

Zusammenfassung

Die vorliegende Forschungsarbeit befasst sich mit der Förderung fachmethodischer Fähigkeiten bei Sachunterrichtsstudierenden durch unterschiedliche Instruktionen. Es können dabei unterschiedliche Ansätze verfolgt werden, die in einem Spektrum zwischen impliziten und expliziten Instruktionen liegen. Die bisherigen Forschungsergebnisse zur Lernwirksamkeit sind nicht einheitlich. Sie weisen zwei Einschränkungen auf, zu deren Aufklärung die Forschungsarbeit einen Beitrag leisten soll: Es liegen bisher keine vergleichenden Untersuchungen mit einer erwachsenen Zielgruppe vor und darüber hinaus wurde bisher noch nicht untersucht, in wie weit sich unterschiedliche fachmethodische Instruktionen auf den Erwerb von fachinhaltlichen Fähigkeiten auswirken.

Die vorliegende Arbeit, ist in die Entwicklung eines Experimentalpraktikums für Sachunterrichtsstudierende eingebunden, die die Zielgruppe der Untersuchung bilden. Aus der Lehrperspektive ist es von Interesse, möglichst effiziente Lerngelegenheiten für fachmethodische und fachinhaltliche Fähigkeiten zu bieten. Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Intervention fokussiert auf die fachmethodischen Konzepte Variablenkontrollstrategie und den Umgang mit Messdaten sowie das inhaltliche Thema Schwimmen und Sinken. In die Intervention werden zwei eher explizite und eine implizite Instruktion integriert, die jeweils mit einer Gruppe durchgeführt werden. Die Lernziele sind dabei für alle Interventionsgruppen gleich. Anhand der Lernziele wurden Testinstrumente entwickelt, die in einem Prä-Post-Test-Design eingesetzt wurden.

Die Ergebnisse zeigen zum einen, dass die Studierenden, die eine Intervention erhalten (zunächst unabhängig von der Instruktion) einen signifikant größeren fachmethodischen und fachinhaltlichen Lernzuwachs haben als eine Baselinegruppe, die keine Intervention erhält. Zum anderen zeigen sich beim Vergleich der Interventionsgruppen (für explizite und implizite Instruktionen) statistisch keine signifikanten Unterschiede. Deskriptiv deutet sich tendenziell ein Vorteil der expliziten Instruktion bei den fachmethodischen Fähigkeiten und ein Vorteil der impliziten Instruktion bei den fachinhaltlichen Fähigkeiten an. Eine nicht intendierte Nutzung der Intervention kann durch die Analyse von interventionsbegleitenden Videos ausgeschlossen werden. Aus der Forschungsperspektive lassen die Ergebnisse verschiedene Interpretationen zu, die zum Abschluss dieser Arbeit diskutiert werden. Die Ergebnisse werfen ferner ein positives Licht auf die Lehrperspektive, da die Intervention für die Studierenden eine Lerngelegenheit für fachmethodische und fachinhaltliche Fähigkeiten bietet.

Summary

The present research is concerned with the promotion of experimental skills of university students who are going to become a primary teacher. To promote experimental skills, various approaches exist within a spectrum between implicit and explicit instruction. Regarding these instructional approaches, numerous findings are available which predominantly relate to pupils. It is an open question whether it is better to instruct experimental skills explicitly or implicitly in university courses. Especially in teaching programmes with both - experiment-related and content-related-objectives like the labwork course in this research, it is questionable whether content-related objectives are achieved to a lesser degree via explicit instruction of experimental skills.

The present research is connected with the development of a labwork course for university students who are going to become a primary teacher. From a teacher perspective the intervention should lead to learning gains in experimental skills and content related skills. The topic of the developed intervention is floating and sinking. The focus of the experiment-related learning objectives is on the control-of-variables-strategy and on the handling-of-measurement-data. In order find out, which instruction will lead to the highest learning gain, university students were allocated to three intervention groups, two with an explicit and one with an implicit instructional approach. Learning gains in experimental and content-related skills are assessed in a pre-/post- test design.

