

Komorek, Michael; Tischer, Jonas; Bliesmer, Kai

Vertieftes Schulwissen als Fokus der Wissensvernetzung. Die Rolle von Sachstrukturdiagrammen im Fach Physik

Wehner, Antje [Hrsg.]; Masanek, Nicole [Hrsg.]; Hellmann, Katharina [Hrsg.]; Heinz, Tobias [Hrsg.]; Grospietsch, Finja [Hrsg.]; Glowinski, Ingrid [Hrsg.]: *Vernetzung von Wissen bei Lehramtsstudierenden. Eine Black-Box für die Professionalisierungsforschung?* Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2024, S. 196-208



Quellenangabe/ Reference:

Komorek, Michael; Tischer, Jonas; Bliesmer, Kai: Vertieftes Schulwissen als Fokus der Wissensvernetzung. Die Rolle von Sachstrukturdiagrammen im Fach Physik - In: Wehner, Antje [Hrsg.]; Masanek, Nicole [Hrsg.]; Hellmann, Katharina [Hrsg.]; Heinz, Tobias [Hrsg.]; Grospietsch, Finja [Hrsg.]; Glowinski, Ingrid [Hrsg.]: *Vernetzung von Wissen bei Lehramtsstudierenden. Eine Black-Box für die Professionalisierungsforschung?* Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt 2024, S. 196-208 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-317694 - DOI: 10.25656/01:31769; 10.35468/6118-10

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-317694>

<https://doi.org/10.25656/01:31769>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<http://www.klinkhardt.de>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work or its contents. You are not allowed to alter, transform, or change this work in any other way.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Michael Komorek, Jonas Tischer und Kai Bliesmer

Vertieftes Schulwissen als Fokus der Wissensvernetzung – die Rolle von Sachstrukturdiagrammen im Fach Physik

Zusammenfassung

Im Oldenburger Modul *Experimentalpraktikum mit Berufsbezug* entwickeln angehende Physiklehrkräfte die Kompetenz, selbstständig zu experimentieren und Experimentiersequenzen für Schüler*innen zu entwerfen. Die Studierenden transformieren dabei *universitäres Fachwissen* (*Content Knowledge*, CK), das sie in Fachveranstaltungen aufgebaut haben, in ein *vertieftes Schulwissen*, das Grundlage für Unterrichtsprozesse ist. In diese Transformation fließt das bereits verfügbare individuelle fachdidaktische Wissen (*Pedagogical Content Knowledge*, PCK) der Studierenden ein, das zugleich durch das Transformieren erweitert und vertieft wird. Die Neuorganisation von fachlichem Wissen auf Grundlage von fachdidaktischem Wissen stellt somit eine spezifische Form der Vernetzung beider Wissensbereiche aufseiten der Studierenden dar. Die Notwendigkeit dafür liegt für die Studierenden darin, erfolgreich eigene Experimentierprozesse zu durchlaufen und Experimentiersequenzen für Schüler*innen zu entwickeln. Als methodisches Element nutzen die Studierenden beim Transformieren sogenannte Sachstrukturdiagramme.

Keywords: Vertieftes Schulwissen, Sachstrukturdiagramm, Experimentalpraktikum, universitäres Wissen, Elementaria

Abstract

Within the university module “school-related experimental internship”, pre-service physics teachers develop their ability to experiment independently and to design experiment-based teaching-learning-sequences for pupils. The students transform their content knowledge (CK) learned in university lessons into content knowledge for school lessons. In doing so, they use their available pedagogical content knowledge (PCK) and expand and deepen it by transforming the content knowledge. The application of PCK to CK represents a specific form of networking of both areas of knowledge. The students use subject structure diagrams as a methodical element in the transformation. This approach is necessary to enable pre-service teachers to design school lessons.

