBN 978-3-8325-4454-6 42.50 EUR
- 220 Viktoria Rath: Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Modellierung, Testinstrumentenentwicklung und Erhebung der Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik*
ISBN 978-3-8325-4456-0 42.50 EUR
- 221 Janne Krüger: Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4457-7 45.50 EUR
- 222 Stefan Mutke: Das Professionswissen von Chemiereferendarinnen und -referendaren in Nordrhein-Westfalen. *Eine Längsschnittstudie*
ISBN 978-3-8325-4458-4 37.50 EUR
- 223 Sebastian Habig: Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren
ISBN 978-3-8325-4467-6 40.50 EUR
- 224 Sven Liepertz: Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften, dem sachstrukturellen Angebot des Unterrichts und der Schülerleistung
ISBN 978-3-8325-4480-5 34.00 EUR
- 225 Elina Platova: Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung
ISBN 978-3-8325-4481-2 39.00 EUR
- 226 Tim Reschke: Lese Geschichten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zur Unterstützung von situationalem Interesse und Lernerfolg
ISBN 978-3-8325-4487-4 41.00 EUR
- 227 Lena Mareike Walper: Entwicklung der physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase von der Primar- in die Sekundarstufe. *Eine Längsschnittanalyse vom vierten bis zum siebten Schuljahr*
ISBN 978-3-8325-4495-9 43.00 EUR
- 228 Stefan Anthofer: Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden
ISBN 978-3-8325-4498-0 39.50 EUR
- 229 Marcel Bullinger: Handlungsorientiertes Physiklernen mit instruierten Selbsterklärungen in der Primarstufe. *Eine experimentelle Laborstudie*
ISBN 978-3-8325-4504-8 44.00 EUR
- 230 Thomas Amenda: Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik
ISBN 978-3-8325-4531-4 43.50 EUR

- 231 Sabrina Milke: Beeinflusst *Priming* das Physiklernen?
Eine empirische Studie zum Dritten Newtonschen Axiom
ISBN 978-3-8325-4549-4 42.00 EUR
- 232 Corinna Erfmann: Ein anschaulicher Weg zum Verständnis der elektromagnetischen Induktion. *Evaluation eines Unterrichtsvorschlags und Validierung eines Leistungsd Diagnoseinstruments*
ISBN 978-3-8325-4550-5 49.50 EUR
- 233 Hanne Rautenstrauch: Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie
ISBN 978-3-8325-4556-7 40.50 EUR
- 234 Tobias Klug: Wirkung kontextorientierter physikalischer Praktikumsversuche auf Lernprozesse von Studierenden der Medizin
ISBN 978-3-8325-4558-1 37.00 EUR
- 235 Mareike Bohrmann: Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht
ISBN 978-3-8325-4559-8 52.00 EUR
- 236 Anja Schödl: FALKO-Physik – Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften*
ISBN 978-3-8325-4553-6 40.50 EUR
- 237 Hilda Scheuermann: Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten
ISBN 978-3-8325-4568-0 39.00 EUR
- 238 Christian G. Strippel: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln. *Konzeption und empirische Untersuchung einer Ausstellung mit Experimentierstation*
ISBN 978-3-8325-4577-2 41.50 EUR
- 239 Sarah Rau: Durchführung von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst. *Eine längsschnittliche, videobasierte Unterrichtsanalyse*
ISBN 978-3-8325-4579-6 46.00 EUR
- 240 Thomas Plotz: Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. *Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2*
ISBN 978-3-8325-4624-3 39.50 EUR
- 241 Wolfgang Aschauer: Elektrische und magnetische Felder. *Eine empirische Studie zu Lernprozessen in der Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-4625-0 50.00 EUR
- 242 Anna Donhauser: Didaktisch rekonstruierte Materialwissenschaft. *Aufbau und Konzeption eines Schülerlabors für den Exzellenzcluster Engineering of Advanced Materials*
ISBN 978-3-8325-4636-6 39.00 EUR