The participation in the intervention, however, leads to a significantly higher learning gain than non-participation. Furthermore, the results show that there is no meaningful difference between the three interventions groups regarding both experimental skills and content-related skills. However, qualitative analyses reveal trends: The results relating to experimental skills indicate that students with an explicit instruction tend to acquire more experimental skills. The results regarding the content-related skills show that the students in the implicit intervention group tend to acquire more content-related skills. The analysis of videotapes which are taped during the intervention shows that the students use the learning opportunities as requested.

From the research perspective the results permit different interpretations which are discussed at the end of this PhD-thesis. Furthermore, from a teacher perspective the results can be viewed positively because learning gains in experimental skills and content-related skills were achieved for all students.

1 Einleitung

Der Erwerb fachmethodischer Fähigkeiten im naturwissenschaftlichen Kontext (z. B. solcher, die mit dem Experimentieren in Verbindung stehen) ist mit dem Lernen in den Naturwissenschaften in der Grundschule (siehe GDSU, 2013), in den weiterführenden Schulen (siehe KMK, 2004) sowie im (naturwissenschaftsbezogenen) Studium (siehe z. B. GDSU, 2019) fest verbunden. Es gibt sehr viele Studien dazu, wie diese Fähigkeiten möglichst optimal gefördert werden können. Viele Forschungsarbeiten widmeten sich dabei der Frage danach, ob fachmethodische Fähigkeiten besser gelernt werden, wenn die Lernenden explizit instruiert werden. Die Forschungsarbeiten sind einerseits vergleichend (z. B. Chen & Klahr, 1999; Klahr & Nigam, 2004; Dean & Kuhn, 2007; Zohar & Peled, 2008; Vorholzer, 2016) und andererseits Metaanalysen (Ross, 1988; Schwichow, Croker, Zimmerman, Höffler, & Härtig, 2016a). Die Forschungsergebnisse sind sowohl hinsichtlich ihrer Auslegung der Begriffe explizit und implizit als auch im Hinblick auf ihre Ergebnisse nicht eindeutig.

Die vorliegende Studie soll einen Beitrag zur Klärung der oben genannten Fragestellung liefern. Die Lernwirksamkeit verschiedener eher expliziter und eher impliziter Instruktionkonzepte für fachmethodische Fähigkeiten wird vergleichend untersucht. Für die Studie wird eine in den bisher vorliegenden Forschungsarbeiten wenig untersuchte Zielgruppe fokussiert: erwachsene Lernende. Es sollen fachmethodische Fähigkeiten im naturwissenschaftlichen Zusammenhang, insbesondere jene, die mit dem Experimentieren in Verbindung stehen, gefördert werden. Dabei werden unterschiedliche fachmethodische Instruktionen eingesetzt, die miteinander verglichen werden. Eine Förderung von fachmethodischen Fähigkeiten geschieht immer in einem (mehr oder weniger komplexen) fachinhaltlichen Kontext. Bisher wurde wenig untersucht, wie sich unterschiedliche fachmethodische Instruktionen auf den Erwerb von fachinhaltlichen Fähigkeiten (des jeweiligen Kontextes) auswirken. Gerade für Zielgruppen, in welchen sowohl fachmethodische als auch fachinhaltliche Lernziele verfolgt werden, ist die Frage nach dem parallelen Erwerb essentiell. Sie ist aufgrund dessen ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

1.1 Rahmenbedingungen und übergeordnete Zielsetzung

Die Studie ist in die Neuentwicklung eines physikalischen Experimentalpraktikums für Studierende des Sachunterrichts an der Universität Duisburg-Essen eingebunden. Diese ergibt sich aus der Umstellung des Studiengangs für das Grundschullehramt. Der neue Studiengang und insbesondere der bei der Umstrukturierung neu entstandene Lernbereich Sachunterricht wurden grundlegend neu strukturiert und auf die Bedürfnisse von Grundschullehrkräften abgestimmt (vgl. Universität Duisburg-Essen, o.J.; GDSU, 2019). Eine Besonderheit des Sachunterrichts besteht in seiner Struktur, die nachfolgend kurz

1 Einleitung

beschrieben und worauf aufbauend der Lernbereich Sachunterricht als Studienfach dargestellt wird.