Keywords: Pedagogical Content Knowledge

1 Problemlage

Die Kohärenz der Studienanteile im Physik-Lehramtsstudium zu erreichen, ist keine triviale Aufgabe. Denn hinter den Studienanteilen stehen Akteur*innen mit unterschiedlichen Forschungs- und Bildungstraditionen, die verschiedene Vorstellungen davon haben, was gute Lehrkräftebildung ausmacht. Erziehungswissenschaftler*innen, Pädagog*innen und Physiker*innen in der Physik-Lehrkräftebildung entstammen unterschiedlichen Denktraditionen und verfügen über diverse subjektive Überzeugungen davon, wie die Professionalisierung von Lehrkräften strukturiert sein sollte. Auch nutzen sie unterschiedliche Wissensbestände. Nun ist es einerseits gut, dass Studierende unterschiedliche Denktraditionen und Forschungsparadigmen kennenlernen, allerdings erschweren die genannten Unterschiede die Kommunikation zwischen den Akteur*innen und den Prozess der Verzahnung zwischen bildungswissenschaftlichen, fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Anteilen.

Zwar ist in einem wissenschaftlichen Studium zu verlangen, dass es die Studierenden selbst sind, die die Vernetzungsleistung hinsichtlich der unterschiedlichen Ansätze, Denktraditionen und Wissensbestände erbringen. Und eine gelungene Verzahnung auf der Angebotsseite soll nicht bedeuten, dass man die Studierenden von der Aufgabe der Vernetzung gänzlich entlastet (was im konstruktivistischen Sinne auch nicht ginge). Aber es besteht die grundlegende Aufgabe für die Verantwortlichen, die Studierenden in ihren Vernetzungsprozessen optimal zu unterstützen (vgl. Modell der zyklisch-adaptiven Professionalisierung; Komorek et al., 2023). Die Frage ist also, wie im Sinne eines Angebots-Nutzungs-Modells (Hellmann et al., 2021) die Verzahnung (Angebotsseite) so angelegt werden kann, dass die Vernetzung (Nutzungsseite) bei einem guten Verhältnis von Fordern und Fördern gelingt.

Dieser Beitrag fokussiert sich auf die Verzahnung zwischen Fachwissenschaft (Physik) und Fachdidaktik (Physikdidaktik). Aus einer gewissen Distanz heraus betrachtet, würde man hier ggf. weniger Probleme erwarten als zwischen Fach/Fachdidaktik auf der einen Seite und Bildungswissenschaft auf der anderen. Denn die Akteure haben oft eine ähnliche Sozialisation durchlaufen und hantieren mit den gleichen Wissensbereichen, nämlich dem Wissen und den Methoden der Physik. Tatsächlich zeigen sich zahlreiche Verzahnungsprobleme, die zu gravierenden Vernetzungsproblemen der angehenden Physik-Lehrkräfte führen. Ein Grund ist, dass die fachphysikalischen Veranstaltungen (Vorlesungen der Experimentalphysik, Übungen dazu, Mathematische Methoden der Physik, experimentelles Praktikum) den Großteil des Bachelorstudiums und damit der Aufmerksamkeit der Studierenden auf sich ziehen. Diese Veranstaltungen sind vor allem auf ein fachwissenschaftliches Studium ausgelegt. Das zeigt sich daran, dass es in diesen Veranstaltungen keine Elemente gibt, die Lehramtsstudierende explizit

darin unterstützen, wie die thematisierten Wissensbestände später Gegenstände einer Vermittlung (insbesondere in der Schule) werden und wie diese in Anwendungskontexte eingebettet werden können. Hintergrund ist eine große, historisch gewachsene Stärke, die die Physik kennzeichnet: ihre gelungene Dekontextualisierung. Unterschiedliche Phänomene, technische Situationen und Anwendungen lassen sich mit denselben physikalischen Gesetzen fassen. Die physikalischen Wissensbestände sind viel stärker dekontextualisiert als etwa die der Biologie, geschweige denn jene der Geistes- und Sozialwissenschaften. Diese Stärke der Physik kennzeichnet die Physikveranstaltungen, die Sachstrukturen weitgehend dekontextualisiert präsentieren; sie erweist sich aber im Schulunterricht und anderen Vermittlungssituationen als Schwäche. Denn der dekontextualisierte Ansatz der Physik demotiviert die meisten Schüler*innen, wenn sie keinen Bezug zu ihrem Alltag oder zu Anwendungen in Technik, Gesellschaft oder anderen Wissenschaften herstellen können. Physik als Vorlesung und Physik als Unterricht verfolgen also unterschiedliche Logiken, deren Diskrepanzen in den Fachveranstaltungen der Physik-Lehrkräftebildung nicht thematisiert werden. Dies wäre möglich in einem Studium ‚sui generis‘, also einem mit eigens für das Lehramt konzipierten Fachveranstaltungen (vgl. ‚Großmannpapier der DPG‘; DPG, 2006). Ein solches Studium ist aber kaum realisiert (DPG, 2023).

