
Zusammenfassung

Das Experimentieren ist ein wichtiger Teil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung. Um es gerecht den Anforderungen heterogener Lerngruppen zu gestalten, müssen im Rahmen eines weiten Inklusionsverständnisses Zugänge für alle Lernenden geschaffen werden. Eine unterrichtsübliche Vorgehensweise ist die Bereitstellung differenzierter Materialien und Arbeitsaufträge. Wenn diese nicht ausreichen, können verschiedene Experimentierformen diese individuellen Zugänge schaffen und somit die Passung zwischen Lernendem und Lerngegenstand (Experimentierform) erhöhen. Diese Passung kann entweder durch eine vorherige Diagnose, beispielsweise durch die Lehrkraft, oder durch eine Wahl des Lernenden geschaffen werden. Da Wahlmöglichkeiten im Unterricht bereits positive Effekte auf den Erwerb von Fachwissen und die Verbesserung affektiv-motivationaler Merkmale gezeigt haben, sollen sie auch beim Experimentieren eingesetzt und untersucht werden.

Basierend auf diesen theoretischen Überlegungen wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit ein Unterrichtskonzept entwickelt, welches Wahlmöglichkeiten beim Experimentieren in Form einer Auswahl aus verschiedenen Experimentierformen anbietet. Es ist dabei anschlussfähig an existierende Frameworks für die Gestaltung eines inklusiven (naturwissenschaftlichen) Unterrichts. Das Konzept bietet eine Auswahl von fünf Experimentierformen zu einem gemeinsamen Kontext an. In der Experimentierphase können die Schüler*innen zwischen den Experimentierformen „Offenes Freihandexperiment“, „Modellbildung“, „Digitalisiertes Experiment“, „Kreatives Gestalten“ und „Angeleitetes Schüler*innenexperiment“ wählen. Um die Auswirkung

von Wahlmöglichkeiten beim Experimentieren zu untersuchen, wurde das (theoretische) Unterrichtskonzept für einen bestimmten Kontext in Form einer exemplarischen Unterrichtseinheit ausgearbeitet und der Einsatz in Klassen auf Schüler*innen- und Lehrkräfteebene untersucht. Der Kontext beschäftigt sich mit dem Phänomen, dass Aquakugeln in Wasser unsichtbar erscheinen, da an ihnen weder Reflexion noch Brechung beobachtet wird.

Die Auswirkung von Wahlmöglichkeiten auf Schüler*innenebene wurde im Einzelnen auf den fachlichen Wissenszuwachs, die Einschätzung der Lehr- und Lernbedingungen, das physikalische Selbstkonzept und die Selbstwirksamkeitserwartung sowie die intrinsische Motivation der Schüler*innen untersucht. In einer quasi-experimentellen Feldstudie mit Messwiederholung (Zwei-Gruppen Prä-Post-Design) wurden diese Auswirkungen varianzanalytisch beleuchtet. Die Lehrkräfte wurden zusätzlich über einen Reflexionsbogen befragt.

Um die erarbeitete Unterrichtseinheit und das Studiendesign zu erproben, wurde zunächst eine Pilotstudie mit vier Klassen durchgeführt. Diese ergab, dass die Schüler*innen mit den eingesetzten Testinstrumenten und Materialien keine Schwierigkeiten hatten. Zudem konnten erwartete Effekte der Unterrichtseinheit nachgewiesen werden, wobei jedoch eine starke Abhängigkeit von der durchführenden Lehrkraft zu beobachten war. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, detailliertes Begleitmaterial zur Durchführung der Unterrichtseinheiten bereitzustellen, welches in der Hauptstudie zum Einsatz kam.