Das Fach Sachunterricht ist ein Kernfach in der Grundschule (Blaseio, 2014, 30). Es ist formal gleichgestellt mit den Kernfächern Mathematik und Deutsch (ebenda) und damit „wesentlich an der Erfüllung des Bildungsauftrages der Grundschule beteiligt“ (GDSU, 2013). Der Sachunterricht versteht sich als vielperspektives Fach (GDSU, 2013). Hier werden fünf Perspektiven vereint, unter welchen sowohl die behandelten Inhalte als auch die Methoden bearbeitet werden:

- „*Sozialwissenschaftliche Perspektive (Politik – Wirtschaft – Soziales)*
- *Naturwissenschaftliche Perspektive (belebte und unbelebte Natur)*
- *Geographische Perspektive (Räume – Naturgrundlagen – Lebenssituationen)*
- *Historische Perspektive (Zeit – Wandel)*
- *Technische Perspektive (Technik und Arbeit)*“ (GDSU, 2013, 13)

Sachunterricht kann einerseits perspektivenbezogen sein, wenn eine Sache inhaltlich und/ oder methodisch aus einer Perspektive betrachtet wird (z. B. Magnetismus als Thema der naturwissenschaftlichen Perspektive). Sachunterricht kann und soll jedoch auch perspektivenübergreifend sein, sodass eine Sache inhaltlich und/ oder methodisch aus mehreren Perspektiven betrachtet wird (z. B. Mobilität als Thema, das aus vielen verschiedenen Perspektiven betrachtet werden kann).

Die Sachunterrichtslehrkräfte müssen dementsprechend grundlegende fachinhaltliche, aber auch fachmethodische Fähigkeiten in allen fünf Perspektiven aufweisen. Darüber hinaus müssen sie Möglichkeiten zur Verknüpfung der Perspektiven kennen und umsetzen können. Dies führt dazu, dass hohe Anforderungen an die Sachunterrichtslehrkräfte in Bezug auf die Breite ihrer fachinhaltlichen, aber auch ihrer fachmethodischen Fähigkeiten gestellt werden. Um auf diese Anforderungen des Faches vorzubereiten, gibt es verschiedene Varianten von Studienstrukturen für Sachunterrichtsstudierende (z. B. integrativ oder fachbezogen). Eine Übersicht über alle für den Sachunterricht qualifizierenden Studiengänge findet sich bei Schmidt (2015, 14 ff.).

An der Universität Duisburg-Essen wird die Ausbildung wie an allen anderen Universitäten in Nordrhein-Westfalen in einem integrativen Studiengang umgesetzt. In diesem Studiengang werden möglichst viele Disziplinen (z. B. Physik), die in Bezug zu den Perspektiven des Sachunterrichts stehen, im Studium eingebunden. In den ersten Semestern sollen die Studierenden vor allem grundlegende fachinhaltliche und fachmethodische Fähigkeiten erwerben (Universität Duisburg-Essen, 2012, 1). Dadurch steht pro Disziplin wenig Zeit zur Verfügung, um die grundlegenden Fachinhalte und Fachmethoden zu vermitteln. Es müssen Veranstaltungsformen gewählt und umgesetzt werden, in welchen fachinhaltliche und fachmethodische Fähigkeiten möglichst effizient vermittelt werden können.

In der Physik als eine der Disziplinen, die zur naturwissenschaftlichen Perspektive des Sachunterrichts gehört, wird neben einer Vorlesung, in der vor allem die grundlegenden Fachinhalte vermittelt werden sollen, ein Experimentalpraktikum angeboten. Im Experimentalpraktikum können sowohl fachinhaltliche als auch fachmethodische Fähigkeiten als wesentliche Ziele verfolgt werden (Welzel et al., 1998).