2 Sachstrukturdiagramme als Instrument, das die Vernetzungsleistung von Studierenden unterstützt

In Oldenburg gibt es in den ersten zwei Studienjahren keine Physik-Fachveranstaltung, die spezifisch für das Lehramt (‚sui generis‘, vgl. DPG, 2006, 2014) konzipiert ist und damit über die Fachphysik hinausweist; somit werden die Studierenden in der Vernetzung von Fachwissen und fachdidaktischem Wissen zunächst wenig unterstützt. Das von der Physikdidaktik verantwortete Pflichtmodul *Experimentalpraktikum mit Berufsbezug* greift diese Problematik auf. Im dritten Studienjahr gelegen, verfolgt es mehrere Ziele: Angehende Physiklehrkräfte sollen sich darin üben, Experimente zu entwerfen und selbständig zu experimentieren. Und sie sollen Experimentiersequenzen entwickeln, die Schüler*innen zum Experimentieren motivieren, indem die Sequenzen problemlöseorientiert sind und anregende Kontexte nutzen. Um diese Ziele zu erreichen, fokussiert das Modul auf die Transformation *universitären Fachwissens* (aus Vorlesungen zur Experimentalphysik) in ein *vertieftes Schulwissen*, wie die Studierenden es in ihrem späteren Beruf benötigen. Durch diese sehr konkrete Transformationsaufgabe, die die Studierenden selbst bearbeiten sollen, erweitern sie ihre fachdidaktische Sicht auf das fachlich-physikalische Wissen.

2.1 Physikwissen ist nicht gleich Physikwissen

Im Modul sollen die Studierenden dafür sensibilisiert werden, dass es je nach ‚Einsatzzweck‘ verschiedene Repräsentationen physikalischen Wissens mit unterschiedlichen Gewichtungen und Betonungen gibt (Riese et al., 2015). Zudem soll ihnen bewusstwerden, dass die Strukturierung von Wissen bestimmten Normen unterliegt, also etwa bildungspolitischen und gesellschaftlichen Entscheidungen darüber, was man wissen *soll*. Im Kontext des Physik-Lehramtsstudiums sind folgende Unterscheidungen notwendig und werden im Studienmodul thematisiert.