Die Ergebnisse der Hauptstudie deuten insgesamt darauf hin, dass Experimentierphasen ohne Wahlfreiheit einen positiven Einfluss auf die Entwicklung des Fachwissens und des physikbezogenen Selbstkonzepts haben. Im Gegensatz dazu zeigt sich bei Experimentierphasen mit Wahlfreiheit ein positiver Einfluss auf das Interesse und Vergnügen, was eine Subskala der intrinsischen Motivation darstellt. Auch in den Reflexionen führten die befragten Lehrkräfte das Potenzial von Wahlmöglichkeiten in der Förderung affektiver Merkmale an. Da Schüler*innenexperimente aus Sicht der Physikdidaktik und Lehrkräften auch das Ziel der Motivationsförderung verfolgen, können Wahlmöglichkeiten dieses weiter unterstützen. Somit lassen sich aus den Ergebnissen dieser Studie verschiedene Empfehlungen für die schulische Praxis ableiten, abhängig von der Zielsetzung des jeweiligen Unterrichts.

Kapitel 1

Einleitung

Physik trägt zum Verstehen der Welt bei (KMK, 2020). Ein inklusiver Physikunterricht hat das Ziel, allen Lernenden eine physikalische Grundbildung zu ermöglichen, um dieses Verständnis zu verbessern. MENTHE et al. (2017) definieren die Ziele eines solchen Unterrichts wie folgt:

„Naturwissenschaftlicher Unterricht trägt zu gelungener Inklusion bei, indem er allen Lernenden – unter Wertschätzung ihrer Diversität und ihrer jeweiligen Lernvoraussetzungen – die Partizipation an individualisierten und gemeinschaftlichen fachspezifischen Lehr-Lern-Prozessen zur Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht.“

Experimentieren ist als Teil der naturwissenschaftlichen Praxis (ERB, 2014) Element einer physikalischen Grundbildung. Insbesondere Schüler*innenexperimente bieten Individualisierungs- und Differenzierungsmöglichkeiten (GIRWIDZ, 2020). Um solche individualisierten Lernprozesse zu ermöglichen, müssen verschiedene Zugänge geschaffen werden. Die reine Bereitstellung unterschiedlicher Arbeitsmaterialien oder differenzierender Arbeitsaufträge greift jedoch dabei zu kurz (VAN VORST, 2018), weswegen verschiedene Experimentierformen stärker differenzierte Zugänge mit höherer individueller Passung schaffen können. Während verschiedene Studien die Auswirkung unterschiedlicher Experimentierformen u.a. auf den Fachwissenszuwachs und die Motivation von Lernenden untersuchten, kamen diese zu keinen

eindeutigen Empfehlungen für (oder gegen) bestimmte Experimentierformen (siehe dazu zum Beispiel STOLZ (2018) und WINKELMANN (2015)). Daher stellt sich möglicherweise nicht die Frage, welche Experimentierform am besten geeignet ist, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen, sondern ob die Experimentierform zu den individuellen Voraussetzungen der Lernenden passt. Da Schüler*innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen oftmals nicht vergleichbar gut von demselben Lernangebot profitieren können (FRIESEN et al., 2021), sollte insbesondere in inklusiven Settings der Unterricht nicht mehr auf Basis einer fiktiven Homogenität der Lerngruppe geplant werden. Die Gestaltung adaptiven Unterrichts stellt jedoch eine große Herausforderung dar, da nur mit langjähriger Erfahrung oder vorangegangener Diagnose der richtige Zugang für die Lernenden bestimmt werden kann (FÜHNER & PUSCH, 2022). Eine praktikable Alternative, auf individuelle Bedarfe der Schüler*innen einzugehen, besteht darin, diese durch Wahlmöglichkeiten als entscheidungstragende Akteur*innen in ihrem eigenen Lernprozess teilhaben zu lassen. So werden bereits Wahlmöglichkeiten in der Unterrichtspraxis als eine Möglichkeit der Differenzierung im Umgang mit Heterogenität eingesetzt (JOST, 2017; ZACHER, 2020). Dabei stellt der Einsatz von Wahlmöglichkeiten eine Form der Individualisierung des Unterrichts dar, da auf diese Weise Schüler*innen wählen können, welche Inhalte oder Methoden ihren aktuellen Interessen oder Handlungswünschen entsprechen (HOFFERBER & WILDE, 2018).