Bei den Sachunterrichtsstudierenden im Experimentalpraktikum handelt es sich um eine Zielgruppe, die bisher wenig beforscht wurde. Es ist anzunehmen, dass sie ein eher geringeres Vorwissen in Bezug auf das physikbezogene Experimentieren haben, da sie vor dem Experimentalpraktikum keine physikbezogene Veranstaltung in ihrem Studium belegen. Eine Förderung ihrer fachmethodischen und fachinhaltlichen Fähigkeiten in diesem Bereich ist aufgrund dessen sinnvoll und notwendig. In wie weit die Förderung effizient gelingt, ist Gegenstand der Untersuchung.

Um die Effizienz der Förderung zu untersuchen, werden verschiedene Instruktionen auf ihre Lernwirksamkeit im Hinblick auf fachmethodische und fachinhaltliche Fähigkeiten vergleichend untersucht. Daraus leitet sich das Forschungsziel dieser Arbeit ab:

Empirische Untersuchung der Lernwirksamkeit von verschiedenen impliziten und expliziten fachmethodischen Instruktionen im Hinblick auf fachmethodische und fachinhaltliche Fähigkeiten von Sachunterrichtsstudierenden.

Für diese Untersuchung ist die Entwicklung einer Intervention – basierend auf dem Stand der Forschung - notwendig, in die die verschiedenen Instruktionen eingebettet werden können. Diese Intervention muss einerseits an die Voraussetzungen der Sachunterrichtsstudierenden angepasst sein. Andererseits müssen für die Sachunterrichtsstudierenden relevante fachmethodische und fachinhaltliche Lernziele verfolgt werden. Daraus leitet sich das Entwicklungsziel dieser Arbeit ab:

Entwicklung einer Intervention für Sachunterrichtsstudierende, die mit unterschiedlichen fachmethodischen Instruktionen realisiert wird und in der fachmethodische und fachinhaltliche Fähigkeiten erworben werden.

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Dissertation gliedert sich in drei Teile (vgl. Abbildung 1.1): einen Teil zum theoretischen Hintergrund (Theorie), einen Entwicklungsteil (Entwicklung) sowie einen empirischen Teil (Empirie).

In der Theorie werden die verwendeten Begrifflichkeiten zu fachinhaltlichen und fachmethodischen Fähigkeiten sowie den experimentellen Fähigkeiten als Teilmenge letzterer abgegrenzt und definiert (Kapitel 2). Anschließend werden Möglichkeiten zur Förderung

1 Einleitung

von fachmethodischen Fähigkeiten vor dem Hintergrund von verschiedenen Instruktionstypen dargestellt und empirische Ergebnisse diskutiert (Kapitel 3).

Aus diesem Theorieteil werden in Kapitel 4 das Forschungs- und Entwicklungsziel abgeleitet und Fragestellungen dazu formuliert. Darauf aufbauend wird das Studiendesign vorgestellt (Kapitel 5).

Im Entwicklungsteil wird die Entwicklung der Intervention anhand des Modells der didaktischen Rekonstruktion (Kapitel 6) vorgestellt. Die Entwicklung der Testinstrumente wird entlang eines Interpretations-Nutzungs-Arguments zur Überprüfung ihrer Validität der damit beabsichtigten Interpretation dargestellt (Kapitel 7)

Der empirische Teil beinhaltet den Ablauf der Datenerhebung (Kapitel 8) sowie das methodische Vorgehen bei der Auswertung der Daten (Kapitel 9). Anschließend folgen die Ergebnisse der Tests zur Beantwortung der Entwicklungsfragestellung (Kapitel 10) sowie zur Beantwortung der Forschungsfragen (Kapitel 11). Darüber hinaus wird, basierend auf Ergebnissen einer begleitenden Videostudie, diskutiert, in wie weit die Lerngelegenheiten in den Interventionsgruppen in intendierter Form genutzt wurden (Kapitel 12).

Abschließend werden die zentralen Aspekte der Dissertation zusammengefasst und die Ergebnisse in ihrer Gesamtheit diskutiert (Kapitel 13).