- **Schulwissen.** Mit dem physikalischen *Schulwissen* ist dasjenige Wissen gemeint, das durchschnittliche Schüler*innen z.B. am Ende der Sekundarstufe I erworben haben sollen. Es umfasst physikalische Inhalte, die Bestandteile der schulischen Curricula sind (Krauss et al., 2008). Die Normen, die hier gelten, sind die unterschiedlichen Kerncurricula der Bundesländer für die jeweiligen Klassenstufen.
- **Universitäres Wissen.** Dieses umfasst physikalische Inhalte und Darstellungen der Fachwissenschaft Physik und liegt z.B. den Modulen zur Experimentalphysik oder Prüfungen im Physikstudium zugrunde (Enkrott, 2021, zur Entwicklung fachlichen Wissens von Physik-Lehramtsstudierenden). Es ist weitgehend konsistent und durchgängig dekontextualisiert. Das universitäre Wissen unterscheidet sich wesentlich vom Schulwissen, denn es werden andere Begriffe und Konzeptualisierungen sowie andere Arten der Mathematisierung und Modellierung genutzt. Es geht über das für Schüler*innen aufbaubare Wissen deutlich hinaus. Die Normen sind hier durch die Curricula unterschiedlicher Physikstudiengänge und auch die Kulturen bestimmter Sparten der Wissenschaft gegeben.
- **Vertieftes Schulwissen.** Das *vertiefte Schulwissen* hat enge Verknüpfungen mit den beiden anderen Wissensformen, kann jedoch als eigenständiges Wissen angesehen werden. Wie Heinze et al. (2016) zumindest für den Bereich der Mathematik darstellen, ist dieses Wissen („schulbezogenes Fachwissen“) auch ein empirisch valides Konstrukt. Es ist das Wissen, das Lehrkräfte benötigen, um Physikunterricht oder andere physikalische Lernsituationen zu gestalten (Ball et al., 2008). Es umfasst Konzepte, Darstellungen und Formulierungen der anderen Wissensarten, um zu einer tiefen Durchdringung und Reflexion von Physik zu gelangen (Woitkowski & Borowski, 2017). Hinzu kommt aber prozedurales Wissen, wie physikalische Gesetze und Prinzipien hergeleitet werden, wie Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikalischer Konzepte dargestellt werden können oder wie die Grenzen physikalischer Modelle thematisierbar sind. Auch spielt Wissen über Kontexte, in denen fachliches Wissen Bedeutung hat, eine

Rolle sowie Wissen darüber, wie Schüler*innen durch Experimentieren zu Erkenntnissen gelangen und ihre fachbezogenen Vorstellungen weiterentwickeln (Schecker et al., 2018). Normen für das vertiefte Schulwissen sind vor allem Verordnungen der Länder für die Lehrkräftebildung.

Das vertiefte Schulwissen stellt also eine spezifische Form des Physikwissens dar. Die Studierenden müssen das in Fachveranstaltungen erworbene universitäre Fachwissen hin zum vertieften Schulwissen transformieren. Man könnte sich fragen, ob es nicht die Aufgabe der Fachveranstaltungen sei, bereits das vertiefte Schulwissen zu vermitteln. Dieses müsste dann zuvor von der Physikdidaktik entwickelt worden sein. Aber erstens gibt es keinen Standort, der durchgängig Physik-Veranstaltungen eigens für das Lehramt vorhält, welche schon auf dem vertieften Schulwissen basieren könnten (Physik-Lehramtsstudie, DPG, 2023). Und zweitens sollen die Studierenden fähig sein, vertieftes Schulwissen *selbst* zu konstruieren. Grund ist, dass sie in der späteren Berufspraxis neue fachliche Inhalte, die ihr Studiums heute noch nicht thematisiert, für den Unterricht aufbereiten können sollen. Die Fähigkeit der Transformation von Wissen für Zwecke der Vermittlung kann somit als wichtiger Teil der Profession angesehen werden. Es ist zudem anzunehmen, dass die Studierenden im Prozess der Transformation, bei der sie fachdidaktisches Wissen auf fachwissenschaftliches Wissen anwenden (und dadurch beide Wissensformen vernetzen), gerade dieses fachdidaktische Wissen erweitern und vertiefen.

Fachdidaktische Module haben am Ende der Bachelorphase eine zentrale Funktion für die Professionalisierung: Hier werden fachliche Inhalte aufgegriffen, mit Wissen z. B. über Schülervorstellungen, Kontexte, Aneignungsmethoden ergänzt und in Abhängigkeit von der angezielten Klassenstufe in das vertiefte Schulwissen transformiert. Bestimmte universitäre Wissens Elemente treten in den Hintergrund. Ein Beispiel: Es muss kein Bezug zu den ‚Maxwellgleichungen‘ der Elektrodynamik hergestellt werden, wenn in der Oberstufe der ‚Hall-Effekt‘ thematisiert wird, auch wenn die Maxwellgleichungen essenziell für die fachliche Sachstruktur der Elektrodynamik sind. Somit erarbeiten die Studierenden Wissen, das durch eine gewisse fachliche Reduktion gekennzeichnet ist und eine geringere Komplexität als das universitäre Fachwissen aufweist, das aber auch komplexer ist, weil fachdidaktische Wissens Elemente hinzukommen. Diese Transformation ist also im engeren Sinne eine Neuordnung und Neugewichtung von Wissen, was auch als ‚Re-Konstruktion‘ für die adressatengerechte und sachgerechte Vermittlung interpretiert werden kann (Modell der Didaktische Rekonstruktion; Duit et al., 2012). In Abbildung 1 ist dieser transformative Prozess symbolisch dargestellt.

