

MINTUS – Beiträge zur
mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung

RESEARCH

Frederik Dilling · Kathrin Holten ·
Ingo Witzke *Hrsg.*

Interdisziplinäres Forschen und Lehren in den MINT-Didaktiken

Mathematik mit Informatik,
Naturwissenschaften und Technik
in der Bildungsforschung vernetzt
denken



Springer Spektrum

MINTUS – Beiträge zur mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung

Reihe herausgegeben von

Ingo Witzke, Mathematikdidaktik, Universität Siegen
Siegen, Deutschland

Oliver Schwarz, Didaktik der Physik, Universität Siegen
Siegen, Deutschland

MINTUS ist ein Forschungsverbund der **MINT**-Didaktiken an der **Universität Siegen**. Ein besonderes Merkmal für diesen Verbund ist, dass die Zusammenarbeit der beteiligten Fachdidaktiken gefördert werden soll. Vorrangiges Ziel ist es, gemeinsame Projekte und Perspektiven zum Forschen und auf das Lehren und Lernen im MINT-Bereich zu entwickeln.

Ein Ausdruck dieser Zusammenarbeit ist die gemeinsam herausgegebene Schriftenreihe *MINTUS – Beiträge zur mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung*. Diese ermöglicht Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftlern, genauso wie etablierten Forscherinnen und Forschern, ihre wissenschaftlichen Ergebnisse der Fachcommunity vorzustellen und zur Diskussion zu stellen. Sie profitiert dabei von dem weiten methodischen und inhaltlichen Spektrum, das MINTUS zugrunde liegt, sowie den vielfältigen fachspezifischen wie fächerverbindenden Perspektiven der beteiligten Fachdidaktiken auf den gemeinsamen Forschungsgegenstand: die mathematisch-naturwissenschaftliche Bildung.

Frederik Dilling • Kathrin Holten
Ingo Witzke
Hrsg.

Interdisziplinäres Forschen und Lehren in den MINT-Didaktiken

Mathematik mit Informatik,
Naturwissenschaften und Technik
in der Bildungsforschung vernetzt
denken



Springer Spektrum

Hrsg.

Frederik Dilling
Didaktik der Mathematik
Universität Siegen
Siegen, Deutschland

Kathrin Holten
Pädagogische Hochschule Kärnten
Klagenfurt, Österreich

Ingo Witzke
Didaktik der Mathematik
Universität Siegen
Siegen, Deutschland

ISSN 2661-8060

ISSN 2661-8079 (electronic)

MINTUS – Beiträge zur mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung

ISBN 978-3-658-43872-2

ISBN 978-3-658-43873-9 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-43873-9>

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2024

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Marija Kojic

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Das Papier dieses Produkts ist recycelbar.

Inhaltsverzeichnis

Perspektiven interdisziplinärer Forschung und Lehre in den MINT-Didaktiken – Eine Einführung	1
Frederik Dilling, Kathrin Holten und Ingo Witzke	
„Flat Earthers“, Ernsthaft? – Weltbilder mit mathematischen Methoden interdisziplinär betrachten	9
Gero Stoffels	
Naturwissenschaftliche Erkenntniswege – Was können wir aus diesen über Begründungen im Mathematikunterricht lernen?	35
Frederik Dilling	
Funktionen und Eigenschaften von Modellen und Modellieren im Mathematik- und Physikunterricht – eine Interviewstudie mit Lehrer*innen	55
Frederik Dilling und Simon Friedrich Kraus	
Mathematik und Physik im Verbund – Studiengangsentwicklung neu gedacht	79
Heiko Etzold	
Schattenbilder – Ein Lernsetting zum fächerverbindenden Lehren und Lernen in der Primarstufe	97
Kathrin Holten und Amelie Vogler	

Der Maßstabsbegriff im empirischen Setting im Mathematikunterricht der Primarstufe – eine Chance zur Verbindung mit dem Sachunterricht.	135
Rebecca Schneider und Ingo Witzke	
„Was ist eine Ungleichung?“ – Zusammenhänge zwischen schulischer Vorbildung, mathematischen Vorkenntnissen und Klausurerfolg im ingenieurwissenschaftlichen Bereich	155
Julian Plack	
„Automatisierendes Üben“ beim Mathematiklernen – mathematikdidaktische Perspektiven auf Befunde der kognitiven Neurowissenschaften.	179
Felicitas Pielsticker, Christoph Pielsticker und Ingo Witzke	
Darstellung neurowissenschaftlicher Ergebnisse zu besonderen Schwierigkeiten beim Mathematiklernen – eine theoriegeleitete Diskussion	215
Felicitas Pielsticker, Christoph Pielsticker und Ingo Witzke	
Beschreibung mathematischen Wissens in empirischen Kontexten – Zwei didaktische Erkenntnisansätze.	249
Felicitas Pielsticker und Ingo Witzke	

Autorenverzeichnis

Amelie Vogler Institut für Didaktik der Mathematik, Universität Bielefeld, Bielefeld, Deutschland

Frederik Dilling Didaktik der Mathematik, Universität Siegen, Siegen, Deutschland

Heiko Etzold Didaktik der Mathematik, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

Kathrin Holten Pädagogische Hochschule Kärnten, Klagenfurt, Österreich

Simon Friedrich Kraus Didaktik der Physik, Universität Siegen, Siegen, Deutschland

Felicitas Pielsticker Didaktik der Mathematik, Universität Siegen, Siegen, Deutschland

Christoph Pielsticker Radiologie, Krankenhaus (wechselnder Standort), Schwedt, Deutschland

Julian Plack Didaktik der Mathematik, Universität Siegen, Siegen, Deutschland

Rebecca Schneider Didaktik der Mathematik, Universität Siegen, Siegen, Deutschland

Gero Stoffels Institut für Mathematikdidaktik, Universität zu Köln, Köln, Deutschland

Ingo Witzke Didaktik der Mathematik, Universität Siegen, Siegen, Deutschland



Perspektiven interdisziplinärer Forschung und Lehre in den MINT-Didaktiken – Eine Einführung

Frederik Dilling, Kathrin Holten und Ingo Witzke

1 Die Zielsetzung dieses Sammelbands

Unter dem Akronym MINT versteht man die Gesamtheit der Disziplinen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Mit MINT sind in der öffentlichen Wahrnehmung neben vielen positiven Assoziationen leider aber auch Schlagworte wie Studienabbruchquote oder Fachkräftemangel verbunden. Daher ist es nachvollziehbar, dass zahlreiche Initiativen dafür entstehen, die Bildung im MINT-Bereich zu stärken, um negativen Entwicklungen entgegenzuwirken. Hier ist beispielsweise das Bundesministerium für Bildung und Forschung mit seinem Aktionsplan zu nennen (BMBF, 2022). Auch aus fachdidaktischer Perspektive ist die MINT-Bildung von großem Interesse. Der vorliegende Band greift dieses Interesse auf, nimmt dabei aber nicht die Perspektiven einzelner Fachdidaktiken in den Blick, sondern insbesondere solche Vorhaben, die aus der Perspektive zweier oder mehrerer MINT-Didaktiken heraus entstanden sind. Diese interdisziplinäre didaktische Sicht nennen wir *fachdidaktischverbindend* (Holten & Witzke, 2017); dies beschreibt eine interdisziplinäre Kooperation der Fachdidaktiken in Forschung oder Lehre und bedeutet gemeinsam formulierten, interdisziplinären

F. Dilling (✉) · I. Witzke
Didaktik der Mathematik, Universität Siegen, Siegen, Deutschland
E-Mail: dilling@mathematik.uni-siegen.de; witzke@mathematik.uni-siegen.de

K. Holten
Pädagogische Hochschule Kärnten, Klagenfurt, Österreich
E-Mail: kathrin.holten@ph-kaernten.ac.at

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2024

F. Dilling et al. (Hrsg.), *Interdisziplinäres Forschen und Lehren in den MINT-Didaktiken*, MINTUS – Beiträge zur mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung, https://doi.org/10.1007/978-3-658-43873-9_1