- 243 Katrin Schüßler: Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht. *Einflüsse auf Lernerfolg, kognitive Belastung und Motivation*
ISBN 978-3-8325-4640-3 42.50 EUR
- 244 Timo Fleischer: Untersuchung der chemischen Fachsprache unter besonderer Berücksichtigung chemischer Repräsentationen
ISBN 978-3-8325-4642-7 46.50 EUR
- 245 Rosina Steininger: Concept Cartoons als Stimuli für Kleingruppendiskussionen im Chemieunterricht. *Beschreibung und Analyse einer komplexen Lerngelegenheit*
ISBN 978-3-8325-4647-2 39.00 EUR
- 246 Daniel Rehfeldt: Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika
ISBN 978-3-8325-4590-1 40.00 EUR
- 247 Sandra Puddu: Implementing Inquiry-based Learning in a Diverse Classroom: Investigating Strategies of Scaffolding and Students' Views of Scientific Inquiry
ISBN 978-3-8325-4591-8 35.50 EUR
- 248 Markus Bliersbach: Kreativität in der Chemie. *Erhebung und Förderung der Vorstellungen von Chemielehramtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-4593-2 44.00 EUR
- 249 Lennart Kimpel: Aufgaben in der Allgemeinen Chemie. *Zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit*
ISBN 978-3-8325-4618-2 36.00 EUR
- 250 Louise Bindel: Effects of integrated learning: explicating a mathematical concept in inquiry-based science camps
ISBN 978-3-8325-4655-7 37.50 EUR
- 251 Michael Wenzel: Computereinsatz in Schule und Schülerlabor. *Einstellung von Physiklehrkräften zu Neuen Medien*
ISBN 978-3-8325-4659-5 38.50 EUR
- 252 Laura Muth: Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Interventionsstudie zum Zuwachs von Fachwissen und experimenteller Kompetenz von Schülerinnen und Schülern*
ISBN 978-3-8325-4675-5 36.50 EUR
- 253 Annika Fricke: Interaktive Skripte im Physikalischen Praktikum. *Entwicklung und Evaluation von Hypermedien für die Nebenfachausbildung*
ISBN 978-3-8325-4676-2 41.00 EUR
- 254 Julia Haase: Selbstbestimmtes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Eine empirische Interventionsstudie mit Fokus auf Feedback und Kompetenzerleben*
ISBN 978-3-8325-4685-4 38.50 EUR
- 255 Antje J. Heine: Was ist Theoretische Physik? *Eine wissenschaftstheoretische Betrachtung und Rekonstruktion von Vorstellungen von Studierenden und Dozenten über das Wesen der Theoretischen Physik*
ISBN 978-3-8325-4691-5 46.50 EUR

- 256 Claudia Meinhardt: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Physiklehrkräften in physikdidaktischen Handlungsfeldern
ISBN 978-3-8325-4712-7 47.00 EUR
- 257 Ann-Kathrin Schlüter: Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht
ISBN 978-3-8325-4713-4 53.50 EUR
- 258 Stefan Richtberg: Elektronenbahnen in Feldern. Konzeption und Evaluation einer webbasierten Lernumgebung
ISBN 978-3-8325-4723-3 49.00 EUR
- 259 Jan-Philipp Burde: Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells
ISBN 978-3-8325-4726-4 57.50 EUR
- 260 Frank Finkenberg: Flipped Classroom im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-4737-4 42.50 EUR
- 261 Florian Treisch: Die Entwicklung der Professionellen Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lern-Labor Seminar
ISBN 978-3-8325-4741-4 41.50 EUR
- 262 Desiree Mayr: Strukturiertheit des experimentellen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses
ISBN 978-3-8325-4757-8 37.00 EUR
- 263 Katrin Weber: Entwicklung und Validierung einer Learning Progression für das Konzept der chemischen Reaktion in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-4762-2 48.50 EUR
- 264 Hauke Bartels: Entwicklung und Bewertung eines performanznahen Videovignetten-tests zur Messung der Erklärfähigkeit von Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-4804-9 37.00 EUR
- 265 Karl Marniok: Zum Wesen von Theorien und Gesetzen in der Chemie. *Begriffsanalyse und Förderung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-4805-6 42.00 EUR
- 266 Marisa Holzapfel: Fachspezifischer Humor als Methode in der Gesundheitsbildung im Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-4808-7 50.00 EUR
- 267 Anna Stolz: Die Auswirkungen von Experimentiersituationen mit unterschiedlichem Öffnungsgrad auf Leistung und Motivation der Schülerinnen und Schüler
ISBN 978-3-8325-4781-3 38.00 EUR
- 268 Nina Ulrich: Interaktive Lernaufgaben in dem digitalen Schulbuch eChemBook. *Einfluss des Interaktivitätsgrads der Lernaufgaben und des Vorwissens der Lernenden auf den Lernerfolg*
ISBN 978-3-8325-4814-8 43.50 EUR