Nach der Selbstbestimmungstheorie fördert das Angebot von Wahlmöglichkeiten die Autonomie im Unterricht (RYAN & DECI, 2006). Durch Wahlmöglichkeiten wird Lernen individueller und selbstgesteuerter, da diese bei Schüler*innen ein Gefühl von Eigenverantwortung („ownership“) erzeugen (SCHRAW et al., 2001). Die Literatur zeigt, dass das Erleben von Autonomie relevant für Bildungsprozesse ist, insbesondere für den Erwerb von Fachwissen und der Förderung von affektiven Merkmalen wie Motivation, Selbstkonzept und Selbstwirksamkeit. Diese sind von zentraler Bedeutung für den Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (MÖLLER & TRAUTWEIN, 2020; SCHIEFELE & SCHAFFNER, 2020). Entsprechend werden Wahlmöglichkeiten von Lehrkräften eingesetzt, um beispielsweise Motivation zu fördern (FLOWERDAY & SCHRAW, 2000).

Die Auswirkung von Wahlmöglichkeiten auf verschiedene Schüler*innenmerkmale wurde bereits in verschiedenen Studien untersucht (WILDE et al., 2018; ZACHER, 2020), jedoch nicht im Kontext des Physikunterrichts oder des Experimentierens. Des Weiteren wurde bisher der Fokus auf die Wahl von Inhalten und nicht auf die Wahl des Zuganges zu einem Thema gelegt. Um diese bestehende Forschungslücke zu adressieren, untersucht die vorliegende Arbeit den Einsatz von Wahlmöglichkeiten beim Experimentieren im Physikunterricht mit dem Ziel, eine inklusive Lernumgebung zu schaffen. Wahlmöglichkeit wird hierbei nicht zwischen verschiedenen Themen, sondern zwischen Experimentierformen – also verschiedenen Zugängen zum Thema – angeboten. Dabei wird die Auswirkung dieser Wahlmöglichkeiten auf den Fachwissenszuwachs, die Einschätzung der Lehr- und Lernbedingungen, das physikalische Selbstkonzept und die Selbstwirksamkeitserwartung sowie die Motivation der Schüler*innen beleuchtet. Hierfür wurde als Treatment ein eigens entwickeltes Unterrichtskonzept mit einer Wahl aus fünf Experimentierformen zu einem beispielhaften Kontext aus der geometrischen Optik ausgestaltet. Dieses wird in einer Interventionsstudie mit einer Kontrollgruppe verglichen, der zwei dieser fünf Experimentierformen vorgegeben werden. Die Auswirkung von Wahlfreiheit wird in dieser Studie klassisch varianzanalytisch ausgewertet.

Struktur dieser Arbeit

In Kapitel 2 werden Rahmenkonzepte eines inklusiven Physikunterrichts vor dem Hintergrund seiner Geschichte sowie des der Arbeit zugrunde liegenden Inklusionsbegriffes geschildert und die Bedeutung von Schüler*innenexperimenten für den Physikunterricht aufgezeigt. Dies wird durch eine Übersicht über die empirische Forschungslage zu Funktionen (aus der Perspektive von Didaktiker*innen und Lehrkräften) und Effekten von Schüler*innenexperimenten gestützt. Zudem werden grundlegende psychologische Konstrukte wie Motivation und Selbstwirksamkeitserwartung erläutert, sowie die Wirkung von Wahlfreiheit auf diese Konstrukte dargestellt.