Fragestellungen in Form konkreter Vorhaben nachzugehen. Zielsetzung dieses Bandes ist eine Sammlung an Beiträgen zu fachdidaktischverbindender Forschung und Lehre in den MINT-Fächern an der Schule oder Hochschule, um

- *Impulse für die gemeinsame Forschung der MINT-Fachdidaktiken zu übergreifenden Themenbereichen zu setzen,*
- *neue Perspektiven auf fächerverbindenden bzw. fachübergreifenden Unterricht im MINT-Bereich durch die Integration verwandter Fachdidaktiken einzunehmen,*
- *empirische und theoretische Perspektiven auf Lehr- und Lernprozesse in den MINT-Fächern an der Schule oder Hochschule aus fachdidaktischverbindender Perspektive zu eröffnen und*
- *das Konzept sog. fachdidaktischverbindender Forschung und Lehre in der Lehr- amtsausbildung zu diskutieren.*

2 Die Perspektive der Mathematik

Die Initiative für diesen Band und auch ein Großteil der Autor*innen kommt aus dem Bereich der Mathematikdidaktik. Der Fokus auf die Mathematik lässt sich auch an den einzelnen Beiträgen unmittelbar erkennen. Nun mögen Leser*innen zurecht darüber verwundert sein, dass sich Mathematikdidaktiker*innen mit Fragen aus dem MINT-Bereich beschäftigen. So handelt es sich bei der Mathematik, der Informatik, den Naturwissenschaften und der Technik doch um teilweise sehr unterschiedliche Disziplinen, die in der Schule auch getrennt voneinander unterrichtet werden. Der theoretische Hintergrund der Siegener Arbeitsgruppe für Mathematikdidaktik legt jedoch die folgende Sichtweise nahe: „Blickt man auf den arbeitenden (forschenden) Mathematiker, so verschwimmt der Unterschied zwischen ihm und seinen naturwissenschaftlichen Kollegen zunehmend“ (Burscheid & Struve, 2009, S. 1). Wir gehen noch einen Schritt zurück und blicken von den Wissenschaftler*innen zu den Lernenden. Denn wir folgen der These, dass Schüler*innen sich im Mathematikunterricht so verhalten, als würden sie über empirische (d. h. naturwissenschaftliche) Theorien verfügen (vgl. Burscheid & Struve, 2009; Witzke, 2009; Pielsticker, 2020; Stoffels, 2020; Dilling, 2022; Schneider, 2023). Die empirischen Theorien der Lernenden sind Theorien über die im Unterricht eingesetzten Lehr-Lern-Mittel (Struve 1990). Das Wissen der Schüler*innen ist durch das verwendete Material – wir würden sagen durch die empirischen Objekte – ontologisch gebunden an die uns umgebende Realität. Der Begriff empirisch bedeutet in unserer Sprechweise, dass sowohl die Phase der Hypothesenbildung als

auch die Phase der Wissenssicherung, d. h. dass ein mathematischer Sachverhalt gilt, im Mathematikunterricht zunächst anschauungsgebunden und experimentell, beispielsweise an Zeichenblattfiguren erfolgt. Die Wissenserklärung, d. h. warum ein mathematischer Sachverhalt gilt, geschieht durch das Zurückführen auf bekanntes Wissen durch logische Schlüsse. Wir bezeichnen solche Settings, die die drei genannten Phasen beinhalten, als förderlich für eine tragfähige Wissensentwicklung in einem empirischen Mathematikunterricht.

Folgt man dieser Annahme, so unterscheiden sich die MINT-Fächer auf erkenntnistheoretischer Ebene nicht in Bezug auf die Herangehensweisen und Prozesse. Das Bilden von Hypothesen, das Überprüfen der Hypothesen in realistischen Experimenten und die Entwicklung eines präzisen Begriffssystems verbunden durch logische Schlüsse ist für die (Schul-)Mathematik genauso wie für die Informatik, die Naturwissenschaften und auch die Technik prinzipiell ähnlich, wengleich sich die Inhaltsbereiche bzw. Phänomenbereiche selbstverständlich deutlich unterscheiden: Während in der Mathematik beispielsweise Zeichenblattfiguren (Geometrie), Glücksspiele (Wahrscheinlichkeitsrechnung) oder Kurven (Analysis) betrachtet werden, sind es beispielsweise in der Informatik Programme, in den Naturwissenschaften das Zusammenwirken von Teilchen oder die Beziehungen von Tieren innerhalb von Ökosystemen, in der Technik schließlich Mechanismen und Maschinen. Zwischen den einzelnen Phänomenbereichen gibt es selbstverständlich Überschneidungen, die sich im Unterricht produktiv zur Vernetzung von Wissen nutzen lassen (vgl. z. B. Beckmann, 2003; Dilling et al., 2022; Dilling & Kraus, 2023). So verlangen auch die Bildungsstandards, reale Anwendungen „aus Natur, Gesellschaft und Kultur“ (Winter, 1995, S. 37) adäquat in den Mathematikunterricht zu integrieren. Diese verschiedenen außermathematischen Kontexte bieten über die bloße Anwendung von Mathematik hinaus zahlreiche Möglichkeiten, einen Begriff in unterschiedlichen Erfahrungsbereichen zu verwenden und Begriffsbildungsprozesse anzuregen. Dies stellt Lehrer*innen und Schüler*innen aber durchaus vor große Herausforderungen, da es zusätzlichen außermathematischen kontextspezifischen Wissens bedarf, um authentische Zugänge anbieten zu können und das reine Einkleiden in Sachkontexte zu vermeiden. Die Aufgabe, wesentliche Begriffe aus mathematikhaltigen INT-Kontexten zu identifizieren und im Mathematikunterricht aufzugreifen, sollten Mathematiklehrkräfte dennoch wahrnehmen, um eine kontextspezifische inhaltliche Bedeutungszuweisung überhaupt erst zu ermöglichen.

Daher liegt es aus mathematikdidaktischer Sicht nahe, zur Beschreibung der Wissensentwicklungsprozesse der Lernenden auch die fachdidaktischen Erkenntnisse benachbarter Disziplinen, also der INT-Fachdidaktiken zu konsultieren. Umgekehrt scheint es auch aus einer INT-didaktischen Perspektive heraus lohnens-

wert, mathematikdidaktische Erkenntnisse einzubeziehen (vgl. bspw. Geyer & Kuske-Janßen, 2019; Pospiech & Karam, 2016; Uhden, 2012). Neben den außermathematischen Kontexten, die zusätzliche inhaltliche Fähigkeiten erfordern, ist auch unsere Beobachtung zu nennen, dass Methoden, insbesondere aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht für den Mathematikunterricht zunehmend an Bedeutung gewinnen (Goy & Kleine, 2015; Philipp, 2013) und daher auch entsprechend naturwissenschaftsdidaktische Fertigkeiten für die Vermittlung gefordert sind.

3 Fachdidaktischverbindendes Forschen und Lehren

Eine Methodologie zur interdisziplinären Kooperation der Fachdidaktiken bietet Holten (2022) in Form einer Handlungsfolge an, die an einem konkreten Vorhaben aus den Disziplinen Mathematikdidaktik und Physikdidaktik heraus abgeleitet wurde.

„Fachdidaktischverbindende Arbeit scheint demnach zu gelingen, indem die folgenden Schritte ausgeführt werden:

[1] Ein gemeinsames Ziel z. B. in Form eines gemeinsamen Erkenntnisinteresses formulieren.

→ Eine geeignete Kooperationsform wählen.

[2] Den die Disziplingrenzen überschreitenden Anwendungsbereich im Rahmen des Erkenntnisinteresses festlegen.

[3] Eigenheiten der einzelnen fachdidaktischen Begriffe, Denkweisen und Methoden innerhalb des Anwendungsbereichs sukzessive erkunden.

→ Eigenaspekte der beteiligten Disziplinen identifizieren.

[4] Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den dargestellten fachdidaktischen Begriffen, Denkweisen und Methoden herausstellen als Ausgangspunkte der Kooperation.

→ Fremdaspekte der jeweils benachbarten Disziplin erkennen und erklären können.

[5] Verbindende Sichtweise formulieren.