- 269 Kim-Alessandro Weber: Quantenoptik in der Lehrerfortbildung. *Ein bedarfsgeprägtes Fortbildungskonzept zum Quantenobjekt Photon mit Realexperimenten*
ISBN 978-3-8325-4792-9 55.00 EUR
- 270 Nina Skorsetz: Empathisierer und Systematisierer im Vorschulalter. *Eine Fragebogen- und Videostudie zur Motivation, sich mit Naturphänomenen zu beschäftigen*
ISBN 978-3-8325-4825-4 43.50 EUR
- 271 Franziska Kehne: Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4846-9 45.00 EUR
- 272 Markus Elsholz: Das akademische Selbstkonzept angehender Physiklehrkräfte als Teil ihrer professionellen Identität. *Dimensionalität und Veränderung während einer zentralen Praxisphase*
ISBN 978-3-8325-4857-5 37.50 EUR
- 273 Joachim Müller: Studienerfolg in der Physik. *Zusammenhang zwischen Modellierungskompetenz und Studienerfolg*
ISBN 978-3-8325-4859-9 35.00 EUR
- 274 Jennifer Dörschelln: Organische Leuchtdioden. *Implementation eines innovativen Themas in den Chemieunterricht*
ISBN 978-3-8325-4865-0 59.00 EUR
- 275 Stephanie Strelow: Beliefs von Studienanfängern des Kombi-Bachelors Physik über die Natur der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4881-0 40.50 EUR
- 276 Dennis Jaeger: Kognitive Belastung und aufgabenspezifische sowie personenspezifische Einflussfaktoren beim Lösen von Physikaufgaben
ISBN 978-3-8325-4928-2 50.50 EUR
- 277 Vanessa Fischer: Der Einfluss von Interesse und Motivation auf die Messung von Fach- und Bewertungskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4933-6 39.00 EUR
- 278 René Dohrmann: Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. *Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht)*
ISBN 978-3-8325-4958-9 40.00 EUR
- 279 Meike Bergs: Can We Make Them Use These Strategies? *Fostering Inquiry-Based Science Learning Skills with Physical and Virtual Experimentation Environments*
ISBN 978-3-8325-4962-6 39.50 EUR
- 280 Marie-Therese Hauerstein: Untersuchung zur Effektivität von Strukturierung und Binnendifferenzierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Strukturierungshilfe Lernleiter*
ISBN 978-3-8325-4982-4 42.50 EUR