Der fachliche Kontext der Interventionsstudie wird in Kapitel 3 physikalisch analysiert, welches als Vorbereitung der Darstellung des Konzeptes und der Unterrichtseinheiten in Kapitel 4 dient. Dabei wird im Detail auf die Experimentierformen und eingesetzten Experimente eingegangen. In Kapitel 5

werden die Forschungsfragen und Hypothesen aus dem Forschungsstand abgeleitet. Basierend darauf wird das Studiendesign motiviert und die Auswertemethodik dargestellt. Die hierbei eingesetzten Testinstrumente werden im Detail in Kapitel 6 beschrieben.

Vor der Hauptuntersuchung wurde das Unterrichtskonzept in einer Pilotstudie erprobt. Deren Design, Ergebnisse sowie Schlussfolgerungen für die Hauptstudie werden in Kapitel 7 diskutiert. In Kapitel 8 werden die Ergebnisse der Hauptstudie präsentiert. Dabei wird insbesondere der Fokus auf die Auswirkung von Wahlfreiheit auf Schüler*innenvariablen, deren Zusammenhänge untereinander, sowie die Ergebnisse der begleitenden Lehrkräftebefragung gelegt. Abschließend werden diese Ergebnisse vor dem Hintergrund der bisherigen Literatur in Kapitel 9 diskutiert und damit die Forschungsfragen beantwortet. Abschließend wird ein Fazit gezogen und ein Ausblick für weitere mögliche Studien geboten.

Kapitel 2

Theoretische Grundlagen

Dieses Kapitel enthält Abschnitte, die der Argumentation bereits publizierter Beiträge folgen, vergleiche dazu SÜHRIG et al. (2020, 2021a, 2021b, 2021c, 2023a, 2023b).

Um Schüler*innenexperimente für den Einsatz in heterogenen Lerngruppen dahingehend zu verbessern, dass ein Zugang für alle Lernenden möglich wird, wird im Zuge dieser Arbeit die Implementation eines Wahlangebotes aus verschiedenen Experimentierformen in Experimentierphasen untersucht. Wahlmöglichkeiten sollen im inklusiven Kontext im Sinne eines „Empowerments“ (GROSCHKE & VOCK, 2018) insbesondere einen positiven Effekt auf motivational-affektive Schüler*innenmerkmale zeigen. In diesem Kapitel werden die Entwicklung des inklusiven (Physik-)Unterrichtes der letzten Jahrzehnte aufgezeigt, der Inklusionsbegriff, der dieser Arbeit zugrunde liegt, erklärt und vorhandene Rahmenkonzepte für die Gestaltung eines inklusiven (naturwissenschaftlichen) Unterrichts sowie Aspekte, die für die vorliegende Arbeit daraus abgeleitet wurden, vorgestellt. Im Anschluss werden Schüler*innenexperimente und damit verbundene Unterrichtsziele aus physikdidaktischer Perspektive erläutert sowie die Sichtweise von Lehrkräften auf diese dargestellt. Der dritte Teil des Kapitels setzt sich abschließend mit Motivation und Interesse im Kontext von Wahlfreiheit auseinander.

2.1 Inklusiver Physikunterricht

Schulische Inklusion hat in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung gewonnen, doch ihre Wurzeln reichen weiter zurück.

Ende der 1970er Jahre begann die Debatte um die Integration von Schüler*innen mit Behinderungen in Regelschulen und die Abkehr von Sondereinrichtungen bzw. Sonderschulen (EDER-GREGOR & SPETA, 2018). Die Diskussion führte in den 1980er Jahren zu ersten integrativen Schulversuchen mit dem gemeinsamen Unterricht von Schüler*innen mit und ohne Behinderung. Im Jahr 1994 wurde in der Salamanca-Erklärung der UNESCO vereinbart, dass Schulen *alle* Kinder unabhängig ihrer Voraussetzungen aufnehmen sollen (SCHNELL, 2009).