→ Im Aushandlungsprozess Einigung auf gemeinsam zu verwendende disziplinäre Begriffe, Denkweisen und Methoden und ggf. Konstruktion verbindender Begriffe, Denkweisen und Methoden.

[6] Anwendung der fachdidaktischverbindenden Sichtweise zur Erreichung des gemeinsamen Ziels.

[7] Geltungsbereich der fachdidaktischverbindenden Sichtweise abstecken.

[8] Metaperspektive einnehmen und Passung von Erkenntnisinteresse, fachdidaktischverbindender Sichtweise und Geltungsbereich überprüfen; ggf. zurück zu Schritt [1], um durch Erreichen des gemeinsamen Ziels eine Bereicherung der Fachdidaktiken zu erzielen.“ (Holten, 2022, S. 216).

Dieser Leitfaden zur Durchführung interdisziplinärer Kooperationen der Fachdidaktiken wurde bereits erfolgreich im Projekt InterTeTra umgesetzt, in dem Didaktiker*innen der Mathematik und der Physik an der Universität Siegen und der Hanoi National University of Education an gemeinsamen Themen geforscht haben und diese in die Lehrer*innenbildung eingebracht haben (Kraus & Krause, 2020; Dilling & Kraus, 2022; Dilling et al., 2019). Auch im Kontext der interdisziplinären Vorhaben, die in diesem Sammelband vorgestellt werden, konnte der Leitfaden eine sinnvolle Herangehensweise bieten.

4 Ein Blick in den Sammelband

Die beiden Facetten Forschung und Lehrer*innenbildung von fachdidaktisch verbindender Kooperation spielen in den Beiträgen dieses Sammelbandes eine gleichsam bedeutende Rolle. In diesem Sammelband werden verschiedene interdisziplinäre Perspektiven auf Forschung und Lehre im MINT-Bereich eröffnet, wobei die Mathematikdidaktik als Hauptbezugsdisziplin dieses Bandes in allen Beiträgen auftaucht.

Der erste Artikel in diesem Band stammt von Gero Stoffels. Er befasst sich am Beispiel der sogenannten „Flat-Earthers“-Bewegung mit der wissenschaftlichen Diskussion und Infragestellung von Verschwörungstheorien. Ausgehend von einem Ausschnitt aus einem Physikbuch werden Aspekte der Verschwörungstheorie mathematisch analysiert und kritisch geprüft. Diese Aktivitäten können im Unterricht einen Ausgangspunkt für die Entwicklung eines adäquaten Verständnisses der Mathematik und der Naturwissenschaften im Sinne des Auffassungs- und „Nature of Science“-Konzepts bilden.

Auch der zweite Beitrag nimmt die Verbindung zwischen der Mathematik und der Physik in den Blick. Frederik Dilling erörtert ausgehend von verschiedenen Erkenntnismodellen der Naturwissenschaften, welchen Status Begründungen in einem empirischen Mathematikunterricht haben können. Dabei spielen die einleitend bereits erwähnten Phasen der Hypothesenbildung, der Wissenssicherung und der Wissenserklärung, aber auch die Verwendung sogenannter theoretischer Begriffe eine besondere Rolle. Die entwickelte Konzeption wird anschließend genutzt, um drei Ausschnitte aus einem Mathematikschulbuch zu analysieren und Implikationen für die Unterrichtspraxis zu formulieren.

Im dritten Beitrag wird ein gemeinsames Vorhaben des Physikdidaktikers Simon Kraus und des Mathematikdidaktikers Frederik Dilling vorgestellt. Im Rahmen einer qualitativen Interviewstudie haben die Autoren Beliefs von Lehrkräften der Fächer Mathematik und Physik zu dem für beide Fächer fundamentalen Begriff

des Modells bzw. dem zugehörigen Prozess des Modellierens erhoben. Aus der Perspektive der Lehrkräfte konnten vier Funktionen von Modellen im Mathematik- und Physikunterricht identifiziert werden, die im Beitrag ausgiebig diskutiert werden: eine didaktische Funktion, eine erkenntnistheoretische Funktion, eine problemlösende Funktion und eine fachkulturelle Funktion.

Heiko Etzold geht im vierten Beitrag gezielt auf die universitäre Lehrer*innenbildung in der Mathematik und der Physik ein. Seit dem Wintersemester 2020/2021 findet das Studium für das Lehramt in den Fächern Mathematik und Physik an der Universität Potsdam in einem verbindenden Studiengang mit engen inhaltlichen und organisatorischen Abstimmungen zwischen den Fächern statt. Der Beitrag zeigt Chancen und Herausforderungen einer solchen grundlegenden Neukonzeption im Bereich der Lehre auf.

Der fünfte Beitrag von Kathrin Holten und Amelie Vogler beschäftigt sich mit einem fächerverbindenden Zugang zu zweidimensionalen Darstellungen von Körpern in der Primarstufe. Anhand eines Lernsettings, das die Entstehung von Schatten thematisiert, wird konkret aufgezeigt, welches Potenzial physikalische Kontexte aus der Erfahrungswelt der Schüler*innen für mathematische Wissensentwicklungsprozesse bieten. Die fachdidaktischverbindende Reflexion des Lernsettings und die Analyse eines Fallbeispiels zeigen aber auch auf, wie herausfordernd der ehrliche Umgang mit Kontexten für Schüler*innen und Lehrpersonen sein kann.

Auch der sechste Beitrag von Rebecca Schneider und Ingo Witzke zeigt Verbindungen zum Sachunterricht. In einer Fallstudie arbeiteten Schüler*innen an der Aufgabe, Möbel ihres Klassenraumes maßstabsgetreu auf einem Plan abzubilden. Die Bearbeitungsprozesse einer Schülerinnengruppe werden vor dem Hintergrund des wissenschaftstheoretischen Strukturalismus tiefgehend analysiert, sodass empirische Schüler*innentheorien zum Maßstabsbegriff formal rekonstruiert werden konnten. Diese legen nahe, dass mit Blick auf die Schüler*innentheorien neben einem arithmetischen auch ein geometrischer Maßstabsbegriff im Mathematikunterricht adressiert werden sollte. Die Ergebnisse werden in Bezug auf den Mathematik- und den Sachunterricht der Primarstufe eingeordnet.

Julian Plack untersucht in Beitrag 7 den Übergang von der Schule in ein ingenieurwissenschaftliches Studium. Im Rahmen einer quantitativen Studie geht er der Frage nach, welche schulischen Eingangsparameter und schulmathematischen Kenntnisse Einfluss auf den Studienerfolg im ersten Semester haben. Ein Ergebnis ist, dass die untersuchten Studierenden grundlegende Probleme mit mathematischen Inhalten der Sekundarstufe I haben und sich dies stark auf die Klausurergebnisse in der Mathematik-Veranstaltung des ersten Semesters auswirkt.

Die Beiträge 8 und 9 in dem Band stammen aus einer interdisziplinären Kooperation der Mathematikdidaktikerin Felicitas Pielsticker, des Mathematikdidaktikers Ingo Witzke und des Radiologen Christoph Pielsticker. Gemeinsam betrachten sie neurowissenschaftlich-radiologische Befunde mit Bezug auf das Mathematiklernen. Dabei geht es zum einen um das automatisierende Üben, welches insbesondere im Bereich der Arithmetik und Algebra eine bedeutende Rolle spielt. Zum anderen wird das Thema Rechenschwierigkeiten vor einem neurowissenschaftlichen Hintergrund beleuchtet.

Der zehnte und letzte Beitrag des Bands von Felicitas Pielsticker und Ingo Witzke thematisiert die Verbindung von Mathematik und Realität durch einen vergleichenden Blick auf zwei verschiedenen Ansätze: Einerseits das Modellieren im Mathematikunterricht, welches analytisch Mathematik und Realität voneinander trennt, und andererseits empirische mathematische Theorien, welche analytisch Mathematik und Empirie als Einheit begreifen. Am Beispiel einer Fallsituation zum „manipulierten Spielwürfel“ in der Wahrscheinlichkeitsrechnung werden die Potenziale der beiden Ansätze zur Beschreibung von Wissensentwicklungs- und Wissensanwendungsprozessen erörtert sowie Gemeinsamkeiten und Unterschiede identifiziert.