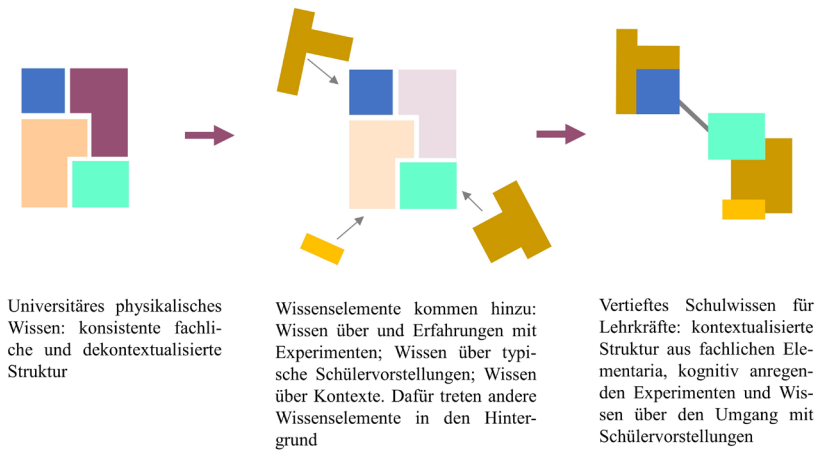


Abb. 1: Symbolhafte Darstellung der Transformation universitären Fachwissens hin zum vertieften Schulwissen; im Zuge dieser Transformation setzen Studierende ihr verfügbares fachdidaktisches Wissen ein und erweitern und vertiefen es dabei (eigene Darstellung)

2.2 Sachstrukturdiagramme

Wissen ist zunächst etwas Abstraktes. Die Darstellung in Abbildung 1 versucht, den abstrakten Prozess der Wissenstransformation bildhaft darzustellen. Differenziert man Abbildung 1 weiter aus, kommt man zu sogenannten Sachstrukturdiagrammen (Brückmann, 2009), die Studierenden dabei helfen sollen, Wissensstrukturen anschaulich darzustellen. Mit ihnen lässt sich Wissen visualisieren, indem die zentralen Grundideen und Konzepte eines Themenfelds und die Beziehungen dazwischen grafisch (vereinfacht) dargestellt werden. Im Prinzip lassen sich für jede der genannten Wissensformen Sachstrukturdiagramme erstellen: Ein Sachstrukturdiagramm für das *universitäre Wissen* umfasst die zentralen fachlichen Konzepte, die ‚Elementaria‘ (Bleichroth, 1991) des fachlichen Wissens, also fachliche Begriffe, Gesetze, Prinzipien und die Beziehungen dazwischen. Vereinfacht gesagt, ist ein solches Sachstrukturdiagramm die Visualisierung des Wissens der Hochschullehrbücher. Ein Sachstrukturdiagramm für das *Schulwissen* bildet das Wissen ab, das Schüler*innen aufbauen sollen und zeigt, was Curricula oder Physik-Schulbücher als Wissen für Schüler*innen vorhalten. Ein solches Sachstrukturdiagramm wäre fachlich einfacher als eines zum *universitären Wissen*, allerdings wäre es angereichert um Anwendungskontexte, historische Aspekte (z. B. über narrative Anker) oder gesellschaftliche Dilemmata, um Schüler*innen zu verdeutlichen, wie das Wissen entstanden ist und wofür es benötigt wird.