Dennoch stellte erst die Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention 2009 (BEAUFTRAGTER DER BUNDESREGIERUNG FÜR DIE BELANGE VON MENSCHEN MIT BEHINDERUNGEN, 2023) einen entscheidenden Wendepunkt dar. Durch sie wurde der strukturelle Umbau des deutschen Schulsystems in Richtung einer inklusiven Beschulung vorangetrieben (SCHUCK, 2014), da die Vertragsstaaten sich verpflichtet haben, ein integratives Bildungssystem für alle zu gewährleisten. Dies bedeutete die rechtliche Verankerung der gemeinsamen Beschulung von Kindern mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf an Regelschulen, einschließlich des Fachunterrichts wie Physik.

Seitdem hat sich die inklusive Beschulung in Deutschland stetig weiterentwickelt. So steigen seit 2009 die Inklusionsanteile an deutschen Schulen (BERTELSMANN STIFTUNG, 2015). Jedoch vollziehen die Bundesländer dabei eigene Wege und es gibt nach wie vor Unterschiede in den Inklusionsquoten (ebd.). Die Umsetzung schulischer Inklusion stellt dabei eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe dar (GROSCHKE & VOCK, 2018) und steht im Mittelpunkt vieler bildungspolitischer Bemühungen.

Nachdem inklusiver Physik- und Chemieunterricht in der Fachdidaktik und Förderpädagogik lange vernachlässigt wurde (BOLTE & BEHRENS, 2004), ist Inklusion in den letzten Jahren speziell im naturwissenschaftlichen Bereich in den Fokus gerückt, u.a. durch Forschungsförderlinien des Bundesmini-

steriums für Bildung und Forschung.¹ Zu den Bestrebungen, naturwissenschaftlichen Unterricht so zu gestalten, dass alle Schüler*innen unabhängig ihrer Voraussetzungen einen Zugang erhalten, gehören didaktische und methodische Überlegungen und Konzepte (siehe Abschnitt 2.1.2), der Einsatz assistiver Technologien (u.a. LAUBMEISTER und WECK (2022)) und Lehrkräftefortbildungen.

2.1.1 Inklusionsbegriff

In der Literatur existiert bisher kein einheitlicher Inklusionsbegriff (PIEZUNKA et al., 2017). Jedoch zeichnet sich in der Debatte um den Inklusionsbegriff ein „enges“ oder „weites“ Begriffsverständnis ab. Nach GROSCHE und VOCK (2018) richtet sich entsprechend einem engen Verständnis Inklusion an Schüler*innen mit sonderpädagogischen Förderbedarfen. Ein weiterer Inklusionsbegriff hingegen fokussiert alle Schüler*innen und versucht sie in ihren Heterogenitätsdimensionen wahrzunehmen. Diese beinhalten u.a. Geschlecht, sozioökonomischer Status, Behinderung und Begabung (SACH & HEINICKE, 2019).

In dieser Arbeit stehen nicht „nur“ Schüler*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf im Fokus. Vielmehr wird sich durch die Implementation von Wahlfreiheit ein Zugang für *alle* Lernende am Experimentieren erhofft. Daher liegt dieser Arbeit ein weites Inklusionsverständnis zugrunde.

2.1.2 Rahmenkonzepte für inklusiven (naturwissenschaftlichen) Unterricht

Die Grundidee der meisten inklusiven Unterrichtsansätze ist, eine bessere Passung zwischen Lerngegenstand und Lernendem zu erreichen. Im Folgenden werden drei etablierte Konzepte für die Gestaltung eines inklusiven (naturwissenschaftlichen) Unterrichts kurz umrissen sowie Schlüsse daraus für die vorliegende Arbeit gezogen.