Wir freuen uns, dass dieser Band mit den zusammengetragenen Beiträgen vielfältige Einsichten in die Anwendung und Weiterentwicklung fachdidaktischverbindender Ansätze im Bereich der MINT-Fächer liefern kann und dabei Impulse für eine verstärkte Zusammenarbeit der MINT-Fachdidaktiken in den Bereichen Forschung und Lehre gibt. Wir wünschen viel Freude beim Lesen und hoffen, dass wir auf nachfolgende Sammelwerke zu weiteren und neuen Themenbereichen neugierig machen können.

Siegen, September 2023

Frederik Dilling, Kathrin Holten und Ingo Witzke

Literatur

- Beckmann, A. (2003). *Fächerübergreifender Unterricht. Konzept und Begründung*. Franzbecker.
- BMBF. (2022). MINT-Aktionsplan 2.0, Bundesministerium für Bildung und Forschung. https://www.bmbf.de/bmbf/de/home/_documents/mint-aktionsplan.html. Zugegriffen am 08.06.2022.
- Burscheid, H. J., & Struve, H. (2009). *Mathematikdidaktik in Rekonstruktionen. Ein Beitrag zu ihrer Grundlegung*. Franzbecker.
- Dilling, F. (2022). *Begründungsprozesse im Kontext von (digitalen) Medien im Mathematikunterricht. Wissensentwicklung auf der Grundlage empirischer Settings*. Springer Spektrum.

- Dilling, F., & Kraus, S. F. (Hrsg.). (2022). *Comparison of mathematics and physics education II. Examples of interdisciplinary teaching at school*. Springer Spektrum.
- Dilling, F., & Kraus, S. F. (Hrsg.). (2023). *Mathematik – Astronomie – Physik. Themenheft in Zeitschrift Der Mathematikunterricht*, 69(2). Friedrich.
- Dilling, F., Holten, K., & Krause, E. (2019). Explikation möglicher inhaltlicher Forschungsgegenstände für eine Wissenschaftskollaboration der Mathematikdidaktik und Physikdidaktik – Eine vergleichende Inhaltsanalyse aktueller deutscher Handbücher und Tagungsbände. *Mathematica Didactica*, 42(2), 87–104.
- Dilling, F., Rott, B., & Witzke, I. (Hrsg.). (2022). *Mathematik im Kontext Physik. Themenheft in Zeitschrift Mathematik Lehren 231*. Friedrich.
- Geyer, M.-A., & Kuske-Janßen, W. (2019). Mathematical Representations in Physics Lessons. In G. Pospiech, M. Michelini, & B.-S. Eylon (Hrsg.), *Mathematics in physics education* (S. 75–102). Springer.
- Goy, A., & Kleine, M. (2015). *Experimentieren. Themenheft in Praxis der Mathematik in der Schule*, 65.
- Holten, K. (2022). *Fachdidaktischverbindendes Forschen und Lehren in der Mathematik-Lehrer*innenbildung. Neue Perspektiven auf das Lehren und Lernen von Mathematik (und Physik)*. Springer Spektrum.
- Holten, K., & Witzke, I. (2017). Chancen und Herausforderungen fachdidaktischverbindender Elemente in der Lehramtsausbildung. In U. Kortenkamp & A. Kuzle (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2017. 51. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik vom 27.02.2017 bis 03.03.2017 in Potsdam* (S. 457–460). WTM.
- Kraus, S. F., & Krause, E. (Hrsg.). (2020). *Comparison of mathematics and physics education I. Theoretical foundation for interdisciplinary collaboration*. Springer Spektrum.
- Philipp, K. (2013). *Experimentelles Denken. Theoretische und empirische Konkretisierung einer mathematischen Kompetenz*. Springer Spektrum.
- Pielsticker, F. (2020). *Mathematische Wissensentwicklungsprozesse von Schülerinnen und Schülern. Fallstudien zu empirisch-orientiertem Mathematikunterricht mit 3D-Druck*. Springer Spektrum.
- Pospiech, G., & Karam, R. (Hrsg.). (2016). *Mathematik im Physikunterricht. Themenheft in Zeitschrift Naturwissenschaften im Unterricht Physik*. Friedrich.
- Schneider, R. (2023). *Komparative Fallanalysen zur Spezifität von Wissensentwicklungsprozessen in empirischen Settings im Mathematikunterricht der Grundschule*. Springer Spektrum.
- Stoffels, G. (2020). *(Re-)Konstruktion von Erfahrungsbereichen bei Übergängen von empirisch-gegenständlichen zu formal-abstrakten Auffassungen. Eine theoretische Grundlegung sowie Fallstudien zur historischen Entwicklung der Wahrscheinlichkeitsrechnung und individueller Entwicklungen mathematischer Auffassungen von Lehramtsstudierenden beim Übergang Schule-Hochschule*. universi – Universitätsverlag Siegen.
- Struve, H. (1990). *Grundlagen einer Geometriedidaktik*. BI-Wiss.-Verl.
- Uhlen, O. (2012). *Mathematisches Denken im Physikunterricht. Theorieentwicklung und Problemanalyse*. Logos.
- Winter, H. (1995). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 61, 37–46.
- Witzke, I. (2009). *Die Entwicklung des Leibnizschen Calculus. Eine Fallstudie zur Theorieentwicklung in der Mathematik*. Franzbecker.



„Flat Earthers“, Ernsthaft? – Weltbilder mit mathematischen Methoden interdisziplinär betrachten

Gero Stoffels

1 „Flat Earthers“ im Schulbuch: Eine Analyse

Die Motivation und der Ausgangspunkt für diesen Artikel ist eine Schulbuchseite (Abb. 1), die mir bei der Durchsicht des Physikbuchs „Universum Physik, Band 7–10 G9 NRW“ (Burisch et al., 2020a, S. 76) ins Auge gefallen ist. Zunächst wird diese Seite analysiert und in eine Schulbuchstrukturanalyse eingebettet.

Stoffels (2020, S. 220–252 & 334) hat die Strukturdefinitionen nach Rezat (2010), Makro-, Meso- und Mikrostruktur, um die Ebenen der Mega- und Nano-Struktur¹ erweitert. In diesem Artikel wird zur Einordnung der obigen Schul-

¹Die *Megastruktur* bezieht sich auf die Struktur einer Schulbuchreihe und ihrer Konzeption über mehrere Jahrgangsstufen, z. B. Änderung und Ergänzung von weiteren Strukturelementtypen, oder Begriffsentwicklungen über die verschiedenen Bände der Schulbuchreihe (Stoffels, 2020, S. 250). Nach Rezat (2008, S. 47) beschreibt die *Makrostruktur* die grundlegende Systematik eines einzelnen Schulbuchs, insbesondere welche Themenbereiche enthalten, in welcher Reihung sie angeordnet und inwiefern diese Themenfelder miteinander vernetzt sind. Die *Mesostruktur* beschreibt die Struktur eines Kapitels in einem Schulbuch zu einem Themenfeld, das in der Regel ebenfalls untergliedert ist und Stoff für mehrere Unterrichtsstunden bereithält (Rezat, 2008, S. 48). Die *Mikrostruktur* behandelt den Aufbau einzelner thematischer Abschnitte in einem Kapitel, z. B. Lerneinheiten (Rezat, 2008, S. 48). Die *Nanostruktur* behandelt die Strukturanalyse einzelner Aufgaben, sowie deren Zusammen-

G. Stoffels (✉)

Institut für Mathematikdidaktik, Universität zu Köln, Köln, Deutschland

E-Mail: gero.stoffels@uni-koeln.de

STERNE UND WELTALL
EIN BLICK INS UNIVERSUM

76

METHODE

Mit Informationen kritisch umgehen

Das Internet bietet eine unbegrenzte Fülle an Informationen. Dieser unbeschränkte Zugang zu Informationen bringt aber nicht nur Vorteile mit sich: Jeder kann jederzeit Informationen weltweit verbreiten. Das lässt auch Raum für Manipulation und Fake News. Nur weil etwas im Internet behauptet wird, heißt das noch lange nicht, dass das auch wirklich stimmt. Daher ist es wichtig, die Glaubwürdigkeit einer Quelle zu hinterfragen. Wir sehen uns die Thesen der Flat-Earth-Society an, um daran zu verstehen, wie wir uns kritisch mit Informationen auseinandersetzen sollten.