- 281 Verena Zucker: Erkennen und Beschreiben von formativem Assessment im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Entwicklung eines Instruments zur Erfassung von Teilfähigkeiten der professionellen Wahrnehmung von Lehramtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-4991-6 38.00 EUR
- 282 Victoria Telser: Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4996-1 50.50 EUR
- 283 Kristine Tschirschky: Entwicklung und Evaluation eines gedächtnisorientierten Aufgabendesigns für Physikaufgaben
ISBN 978-3-8325-5002-8 42.50 EUR
- 284 Thomas Elert: Course Success in the Undergraduate General Chemistry Lab
ISBN 978-3-8325-5004-2 41.50 EUR
- 285 Britta Kalthoff: Explizit oder implizit? *Untersuchung der Lernwirksamkeit verschiedener fachmethodischer Instruktionen im Hinblick auf fachmethodische und fachinhaltliche Fähigkeiten von Sachunterrichtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-5013-4 37.50 EUR
- 286 Thomas Dickmann: Visuelles Modellverständnis und Studienerfolg in der Chemie. *Zwei Seiten einer Medaille*
ISBN 978-3-8325-5016-5 44.00 EUR
- 287 Markus Sebastian Feser: Physiklehrkräfte korrigieren Schülertexte. *Eine Explorationsstudie zur fachlich-konzeptuellen und sprachlichen Leistungsfeststellung und -beurteilung im Physikunterricht*
ISBN 978-3-8325-5020-2 49.00 EUR
- 288 Matylda Dudzinska: Lernen mit Beispielaufgaben und Feedback im Physikunterricht der Sekundarstufe 1. *Energieerhaltung zur Lösung von Aufgaben nutzen*
ISBN 978-3-8325-5025-7 47.00 EUR
- 289 Ines Sonnenschein: Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsprozesse Studierender im Labor
ISBN 978-3-8325-5033-2 52.00 EUR
- 290 Florian Simon: Der Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen. *Eine Zusammenhangsanalyse von Betreuungsqualität, Betreuermerkmalen und Schülerlaborzielen sowie Replikationsstudie zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen*
ISBN 978-3-8325-5036-3 49.50 EUR
- 291 Marie-Annette Geyer: Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge. *Das Vorgehen von SchülerInnen der Sekundarstufe 1 und ihre Schwierigkeiten*
ISBN 978-3-8325-5047-9 46.50 EUR
- 292 Susanne Digel: Messung von Modellierungskompetenz in Physik. *Theoretische Herleitung und empirische Prüfung eines Kompetenzmodells physikspezifischer Modellierungskompetenz*
ISBN 978-3-8325-5055-4 41.00 EUR

- 293 Sönke Janssen: Angebots-Nutzungs-Prozesse eines Schülerlabors analysieren und gestalten. *Ein design-based research Projekt*
ISBN 978-3-8325-5065-3 57.50 EUR
- 294 Knut Wille: Der Productive Failure Ansatz als Beitrag zur Weiterentwicklung der Aufgabenkultur
ISBN 978-3-8325-5074-5 49.00 EUR
- 295 Lisanne Kraeva: Problemlösestrategien von Schülerinnen und Schülern diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-5110-0 59.50 EUR
- 296 Jenny Lorentzen: Entwicklung und Evaluation eines Lernangebots im Lehramtsstudium Chemie zur Förderung von Vernetzungen innerhalb des fachbezogenen Professionswissens
ISBN 978-3-8325-5120-9 39.50 EUR
- 297 Micha Winkelmann: Lernprozesse in einem Schülerlabor unter Berücksichtigung individueller naturwissenschaftlicher Interessenstrukturen
ISBN 978-3-8325-5147-6 48.50 EUR
- 298 Carina Wöhlke: Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung angehender Physiklehrkräfte
ISBN 978-3-8325-5149-0 43.00 EUR
- 299 Thomas Schubatzky: Das Amalgam Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht. *Eine multiperspektivische Betrachtung in Deutschland und Österreich*
ISBN 978-3-8325-5159-9 50.50 EUR
- 300 Amany Annaggar: A Design Framework for Video Game-Based Gamification Elements to Assess Problem-solving Competence in Chemistry Education
ISBN 978-3-8325-5150-6 52.00 EUR
- 301 Alexander Engl: CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur: *Entwicklung und Evaluation eines kontextorientierten Unterrichtskonzepts im Bereich Outdoor Education zur Veränderung der Einstellung zu „Chemie und Natur“*
ISBN 978-3-8325-5174-2 59.00 EUR
- 302 Christin Marie Sajons: Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren. *Kontextualisierung, Problemorientierung und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur analysieren und weiterentwickeln*
ISBN 978-3-8325-5155-1 56.00 EUR
- 303 Philipp Bitzenbauer: Quantenoptik an Schulen. *Studie im Mixed-Methods Design zur Evaluation des Erlanger Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik*
ISBN 978-3-8325-5123-0 59.00 EUR
- 304 Malte S. Ubben: Typisierung des Verständnisses mentaler Modelle mittels empirischer Datenerhebung am Beispiel der Quantenphysik
ISBN 978-3-8325-5181-0 43.50 EUR
- 305 Wiebke Kuske-Janßen: Sprachlicher Umgang mit Formeln von LehrerInnen im Physikunterricht am Beispiel des elektrischen Widerstandes in Klassenstufe 8
ISBN 978-3-8325-5183-4 47.50 EUR