Universal Design for Learning

Das Universal Design for Learning (UDL) ist ein etabliertes Framework zur Planung inklusiven Unterrichts und damit nach NELSON (2014) ein Ansatz,

¹ Die vorliegende Arbeit ist ebenfalls im Rahmen eines Projektes der gemeinsamen „Qualitätssoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern, welches aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wurde, entstanden.

der Lernumgebungen und Unterricht barrierefrei gestalten möchte, sodass ein Zugang für alle Schüler*innen gewährleistet wird. UDL wurde von CAST entwickelt, einer 1984 gegründeten gemeinnützigen Organisation zur Bildungsforschung und -entwicklung. Diese konzentrierte sich zunächst darauf, mithilfe digitaler Technologien Schüler*innen mit Lernbeeinträchtigungen dabei zu unterstützen, ihre Barrieren zu überwinden. In den 1990er Jahren verlagerte die Organisation ihren Ansatz auf die Barrieren, die Schule und Unterricht (und damit Lernzielen, Leistungsprüfungen, Methoden und Materialien) innewohnen, anstatt der Schwierigkeiten Lernender und prägten den Begriff des „Universal Designs for Learning“ (MEYER et al., 2014).

UDL besteht aus folgenden Kernprinzipien (MEYER et al., 2014, S. 7):

- Provide Multiple Means of Engagement,
- Provide Multiple Means of Representation,
- Provide Multiple Means of Action & Expression.

Diese drei Kernprinzipien werden durch neun Richtlinien ergänzt, die empirisch fundierte Implementationshinweise für die jeweilige Richtlinie enthalten.

Das erste Prinzip besagt, dass die Lehrkraft verschiedene Optionen zur Förderung von Selbstregulation, Anstrengung und Ausdauer, sowie Interesse bereitstellen soll. Das zweite Prinzip zielt auf die Bereitstellung unterschiedlicher Repräsentationsmittel für Information ab. Dazu gehören Wahlmöglichkeiten für das Verständnis (wie zum Beispiel das Hervorheben wichtiger Informationen), für Sprache und Symbole und bei der Perzeption. Beim dritten Prinzip sollen multiple Mittel für die „Verarbeitung von Informationen und die Darstellung von Lernergebnissen“ (SCHLÜTER et al., 2016) bereit gestellt werden. Dazu gehören Optionen für exekutive Funktionen², für Ausdruck und Kommunikation und für motorische Handlungen (MEYER et al., 2014).

Ein Grundgedanke des UDL ist das Angebot von Wahlmöglichkeiten, um Flexibilität im Lernen und im Unterricht zu ermöglichen. In Bezug auf Experimentieren kann daher die Bereitstellung verschiedener Repräsentationsformen auch das Angebot unterschiedlicher Experimentierformen besagen.

² Exekutive Funktionen sind Funktionen, mit denen kognitive Verarbeitung und Verhalten gesteuert wird (DORSCH & WIRTZ, 2020).

NinU-Schema

Das NinU-Schema wurde im Rahmen des „Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU)“, ein 2016 gegründetes deutschlandweites Netzwerk aus Fachdidaktiker*innen und Sonderpädagog*innen, entwickelt.

Dieses verbindet die fachdidaktischen Ziele eines naturwissenschaftlichen Unterrichts angelehnt an HODSON (2014) mit der Perspektive der inklusiven Pädagogik in einem zweiachsigem Schema (STINKEN-RÖSNER et al., 2020). Das Schema ist in Abb. 2.1 dargestellt.

Es werden dabei auf der horizontalen Achse vier Dimensionen der Naturwissenschaftsdidaktik unterschieden: „sich mit naturwissenschaftlichen Kontexten auseinandersetzen“, „naturwissenschaftliche Inhalte lernen“, „naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung betreiben“ und „über Naturwissenschaften lernen“ (FERREIRA GONZALES et al., 2021).

Auf der vertikalen Achse sind drei Stufen der inklusiven Pädagogik aufgetragen: „Diversität anerkennen“, „Barrieren erkennen“ und „Partizipation ermöglichen“ (ebd.), die nacheinander für jede naturwissenschaftsdidaktische Dimension betrachtet werden können. Die Kombination der inklusionspädagogischen und naturwissenschaftsdidaktischen Ziele ergibt im Schema Knotenpunkte, welche mit Leitfragen hinterlegt sind (ebd.). Diese Fragen sollen die Planung und Reflexion eines inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts unterstützen. Ziel ist es, eine naturwissenschaftliche Grundbildung für alle zu erreichen.