Die Flat-Earth-Society ist seit 1849 davon überzeugt, dass unsere Erde eine flache Scheibe mit dem Nordpol im Zentrum und einem antarktischen Eiswall am Rand sei (- Bild 01). Die Sonne befinde sich dabei weniger als 4000 Meilen von London entfernt. Ursprünglich wurde die Theorie mit der Bibel begründet, obwohl seitens der Kirche dieser Gedanke nicht unterstützt wurde. Später erklärte die Gruppierung, dass eine Verschwörung der Mächtigen bewusst die Menschen in die Irre führen möchte, um sie zu blindem Glauben und Gehorsam zu erziehen.

Die Krümmung der Erde widerlegen die Anhänger der Flat-Earth-Society u.a. wie folgt. Schüttet man Wasser auf einen großen Ball, dann läuft es an den Seiten herunter. Selbst aus einem Flugzeug heraus kann man die Krümmung nicht erkennen. Außerdem könne die Erde nicht mit fast $1700 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ um ihre eigene Achse rotieren, da sonst alles, was sich auf ihr befindet, weggeschleudert werde. Dass Gegenstände auf den Erdboden fallen, erklären sie damit, dass die flache Erdscheibe konstant nach oben beschleunige.

Durch das Internet erfährt die Flat-Earth-Society einen großen Aufschwung. In den sozialen Netzwerken hatte die Gruppierung im Jahr 2019 über 200 000 Follower.

Bevor du diese Informationen verwertest, solltest du dir einige Fragen stellen: Kann das wirklich sein? Wer ist diese Flat-Earth-Society und welche Intention verfolgt sie vielleicht? Gibt es andere Quellen, die das Gegenteil beweisen können?



01 Weltbild der Flat-Earth-Society

Seitdem sich die Menschen in den Weltraum gewagt haben, existieren Fotos von der runden Erde. Auch die Argumente der Flat-Earth-Society, die vielleicht auf den ersten Blick überzeugend wirken, lassen sich mit physikalischem Fachwissen und eigenen Experimenten leicht widerlegen.

Auch die Zahl der Follower darf nicht falsch interpretiert werden. Sie besagt nicht, dass alle die Theorie unterstützen. Es bleibt unklar, wie viele nur Interesse an den Aktivitäten haben und wie viele zur Belustigung der Gruppierung folgen. Die eingetragenen Mitglieder der Flat-Earth-Society ist deutlich geringer.

- 1) Erkläre die wissenschaftlichen Argumente, die gegen die Theorie einer flachen Erde sprechen. ■
- 2) Einige Menschen sind der Meinung, dass die Mondlandung nie stattgefunden hat und die Aufnahmen in einem Fotostudio nachgestellt wurden. Bewerte diese Information, indem du Argumente für und gegen eine Mondlandung gegenüberstellst. Nimm Stellung. ■

Abb. 1 Schulbuchseite in der das Weltbild der „Flat Earthers“ diskutiert wird, um auf den kritischen Umgang mit Informationen hinzuweisen. (Burisch et al., 2020a, S. 76)

buchseite nur die Makro-, Meso- und Mikrostruktur betrachtet und dann auf die Nanostruktur fokussiert. Dies liegt unter anderem daran, dass „Universum-Physik Nordrhein-Westfalen G9, Klasse 7–10“ ein jahrgangsübergreifendes Schulbuch ist. Die Megastruktur über mehrere Jahrgänge ist also in einem Buch vereint. Das Schulbuch ist in Kapitel gegliedert und nach Themen geordnet. Diese Themen lauten: optische Instrumente; Sterne und Weltall; Bewegung, Kraft und Energie; Druck und Auftrieb; Elektrizität; ionisierende Strahlung und Kernenergie sowie Energieversorgung. Im Schulbuch selbst wird keine explizite Vorgabe zur jahrgangsspezifischen Themenbehandlung gemacht, sofern man von der Reihung der Kapitel absieht.

Eingebettet ist die bezüglich ihrer Nanostruktur zu untersuchende Schulbuchseite in das Kap. „Sterne und Weltall“, in dem ausgehend von der Erde und dessen Beleuchtung durch die Sonne über die Mondphasen ein Einblick in das Sonnensystem und darüber hinaus, geworfen wird. Vor dem Abschluss des Kapitels, der durch eine Überprüfungsmöglichkeit des eigenen Lernstands gebildet wird, werden verschiedene weitere Weltbilder, u. a. das Aristotelische, Ptolemäische, Kopernikanische und Keplersche dargestellt. Auch Newtons Gravitationsgesetz wird in diesem Kontext ebenso erwähnt wie neue Aspekte der Dunklen Materie für ein aktuelles wissenschaftliches Weltbild des Kosmos.

Nach diesem kurzen Überblick der Einbettung der Schulbuchseite in das Kap. „Sterne und Weltall“ soll in den Tab. 1, 2 und 3 die Makro-, Meso- und Mikrostruktur des Schulbuches dargestellt werden, bevor die Nanostruktur der Schulbuchseite in Form des Methodenkastens „Mit Informationen kritisch umgehen“ in den Fokus gestellt wird. Die Analyse der Makrostruktur umfasst dabei den gesamten jahrgangsübergreifenden Band. In der Mesostruktur wird die Struktur eines Unterkapitels untersucht, da die thematischen Kapitelüberschriften nur als Abschnittsbezeichnungen fungieren. In der Mikrostruktur jedes Unterabschnitts eines Unterkapitels gibt es Unterschiede, d. h. einzelne Elemente treten nicht in jedem Unterkapitel auf.

Die Nanostrukturanalyse der zu untersuchenden Schulbuchseite als Methodenkasten „Mit Informationen kritisch umgehen“ zeigt, dass der Methodenkasten die gesamte Seite ausfüllt. Oben links auf der Seite folgt auf die Kapitelüberschrift „Sterne und Weltall“ die Unterkapitelüberschrift „Ein Blick ins Universum“. Darauf folgt die Seitenzahl 76. Der Methodenkasten wird oben durch einen blau-

hang zu den übergeordneten Strukturebenen. (Stoffels, 2020, S. 334). Hierbei treten auf den unterschiedlichen Ebenen verschiedene Strukturelementtypen auf, die den Vergleich verschiedener Konzeptionen von Schulbüchern oder Schulbuchreihen ermöglichen. Konkrete Beispiele finden sich hier in den Tab. 1, 2, 3, 4.

Tab. 1 Makrostruktur des Jahrgangübergreifenden Schulbuchs „Universum – Physik, NRW G9, Klassen 7–10“ von Burisch et al. (2020a)

Strukturelementtyp (vgl. Rezat, 2010, S. 94, 96, 99)	Bezeichnung im untersuchten Schulbuch „Universum – Physik“
Makrostruktur	
Hinweise zur Struktur	[nicht enthalten]
Inhaltsverzeichnis	Inhaltsverzeichnis
Kapitel	Kapitel (Sachgebiet geordnet, unnummeriert)
	Unterkapitel (nummeriert)
kapitelübergreifende Aufgaben	Wissen vernetzt (Material A–F)
Projekt	PROJEKT Physical Computing
Übersicht über Maße und Maßeinheiten	Umgang mit physikalischen Größen, Tabellen, Periodensystem der Elemente, Auszug aus der Nuklidkarte (vereinfacht)
Formelsammlung	[nicht enthalten]
Lösung zu ausgewählten Aufgaben	Lösungen
Stichwortverzeichnis	Stichwortverzeichnis
Allgemeine Hinweise zum (physikalischen) Lernen	Aufgaben richtig verstehen (Hinweise zu Operatoren mit Beispielaufgaben); Sprachbildung;
Bildquellenverzeichnis	Bildquellenverzeichnis

Tab. 2 Mesostruktur des Jahrgangübergreifenden Schulbuchs „Universum – Physik, NRW G9, Klassen 7–10“ von Burisch et al. (2020a)

Strukturelementtyp (vgl. Rezat, 2010, S. 94, 96, 99)	Bezeichnung im untersuchten Schulbuch „Universum – Physik“
Mesostruktur	
Einführungsseite	[Vorhanden]
	Inhaltsverzeichnis der Unterkapitel
Aktivitäten	[nicht vorhanden]
Lerneinheiten	Lerneinheiten
Lerneinheitenübergreifende Zusammenfassung	In diesem Kapitel beschäftigst du dich mit, GRUNDWISSEN, BASISKONZEPTE
Lerneinheitenübergreifende Aufgaben	[nicht vorhanden]
Lerneinheitenübergreifende Tests	ÜBERPRÜFE DICH SELBST
Aufgaben zu früheren Inhalten	Weißt du es noch? Kannst du es noch?