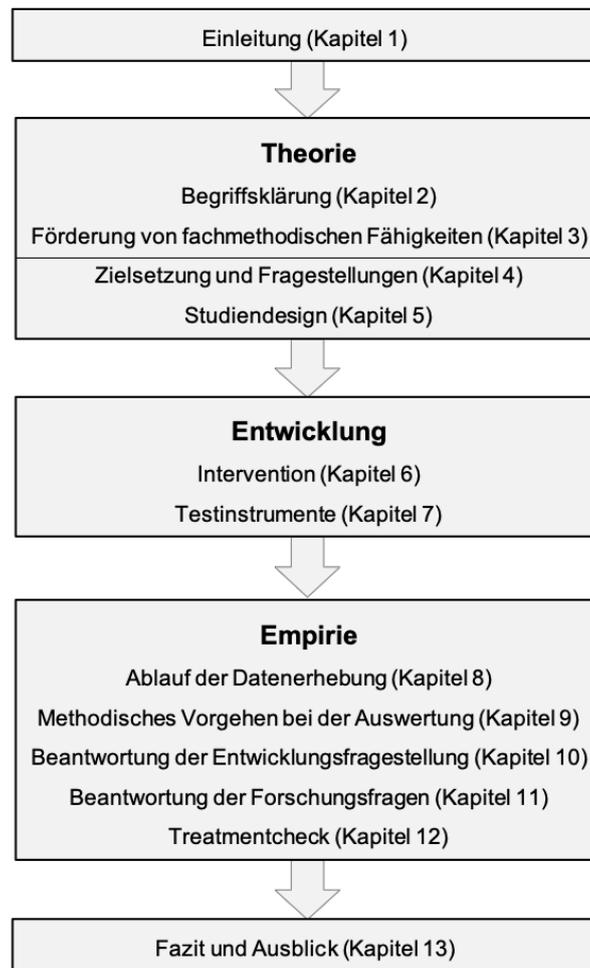


Abb. 1.1: Aufbau der Dissertation

Theorie

2 Begriffsklärung

Um die in dieser Arbeit verwendeten Begrifflichkeiten zu definieren, beginnt der theoretische Hintergrund nachfolgend in Kapitel 2.1 mit einer Begriffsklärung der Begriffe fachinhaltliche und fachmethodische Fähigkeiten. Diese werden in der Literatur nicht immer einheitlich verwendet, sodass dieses Kapitel die Begrifflichkeiten aus der Literatur aufgreift und mit den hier verwendeten Begriffen vergleicht und gegeneinander abgrenzt. Anschließend wird der Fokus in Kapitel 2.2 auf die experimentellen Fähigkeiten als Teil der fachmethodischen Fähigkeiten gelegt. Es werden verschiedene Ansätze der Modellierung experimenteller Fähigkeiten dargestellt und verglichen. Abschließend wird dargestellt, wie diese in Bezug zu den Fähigkeiten stehen, die für die Studie, die dieser Arbeit zugrunde liegt, von Bedeutung sind.

2.1 Fachinhaltliche und fachmethodische Fähigkeiten

In der vorliegenden Studie werden fachinhaltliche und fachmethodische Fähigkeiten von Sachunterrichtsstudierenden untersucht. Der Begriff *Fähigkeiten* wird hier klar vom Begriff *Wissen* abgegrenzt. Die Verwendung beziehungsweise Bedeutung dieser Begriffe im Rahmen der Arbeit werden im folgenden Abschnitt erklärt.

In Anlehnung an Bloom, Engelhardt, Furst, Hill und Krathwohl (1972, 41) kann *Wissen* „als etwas im Gedächtnis Gespeichertes“ verstanden werden. Im Gegensatz dazu beinhalten *Fähigkeiten* die Anwendung dieses Wissens (ebenda, 49).

Fachinhaltliche Fähigkeiten werden als Anwendung von fachinhaltlichem Wissen, wie man es zum Beispiel als komprimierten, sortierten, gesicherten Wissensbestand in physikalischen Standardlehrwerken (z. B. Meschede, 2015; Tipler, 2000) findet, verstanden. Dazu zählt beispielsweise das Wissen über Phänomene, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge in den verschiedenen Inhaltsbereichen der Physik.

Fachmethodische Fähigkeiten werden als Anwendung von Wissen über fachspezifische Methoden verstanden. Dies beinhaltet ein Wissen über Vorgänge und Prozesse.