Eine dieser Leitfragen, die aus dem Knotenpunkt aus „naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung betreiben“ und „Partizipation ermöglichen“ hervorgeht, ist für die vorliegende Arbeit besonders relevant: „Wie kann das Betreiben von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung für alle Lernenden zugänglich gemacht werden?“ (FERREIRA GONZALES et al., 2021). In diesem Kontext werden unterschiedliche Zugänge vorgeschlagen. In Bezug auf Schüler*innenexperimente können diese unterschiedlichen Zugänge durch eine Differenzierung der Materialien und Methoden erfolgen, z.B. durch die Bereitstellung verschiedener Experimentierformen.

Differenzierungsmatrizen

Das Ziel jeder Differenzierungsstrategie ist das Erreichen von Adaptivität; das heißt eine bessere Passung zwischen Lernangebot und Lernvoraussetzun-

Inklusive Pädagogik

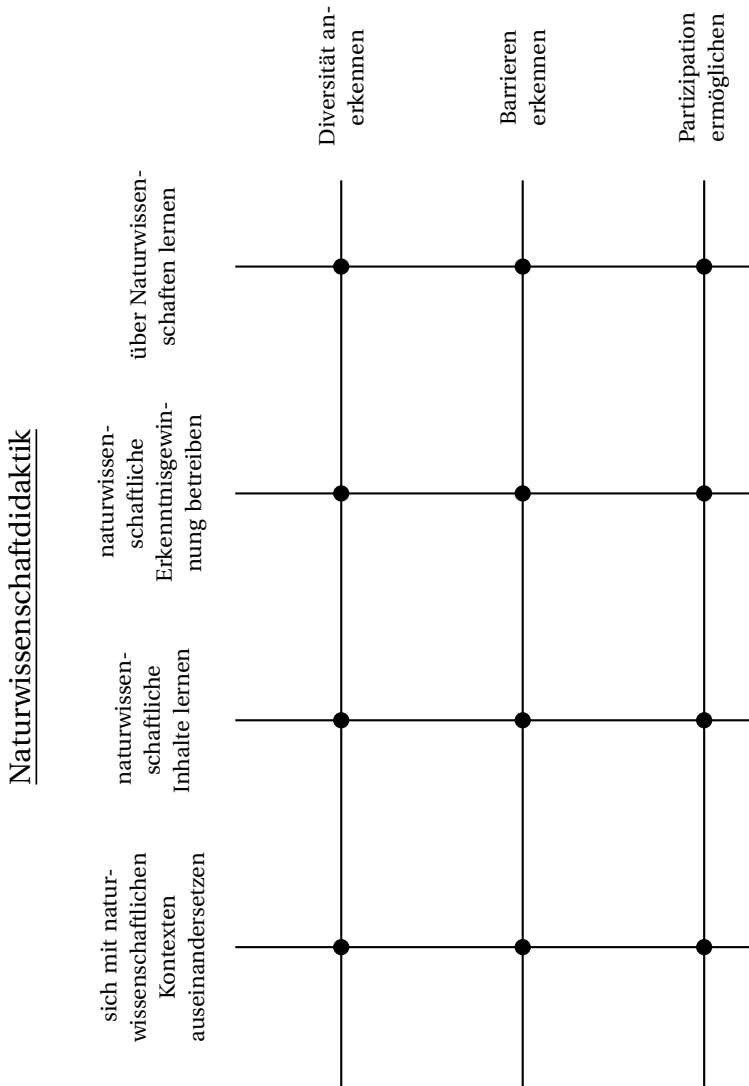


Abbildung 2.1: Darstellung des NinU-Schemas nach STINKEN-RÖSNER et al. (2023).