Tab. 3 Mikrostruktur des Jahrgangsübergreifenden Schulbuchs „Universum – Physik, NRW G9, Klassen 7–10“ von Burisch et al. (2020a)

Strukturelementtyp (vgl. Rezat, 2010, S. 94, 96, 99)	Bezeichnung im untersuchten Schulbuch „Universum – Physik“
Mikrostruktur	
Einstieg	Einstieg (mit Bild)
Weiterführende Aufgabe	Aufgaben
Lehrtext	[vorhanden]
Merkwissen	Blau hervorgehoben mit straffierten Quadrat und in blauer Schrift
Kasten mit Informationen	METHODE, BLICKPUNKT
Musterbeispiel	[nicht vorhanden]
Übungsaufgaben	Aufgaben
Testaufgaben	Bist du sicher?, Zeit zu überprüfen
Aufgaben zur Wiederholung	Kannst du das noch?, Zeit zu Wiederholen
Zusatzinformationen	Randtexte, MATERIAL (Versuche, Unterkapitelübergreifende Aufgaben und Informationen)

straffierten Balken begrenzt, in dem ebenfalls blau, links ausgerichtet und unterstrichen das Wort „METHODE“ steht. Der gesamte Kasten ist an den übrigen Rändern, links, unten und rechts durch einen schwarzen dünnen Rahmen eingefasst. Unter der Kasten Überschrift „METHODE“ findet sich die Überschrift des Kastens „Mit Informationen kritisch umgehen“ über der linken Spalte des Textes. Vor dieser Überschrift findet sich ein Icon, dass auf die Förderung von Medienkompetenz in diesem Methodenkasten hinweist. Der Inhalt des Kastens setzt sich aus einem Lehrtext im zweispaltigen Format mit insgesamt 7 Absätzen, einer Abbildung mit einer bunten künstlerischen Darstellung des „Weltbilds der Flat-Earth-Society“ (Bildunterschrift) und zwei Aufgaben zusammen. In der linken Spalte befinden sich lediglich fünf Absätze des Erklärtexes in der rechten Spalte folgen auf die Darstellung des „Weltbilds der Flat-Earth-Society“ zwei weitere Absätze des Textes. Darauf folgen zwei nummerierte Aufgaben. In Tab. 4 sind die Kernaussagen der Elemente und die Fundstellen ausgewiesen. Diese sind in der Reihenfolge, die sich aus der üblichen Leserichtung ergibt, aufgeführt. Also mit der linken Spalte beginnend und dann von oben nach unten in der rechten Spalte. Die Aufgabenstellungen sind im Wortlaut wiedergegeben, die übrigen Kernaussagen wurden paraphrasiert.

Tab. 4 Kernaussagen der Inhaltselemente des Methodenkastens entsprechend der Nanostruktur des Methodenkastens „Mit Informationen kritisch umgehen“ (S. 76) des Jahrgangsgreifenden Schulbuchs „Universum – Physik, NRW G9, Klassen 7–10“ von Burisch et al. (2020a)

Fundstelle	Kernaussage
1. Absatz	Das Internet bietet freie Möglichkeit (auch falsche) Informationen, wie etwa die „Flat Earth“-Theorie zu verbreiten. Die Auseinandersetzung mit Letzterer dient dazu zu Lernen wie man sich „kritisch mit Informationen auseinandersetzen sollte“.
2. Absatz	Grundinformationen zur „Flat Earth“-Society von 1849, insbesondere Abstand Sonne-Erde, und Bezug zur Bibel, Sicht wird nicht von Kirche unterstützt.
3. Absatz	Benennung dreier weiterer Kritiken der „Flat Earth“-Bewegung in Bezug auf eine kugelförmige Erde: Wasser fließt von Kugel herab; zu schnelle Erdrotation würde zu Fliehkräften führen; Fallbewegung durch konstant beschleunigte Bewegung nach oben.
4. Absatz	Anzahl der Follower-Zahlen der „Flat Earth“ Bewegung.
5. Absatz	Appell an Leser*innen (also Schüler*innen), Informationen oder Behauptungen der „Flat Earth“-Bewegung zu hinterfragen, hinsichtlich der Plausibilität; Quellenursprung; verfolgten Intentionen; Abschließend wird eine Suche nach Quellen empfohlen, die die Behauptung der „Flat-Earth-Society“ widerlegen.
Abbildung 01	In der Abbildung wird das „Weltbild der Flat-Earth-Society“ künstlerisch dargestellt. Vor dem Hintergrund eines Sternenhimmels ist von schräg oben eine Ansicht einer flachen Erde mit Kontinenten und Meeren dargestellt, an deren Rändern Wasser herunterfließt. Über der Erdscheibe befindet sich eine milchige Kuppel an deren höchstem Punkt ein Feuerball dargestellt ist, der vermutlich die Sonne zeigen soll.
6. Absatz	Widerlegung von „Flat Earth“-Theorie wird durch Verweis auf Fotos einer runden Erde, physikalisches Fachwissen und eigene Experimente nahegelegt.
7. Absatz	Hinweise zur Einordnung der Zahl der Follower in den Social-Media-Plattformen wird gegeben, insofern nicht jeder Follower auch Unterstützer der Theorie sein muss.
Aufgabe 1	„Erkläre die wissenschaftlichen Argumente, die gegen die Theorie einer flachen Erde sprechen.“
Aufgabe 2	„Einige Menschen sind der Meinung, dass die Mondlandung nie stattgefunden hat und die Aufnahmen in einem Fotostudio nachgestellt wurden. Bewerte diese Information, indem du Argumente für und gegen eine Mondlandung gegenüberstellst. Nimm Stellung.“

Der Lehrtext ist so strukturiert, dass zunächst Informationen über die „Flat Earth“-Bewegung bereitgestellt werden und im Anschluss Impulse zum Hinterfragen dieser Informationen sowie weiterführende Informationen gegeben sind. Entsprechend lässt sich hier die klassische Struktur „Information ← Reflexion der Information ← Stützung der Reflektion“ identifizieren.

Aufgrund der Einbettung in den Methodenkasten mit den verschiedenen Elementen und auch in Bezug auf die in diesem Kasten enthaltenen Inhalte wird deutlich, dass die „Flat Earth“-Theorie als Beispiel für „Manipulation und Fake-News“ (Burisch et al., 2020a, S. 76) in Zeiten des Internets und Social-Media genutzt wird. Entsprechend geht es in diesem Methodenkasten weniger darum, die Theorie der „Flat Earthers“ wiederzugeben, was auch verwunderlich in einem Physikbuch wäre, das dem aktuellen Stand der Wissenschaft Physik, bzw. dem Common-Sense in der physikalischen Community entsprechen soll.