Ein Sachstrukturdiagramm für das *vertiefte Schulwissen* stellt Wissen dar, das Lehrkräfte in einem Inhaltsbereich benötigen, um Unterricht oder andere Lernsequenzen zu gestalten. Es umfasst deshalb Elementaria (grundlegende Prinzipien, Gesetze, Axiome) sowohl der universitären als auch der schulischen Wissensstruktur. Hinzu kommen Informationen über Kontextbezüge, in denen die Elementaria eine Bedeutung haben, zentrale Experimente, die bei Schüler*innen bestimmte Handlungen und Denkprozesse auslösen, sowie Wissen über typische fachbezogene Vorstellungen und Vorwissen der Schüler*innen zum Themenfeld und Überlegungen dazu, wie Schüler*innen fachliches Wissen aufbauen, Modelle anwenden und experimentelle Fähigkeiten entwickeln. Dabei ist bei der Entwicklung vertieften Schulwissens wichtig zu berücksichtigen, um welche Zielgruppe (Klassenstufe) es im Vermittlungsprozess gehen soll.

Die Sachstrukturdiagramme im Modul *Experimentalpraktikum mit Berufsbezug* sollen folgende kognitive Prozesse anregen: Bei der *Entwicklung* eines Sachstrukturdiagramms müssen sich Studierende Gedanken dazu machen, welche elementaren Grundideen sie herausarbeiten wollen. Dies ist einerseits ein analytisches Vorgehen, indem sie das universitäre Wissen daraufhin prüfen, welche Elemente für den Vermittlungsprozess relevant sind. Andererseits ist dies ein konstruktiver Prozess, indem Vermittlungsziele und Lernvoraussetzungen der Schüler*innen die Entwicklung der Grundideen (Elementaria) mitbestimmen. Es geht also um die Anwendung fachdidaktischen Denkens und Wissens auf fachliches Wissen; diese Anwendung soll hier als Vernetzung interpretiert werden. Als ein *Produkt* helfen Sachstrukturdiagramme den Studierenden, diese Anwendung grafisch zu repräsentieren und Wissens Elemente benennbar zu machen. Das Diagramm ist dann Ausgangspunkt, um Experimentiersequenzen für Schüler*innen der angedachten Klassenstufe zu entwickeln. Es ist dann eine Zusammenführung fachlicher Inhalte mit Kontexten (des Alltags), mit fachbezogenen Vorstellungen von Schüler*innen, mit typischen (Schul-)Experimenten und mit adressatengerechten Unterrichtsmethoden.

2.3 Fokus Experimente im Sachstrukturdiagramm

Im Modul *Experimentalpraktikum mit Berufsbezug* sollen die Sachstrukturdiagramme einen besonderen Schwerpunkt bei den eingesetzten Experimenten und bei den Experimentierprozessen der Studierenden und der Schüler*innen haben (zur Bedeutung des Experiments im Physikunterricht (s. Kircher et al., 2019). Um die Diagramme anzufertigen, müssen die Studierenden selbst experimentieren. Ihre Experimentiererfahrungen sollen im Diagramm ihren Niederschlag finden. Dazu gehören folgende Überlegungen:

- Welchen Ausschnitt des universitären Wissens repräsentiert das Experiment? Welches physikalische Phänomen zeigt sich bzw. lässt sich mit dem Experiment untersuchen? Wie ist der fachliche Bezug mehrerer Telexperimente zueinander?

- Was genau zeigt das Experiment, wie kann es den Erkenntnisprozess unterstützen und wo liegen seine Grenzen? Wie ist also der Bezug des Experiments zu einer Gesetzmäßigkeit, zu einem Phänomen und zu einem physikalischen Prinzip?
- Welche kontextuelle Bedeutung hat das Experiment/haben die Experimente historisch (wie ist man mit ihm/ihnen zu einer Erkenntnis gekommen?) und heutzutage (z. B. wo wird es technisch genutzt?)?
- Welche kognitiven Prozesse werden durch den apparativen Aufbau, die Durchführung und die Auswertung des Experiments unterstützt oder ggf. gehemmt? Wie beeinflussen diese Erfahrungen die Erstellung des Sachstrukturdiagramms?
- Welche fachbezogenen Schülervorstellungen (s. Schecker et al., 2018) werden durch das Experiment herausgefordert, infrage gestellt oder stabilisiert?
- Welche zunächst aus fachlichen Gesichtspunkten als wichtig erachteten fachlichen Elementaria treten in der Sachstruktur für das vertiefte Schulwissen zurück, welche neuen kommen ggf. hinzu?