In diesem Sinne ist der beschriebene Begriff *fachinhaltlichen Fähigkeiten* sehr ähnlich zu verstehen wie der häufig verwendete Begriff *Fachwissen*. Dieser wird in den nationalen Bildungsstandards als einer von vier Kompetenzbereichen genannt und als Inhaltsdimension bezeichnet (KMK, 2004, 7). Die drei anderen Kompetenzbereiche *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* werden als Handlungsdimension bezeichnet (ebenda, 8) und können ähnlich zu den beschriebenen *fachmethodischen Fähigkeiten* verstanden werden.

2 Begriffsklärung

Im Perspektivrahmen Sachunterricht findet man eine ähnliche Trennung zwischen einer fachinhaltlichen und einer fachmethodischen Dimension in einem Kompetenzmodell (GDSU, 2013, 12). Hier werden diese Dimensionen als *Themenbereiche* (fachinhaltlich) und *Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen* (fachmethodisch) bezeichnet (ebenda). Allerdings wird die fachinhaltliche Dimension als eher deklarativ und die fachmethodische Dimension als eher prozedural verstanden (ebenda). Wild und Möller (2009, 4) definieren den Begriff deklarativ als „Wissen, dass“ und prozedural als „Können“. Im Rahmen des oben beschriebenen Begriffsverständnisses von Wissen und Fähigkeiten beinhalten sowohl die fachinhaltlichen Fähigkeiten als auch die fachmethodischen Fähigkeiten sowohl deklarative als auch prozedurale Komponenten.

Da der Begriff der fachmethodischen Fähigkeiten sehr weit gefasst ist, wird dieser nachfolgend auf den Bereich des Experimentierens eingeschränkt, da dieser im Fokus der vorliegenden Arbeit stehen soll. Im folgenden Kapitel wird aus diesem Grund vertieft darauf eingegangen, was unter experimentellen Fähigkeiten verstanden wird. Experimentelle Fähigkeiten sind dabei stets als Teilbereich der fachmethodischen Fähigkeiten zu verstehen.

2.2 Experimentelle Fähigkeiten

Aus wissenschaftstheoretischer Sicht gibt es keine universelle Definition, was unter einem Experiment und auch unter experimentellen Fähigkeiten verstanden wird (Gooding, 1997, 122; Höttecke & Rieß, 2015, 136). Experimente werden mit dem Ziel durchgeführt, sich um „Kongruenz experimenteller Praktiken mit theoretischen Annahmen“ (Höttecke & Rieß, 2015, 136) zu bemühen. Dieses Ziel kann jedoch über sehr viele verschiedene Wege erreicht werden.

Die fachdidaktische Sicht auf das Experimentieren als eine Fachmethode im naturwissenschaftlichen Unterricht und den damit verbundenen experimentellen Fähigkeiten ist im Gegensatz zur wissenschaftstheoretischen Sicht eingeschränkter. Im fachdidaktischen Diskurs gibt es verschiedene Ansätze zur Modellierung experimenteller Fähigkeiten. Dabei werden jeweils verschiedene Modellierungsentscheidungen zugrunde gelegt (Gut Metzger, Hild & Tardent, 2014, 2). Gut et al. nennen dabei die äußere und die innere Abgrenzung als grundlegende Entscheidungen, die bei der Modellierung getroffen werden müssen. Zur äußeren Abgrenzung gehört die Entscheidung darüber, was genau zu den experimentellen Fähigkeiten gezählt wird. Dies können experimentelle Fähigkeiten sein, die vor allem bei der Vorbereitung und Planung sowie bei der Auswertung eines Experimentes eine Rolle spielen und einen eher kognitiven Charakter aufweisen. Daneben können allerdings auch Fähigkeiten in einer konkreten experimentellen Handlungssituation also der Durchführung eines Experimentes als Teil experimenteller Fähigkeiten betrachtet werden. Experimentelle Fähigkeiten werden in dieser Arbeit als die Fähigkeiten verstanden, die zum Planen sowie zum Durchführen von Experimenten ebenso wie