Nach einer generellen Beschreibung der Chancen und Risiken des Informationsaustauschs und einfachen Informationsverbreitung per Internet und Social-Media (Absatz 1), wird auf verschiedene Thesen der „Flat-Earth-Society“ (Absätze 2–3) eingegangen. Die Thesen, die man aus diesem Artikel entnehmen kann, neben der Grundthese, dass die Erde eine flache Scheibe sei, in deren Mitte der Nordpol und ein antarktischer Eiswall am Rande der Erde läge, lauten:

- i. *Die Sonne befände sich weniger als 4000 Meilen über London*
- ii. *Die Krümmung der Erde sei widerlegt, denn wenn man Wasser auf einen großen Ball schüttet, es an den Seiten herunterläuft.*
- iii. *Aus einem Flugzeug könne man die Erdkrümmung nicht erkennen.*
- iv. *Wenn die Erde mit fast 1700 Stundenkilometer um ihre eigene Achse rotieren würde, dann würde alles weggeschleudert werden.*
- v. *Gegenstände fielen deshalb herunter, da sich die flache Erdscheibe konstant nach oben beschleunige.*

In Abschn. 3 dieses Beitrags werden drei dieser Thesen exemplarisch mit mathematischen und naturwissenschaftlichen Methoden näher betrachtet. Diese Diskussion der Thesen, die Darstellung der historischen Rezeption und Kritik der „Flat Earth“-Theorie sowie ihrer Thesen in den folgenden Abschnitten erfolgt zum einen, da so die Argumentationskraft mathematischer Überlegungen konkret gezeigt wird, die „Flat Earthers“ wie auch „Nicht Flat Earthers“ nutzen, zum anderen aber auch wegen der – zumindest aus persönlicher Sicht – eher unbefriedigenden Antworten die der Lehrerband (Burisch et al., 2020b) für die zitierten Aufgaben bereithält.

Der Lehrerband spricht zum einen zunächst von einer „rund[en]“ Erde, was unpräzise ist, da auch eine Erdscheibe in Form eines Zylinders mit geringer Höhe als „rund“ angesehen werden kann, wie auch in der im Methodenkasten vorliegenden Abbildung zu sehen ist. Die im Lösungsbuch vorgeschlagenen Argumente gegen die „Flat Earth“-Theorie werden in Tab. 5 mit zugehörigen Kommentaren, weshalb die Argumente für „Flat Earth“ nur bedingt überzeugend sein müssen, wiedergegeben. Man beachte in folgender Tabelle, dass es sich bei den „stützenden“ Quellen in den Kommentaren zum Teil um Dokumente von „Flat Earth“-Unterstützern handelt, deren Meinung der Autor dieses Beitrages natürlich *nicht* teilt.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die dargestellten Argumente für eine kugelförmige Erde eher nicht Teil des Erfahrungsbereichs der Schüler*innen sind und ein Beweis durch „Autorität der Wissenschaft“ nur wenig besser erscheint als derjenige des „blinden Glaubens an eine Verschwörungstheorie“. Diese Fragen führen unter anderem dazu, wie genau Mathematik- und Physikunterricht zur Allgemein- bzw. Bürger*innenbildung beitragen soll (Ernest, 2000; Vohns, 2017; Winter, 1995) und welche Weltbilder bzw. Auffassungen durch den Mathematik- und Physikunterricht angeregt werden. Insbesondere wurden in den angegebenen Lösungsmöglichkeiten die physikalischen Theorien, auf die verwiesen wird, nicht angewendet, bzw. die Implikationen dieser Theorien, die sich durch eine mathematische Betrachtung ergeben würden, nicht in den Lösungen berücksichtigt. Hier bietet sich die Chance, den Nutzen und Sinn mathematischer Betrachtungen in der Naturwissenschaft zu erfahren.

2 „Flat Earthers“: ein paradigmatisches Beispiel für Weltbilder heute, früher und noch früher

In diesem Abschnitt werden zum einen aus fachdidaktischverbindender Perspektive (Witzke, 2015) die Konzepte *Auffassungen*, *Beliefs*, *Weltbilder* und *Nature of Science* aus der Mathematik- und Physikdidaktik heraus thematisiert, wodurch sich zeigen lässt, dass die „Flat Earth“-Theorie, weniger als Theorie, sondern vielmehr als Belief-System und somit als Auffassung klassifiziert werden sollte (Stoffels, 2020). Dies impliziert auch, dass die Ansichten längerfristig verankert und nur schwer veränderbar sind.

Weiterhin wird die Rezeption und Kritik der „Flat Earth“-Theorie, bzw. verschiedener Annahmen, die zu dieser Auffassung gehören, in einen wissenschaftshistorischen Kontext gesetzt. Hierbei geht es nicht um eine vollständige Aufarbeitung des Auftretens der „Flat Earth“-Theorie, sondern um eine Darstellung dessen, was heute, insbesondere im Kontext der sozialen Medien, unter der „Flat Earth“-Theorie

Tab. 5 Argumente für eine kugelförmige Erde aus „Universum – Physik, Lösungen, NRW G9, Klassen 7–10“ von (Burisch et al., 2020b) und Kommentare des Autors aus einer möglichen „Flat Earth“-Perspektive

Genanntes Argument für kugelförmige Erde aus dem Schulbuch	Kommentar
„Die Erde ist rund, weil ...“	
„... man es schon bei einem Linienflug aus dem Fenster sehen kann; der Horizont kann nicht von einem Objekt über eine größere Strecke abgesteckt werden“	Argumente mit Flügen per Flugzeugen sind bei den Vertretern der „Flat Earth“-Theorie eher schwierig, da sie nicht zwingend aus dem Fenster schauen (Andrei, 2017), oder Phänomene wie Flugrouten auf Großkreisen bei Langstreckenflügen nicht akzeptieren, bzw. umdeuten (The Flat Earth Wiki, 2022).
„... Fotos aus dem Weltall den Erdball zeigen“	Die „Flat Earth“-Theorie geht häufig einher mit Verschwörungstheorien gegenüber Organisationen aus Politik und Wissenschaft wie bspw. der NASA. Entsprechend werden solche Fotos nicht als wahr angesehen, was dazu führt, dass im Eigenbau Raketen konstruiert und geflogen werden (Hegmann, 2020). Zudem ist es für Einzelpersonen, vermutlich insbesondere für „Flat Earthers“, häufig schwierig als Astronaut oder Kosmonaut selbst Teil eines Weltraumprogramms zu werden.
„... die Erdanziehung gemessen und bestätigt wurde, es somit klar ist, warum wir nicht von der Erde herunterfallen oder Wasser von der Erde abläuft“	Dieses Argument hängt davon ab, ob man klassische physikalische Theorien und Überlegungen akzeptiert und versteht (Andrei, 2017).
„... kein Objekt – also auch keine flache Erde – kontinuierlich beschleunigt werden kann, da spätestens die Lichtgeschwindigkeit ein oberes Limit ist“	Auch das Limit der Lichtgeschwindigkeit ergibt sich daraus, dass man die Relativitätstheorie von Einstein akzeptiert. Eine Frage ist tatsächlich, je nachdem wann man diese Weltbilder diskutiert, ob auch die Lernenden dieses Argument nachvollziehen können, ansonsten bleibt es bei einer Begründung durch Autorität des Lehrenden.
„... die Bewegung der Erde und Planeten um die Sonne wissenschaftlich belegt und berechnet wurde; ebenso: Satelliten um die Erde (wie soll ein geostationärer Satellit bei einer flachen Erde am Himmel bleiben?)“	Dieses Argument basiert wie beide vorherigen auf der Annahme, dass „wissenschaftliche Forschung wohl richtig sei“. Die geklammerte Frage ist ebenso nur verständlich, wenn man vom Trägheitsgesetz und der radialen Richtung der Schwerkraft der Erde ausgeht.

verstanden wird. Dann um eine frühere Kritik an der „Flat Earth“-Theorie durch Augustus de Morgan (1863, 1872), der diese Theorien als bedeutender Mathematiker (die de Morgan'schen Regeln der Mengenlehre gehören zum mathematischen universitären Grundwissen) auf interessante und amüsante Weise in seinem Werk „A Budget of Paradoxes“ diskutiert. Zuletzt wird ein Aspekt, nämlich die Bewegung der Erde mit Rückbezug auf antike Quellen diskutiert, die eine ähnliche, aber konträre Begründung für das Fallen von Gegenständen diskutieren.