2.4 Schülervorstellungen im Sachstrukturdiagramm

Da jeder Lehrprozess von den fachbezogenen Vorstellungen von Schüler*innen ausgehen muss, spielen sie im Sachstrukturdiagramm eine wichtige Rolle. Zumindest in den Begründungen der Diagramme sollen sich die Studierenden auf typische Schülervorstellungen (Schecker et al., 2018) beziehen. Die Studierenden sollen für den Themenbereich eines Experimentiertags die herausgearbeiteten Elementaria und relevante Schülervorstellungen aufeinander beziehen: Was an der Vorstellung ist fachlich korrekt? Wo stößt eine Alltagsvorstellung an Grenzen? Was ist die Quelle für die Vorstellung (Alltagssprache, Körpererfahrung, ...)? Anschließend sollen die Studierenden eine passende Strategie im Umgang mit den Schülervorstellungen wählen; entweder eine Aufbaustrategie (Anknüpfen, Umdeuten) für einen kontinuierlichen Lernweg oder eine Konfliktstrategie für diskontinuierliche Lernwege (hier sollen sie das fachdidaktische Wissen aus der Didaktik-Grundvorlesung *Physik lernen und lehren* heranziehen). Die Studierenden sollen herausstellen, welche Rolle die Experimente bei der Berücksichtigung von Schülervorstellungen spielen können.

2.5 Zusammenführung im Sachstrukturdiagramm

All diese Überlegungen werden nun im Sachstrukturdiagramm zusammengeführt. Die Studierenden begründen das entstandene Diagramm schriftlich. Abbildung 2 zeigt ein Beispieldiagramm für den Themenbereich Luft. Die grafischen Elemente des Diagramms sind die herausgearbeiteten fachlichen Elementaria, die ergänzt werden durch elementare qualitative und quantitative Gesetzmäßigkeiten, durch relevante (Anwendungs-)Kontexte bzw. Einsatzgebiete sowie durch die Experimente, die am Praktikumstag angeboten oder von den Studierenden selbst

entworfen werden. Das Sachstrukturdiagramm ist somit die grafische Repräsentation der Anwendung fachdidaktischen Wissens auf fachliches Wissen, was hier als Vernetzung dieser Wissensformen verstanden wird.

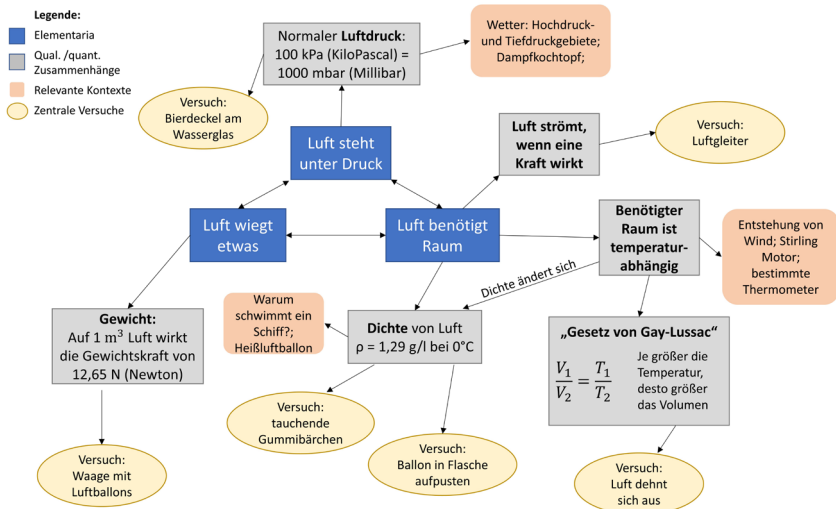


Abb. 2: Sachstrukturdiagramm zum Thema Luft für Klassenstufe 9/10 (eigene Darstellung)