306 Kai Bliesmer: Physik der Küste für außerschulische Lernorte *Eine Didaktische Rekonstruktion*
ISBN 978-3-8325-5190-2 58.00 EUR

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN direkt online (<http://www.logos-verlag.de>) oder per Fax (030 - 42 85 10 92) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Hans Niedderer, Helmut Fischler und Elke Sumfleth

Die Reihe umfasst inzwischen eine große Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten aus vielen Arbeitsgruppen der Physik- und Chemiedidaktik und zeichnet damit ein gültiges Bild der empirischen physik- und chemiedidaktischen Forschung in Deutschland.

Die Herausgeber laden daher Interessenten zu neuen Beiträgen ein und bitten sie, sich im Bedarfsfall an den Logos-Verlag oder an ein Mitglied des Herausgeberteams zu wenden.

Kontaktadressen:

Prof. Dr. Hans Niedderer
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften,
Abt. Physikdidaktik, FB Physik/Elektrotechnik,
Universität Bremen,
Postfach 33 04 40, 28334 Bremen
Tel. 0421-218 2484/4695, e-mail:
niedderer@physik.uni-bremen.de

Prof. Dr. Helmut Fischler
Didaktik der Physik, FB Physik, Freie Universität Berlin,
Arnimallee 14, 14195 Berlin
Tel. 030-838 56712/55966, e-mail:
fischler@physik.fu-berlin.de

Prof. Dr. Elke Sumfleth
Didaktik der Chemie,
Fachbereich Chemie,
Universität Duisburg-Essen,
Schützenbahn 70, 45127 Essen
Tel. 0201-183 3757/3761, e-mail:
elke.sumfleth@uni-essen.de

Bei Schülerlaboren als wichtigem Teil außerschulischer MINT-Bildung besteht ein Forschungsdefizit hinsichtlich kognitiver und motivationaler Prozesse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler. Mit einem Design-based Research Ansatz klärt die Studie deshalb die Dynamik der Lehr- und Lernprozesse in Schülerlaboren auf und erlaubt es, die Lernangebote mit Blick auf generelle Bildungsziele und spezifische Ziele der Labore empiriebasiert weiterzuentwickeln.

Um Angebots-Nutzungs-Prozesse zu untersuchen, wird ein Analyseinstrument entwickelt; es erlaubt gleichermaßen, die didaktische Struktur der Angebote in einer SWOT-Analyse zu erfassen und die ablaufenden Denk- und Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler empirisch zu erheben. Das Instrument fokussiert auf drei Dimensionen: die Orientierung der Angebote an Kontexten, die Integration von Problemlöseaufgaben und die Unterstützung von Autonomie der Schülerinnen und Schüler beim Entscheiden und Handeln. Die Ergebnisse der SWOT-Analyse werden mit empirischen Daten, die mit ethnografischen Methoden gewonnen werden, validiert. Eine daraufhin weiterentwickelte didaktische Struktur der Angebote ist hinsichtlich einer differenzierten Kontextualisierung, des Einsatzes narrativer Anker, die Problemlöseaufgaben einleiten, sowie einer phasenweisen Öffnung der Angebote verändert und führt zu besserem Verständnis fachlicher Inhalte und zu einer höheren Motivation.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-5155-1