Auffassungen, Beliefs, Nature of Science und Weltbilder im Allgemeinen

Gerade im Kontext der Didaktik der Physik und der Didaktiken der Naturwissenschaften im Allgemeinen hat sich das Konzept der „Nature of Science(s)“ [NOS] durchgesetzt, um zu beschreiben, welches Wissen, welche Einstellungen und welche Auffassungen die Schüler*innen gegenüber Physik und Naturwissenschaften erwerben sollen. Entsprechend formulieren Lederman et al. (2002, S. 498)

„Typically, NOS refers to the epistemology and sociology of science, science as a way of knowing, or the values and beliefs inherent to scientific knowledge and its development.“

Im gleichen Artikel stellen die Autoren fest, dass in den vergangenen 85 Jahren Bemühungen von fast allen Wissenschaftler*innen, und Vertretern naturwissenschaftlicher Bildung angestellt wurden, entsprechende Sichtweisen in diesem Kontext bei Lernenden zu fördern. Dabei spielen Aspekte wie die empirische Natur von (natur-)wissenschaftlichem Wissen, mit Bezug zur Unterscheidung von Beobachtung, Schlussfolgerung und theoretischer Aspekte, wissenschaftliche Theorien und Gesetze, kreative und imaginative Momente, der theoretische Gehalt naturwissenschaftlicher Begriffe und beobachteter Phänomene sowie die Eingebundenheit wissenschaftlicher Erkenntnisse in soziale und kulturelle Praktiken eine große Rolle. Besonders interessant für die Diskussion der „Flat Earth“-Theorie sind die ebenfalls von Lederman et al. (2002) genannten Sichtweise auf die *Nature of Science*, die in einem Aufräumen mit dem „Mythos der wissenschaftlichen Methode“ sowie der Kenntnis über tentative Natur wissenschaftlicher Erkenntnis deutlich werden. In der Auseinandersetzung mit diesen Methoden wird zwar festgestellt, dass es relevante wissenschaftliche Methoden und Praktiken gibt, diese aber nicht zwingend zu sicheren und immerwährenden Antworten auf wissenschaftliche Fragestellungen und damit auch nicht zu sicherem und wahren Wissen

führen, sondern, dass es vielmehr zur guten wissenschaftlichen Kultur gehört, das Wissen einer Disziplin durch Hinterfragen, Anwenden und Erweitern der Theorien und Methoden weiterzuentwickeln.

Umso schwerwiegender und problematischer erscheint es, dass die „Flat Earth“-Theorie, entgegen der Bemühung einer Förderung aufgeklärter Auffassungen von Naturwissenschaften, in den vergangenen 5 Jahren einen solchen Aufschwung erfahren hat.

Ein Grund liegt vermutlich darin, dass Auffassungen recht stabil sind (Gri-gutsch et al., 1998; Schoenfeld, 1985), weshalb Goldin et al. (2009, S. 8) folgenden Unterschied, oder zumindest Reibungspunkte zu Lernprozessen aufzeigen, die u. a. solche adäquaten Vorstellungen zu NOS fördern sollen:

„Learning itself is seen as fundamentally a process of change in internal mental states. To become accommodated to new insights or new perspectives is one of the challenges posed in a learning situation. These processes then come into conflict with beliefs, since in this context beliefs (like attitudes) may be relatively stable and resistant to change.“

Ein weiterer Grund liegt möglicherweise darin, wie sich solche Auffassungen entwickeln, und warum überhaupt bei der „Flat Earth“-Theorie von einer Auffassung gesprochen werden sollte. Es handelt sich nämlich nicht um eine geschlossene Theorie, vielmehr scheinen die Vertreter der „Flat Earth“-Bewegung nicht nur aktuelle physikalische und geografische Grundannahmen abzulehnen, sondern zusätzlich einige politische und gesellschaftliche Institutionen. Umso interessanter ist es, dass sie dennoch Mathematik benutzen. Fast so, als würden sie die Worte Einsteins (1921, S. 3) aus seinem Vortrag „Geometrie und Erfahrung“ kennen und entsprechend teilen:

„die Mathematik genießt vor allem in anderen Wissenschaften aus einem Grund ein besonderes Ansehen; ihre Sätze sind absolut sicher und unbestreitbar, während je alle anderen Wissenschaften bis zu einem gewissen Grad umstritten und stets in Gefahr sind durch neu entdeckte Tatsachen umgestoßen zu werden. Trotzdem brauchte der auf einem anderen Gebiet erforschte den Mathematiker noch nicht zu beneiden, wenn sich seine Sätze nicht auf Gegenstände der Wirklichkeit, sondern nur auf solche unserer bloßen Einbildung bezögen. Denn es kann nicht wundernehmen, wenn man zu übereinstimmenden logischen Folgerungen kommt, nachdem man sich über die fundamentalen Sätze (Axiome) sowie über die Methoden geeinigt hat, vermittels welcher aus diesen fundamentalen Sätzen andere Sätze abgeleitet werden sollen. Aber jenes große Ansehen der Mathematik ruht andererseits darauf, daß die Mathematik es auch ist, die den exakten Naturwissenschaften ein gewisses Maß von Sicherheit gibt, die sie ohne Mathematik nicht erreichen könnten.“

Somit kann Mathematik gegebenenfalls nicht als zwingend verbindendes, aber vielleicht doch als gemeinsam genutztes Element der „Flat Earther“ und der Naturwissenschaftler angesehen werden, das beide Gruppen zur Begründung ihrer jeweiligen „Theorien“ nutzen. Eine gemeinsame Basis ist hierbei insofern notwendig, da sie das Potenzial hat, gemeinsame Perspektiven auf Theorien, Phänomene und Deutung dieser Ergebnisse in Interaktionen zu ermöglichen. Denn soll sich eine Auffassung ändern, kann dies nur durch Änderung oder Wechsel der aktivierte subjektiven Erfahrungsbereiche (SEB) ermöglicht werden, insbesondere dann, wenn man Auffassungen als Äquivalenzklassen subjektiver Erfahrungsbereiche (SEB) versteht (Stoffels, 2020). Mathematik bietet, wie Einstein im obigen Zitat beschreibt, seit jeher ein solches System einer gemeinsamen Basis. Selbst dann, wenn die Auffassungen von Mathematik und deren Fundament, wie während der Grundlagenkrise zu Beginn des 20. Jahrhunderts unsicher erscheinen, was folgendes Zitat über Poincaré und Hilbert aufzeigt:

„Despite the deep differences in their philosophical views, Poincaré and Hilbert came to the same conception of the axioms of geometry“ (Fontanella, 2019, S. 168)

Ein „Flat Earth“-Weltbild?

Entsprechend der obigen Klassifizierung des „Flat Earth“-Weltbilds als Auffassung, stellen sich folgende Fragen: Wie hat sich die, in der heutigen Zeit in der Diskussion stehende, „Flat Earth“-Theorie entwickelt? Gibt es nur eine „Flat Earth“-Theorie und falls nein, hinsichtlich welcher Aspekte unterscheiden sich die jeweiligen „Flat Earth“-Theorien? Entsprechend wird im Folgenden zunächst die im aktuellen Fokus stehende „Flat Earth“-Theorie betrachtet. Dann ein Rückblick auf die bereits in vorigen Jahrhunderten geführte „Flat Earth“-Diskussion gegeben. Den Abschluss dieses Abschnitts bildet die Diskussion der Theorie von der Kugelgestalt der Erde der antiken Griechen, die aber weitere Annahmen in den damaligen wissenschaftlichen Diskurs gebracht haben, die aktuellen Annahmen der „Flat Earth“-Theorie entsprechen.

„Flat Earthers“ im Kontext von Social-Media und Fake News

Bereits in der Einleitung und auch in der Diskussion des Schulbuchtextes wurde darauf eingegangen, dass die aktuelle „Flat Earth“-Bewegung insbesondere durch Social-Media ihre Anhänger vernetzt und so eine höhere Aufmerksamkeit erhalten hat. Bekannt sind aktuell vor allem zwei Zusammenschlüsse. Einerseits die sogenannte „The Flat Earth Society“, die auf Samuel Rowbotham (2023) zurückgeht