3 Sachstrukturdiagramme als diagnostisches Instrument

Die Hypothese hinter dem Ansatz des Moduls ‚Experimentalpraktikum‘ ist, dass die physikalische Experimentierumgebung und die grafische Repräsentation von Wissen in Form von Sachstrukturdiagrammen es den Studierenden erlauben, ihr noch wenig reflektiertes fachphysikalisches Wissen in ein vertieftes Schulwissen zu transformieren und somit ihr Professionswissen (Baumert & Kunter, 2006) zu erweitern. Um diese Hypothese zu prüfen, liegen als Datenmaterial die Ausarbeitungen der Studierenden vor. Zu jedem Praktikumstag ist eine Ausarbeitung anzufertigen. Sie umfasst die Beschreibung der Experimente, deren Auswertungen und einen Erfahrungsbericht über die eigenen Experimentierschwierigkeiten. Darauf aufbauend entwerfen die Studierenden das Sachstrukturdiagramm und begründen es aus fachdidaktischer Perspektive. Schließlich gehört auch die Skizzierung einer Experimentiersequenz für Schüler*innen zur Ausarbeitung. Bei der qualitativen Analyse der Ausarbeitungen aus dem WiSe 22/23 fallen folgende Aspekte auf:

- Einem Großteil der Studierenden fällt es zumindest anfangs sehr schwer, den veränderten Modus des *Experimentalpraktikums mit Berufsbezug* gegenüber rein fachbezogenen Physikpraktika („Grundpraktika“) zu erfassen. Zu sehr sind diese

Studierenden der Logik der Grundpraktika verhaftet, bei denen Experimentalaufbauten vorgegeben sind, mit denen sie physikalisch ‚richtige‘ Ergebnisse reproduzieren sollen. Ein Hinterfragen der fachlichen Sachstruktur ist in den Grundpraktika nicht gefordert. Aufgrund dieser Vorprägung ist es für die Studierenden schwierig, ihre Perspektive zu weiten und die Experimente als einen Weg zu nutzen, um über Sachstrukturen nachzudenken. In den ersten Ausarbeitungen im Semester beschränken sich die Studierenden darauf, wie in den Grundpraktika die Durchführung und Auswertung der Experimente zu beschreiben und einleitend Lehrbuchwissen zu referieren. Die Sachstrukturdiagramme stellen anfangs meist ein Netzwerk von Formeln oder einzelnen Stichworten dar. Elementare Grundideen, Prinzipien oder fachliche Konzepte in Form von Aussagen fehlen meist. Die Studierenden begründen das Diagramm rein von der innerwissenschaftlichen Bedeutung her; fachdidaktische Begründungen fehlen noch weitgehend.

- Dass die Studierenden bei der Erstellung der Sachstruktur selbst (begründete) Entscheidungen darüber treffen dürfen, welcher fachliche Zusammenhang mit Blick auf welche Zielgruppe als Elementarium definiert wird, stellt für sie anfangs eine Herausforderung dar. Oft taucht die Frage auf, ob das Sachstrukturdiagramm richtig oder falsch sei. Die passende Frage ist aber, ob das Diagramm fachdidaktisch nachvollziehbar begründet ist. Die Vorstellung, dass fachliches Wissen in seiner Struktur fest und nicht an verschiedene Zwecke anpassbar ist, ist zwar sehr stabil, sie lässt sich aber durch den Ansatz des Experimentalpraktikums revidieren. Im Verlauf des Praktikums gelingt es den Studierenden aber, die Elementaria, für die bestimmte Experimente stehen, in Form von Aussagen herauszuarbeiten (Beispielaussage eines Studierenden im Bereich Magnetismus: *Fließt durch einen Leiter Strom, so erzeugt dieser Strom ein Magnetfeld in der Umgebung des Leiters. Ørsted's Entdeckung*). Die anfängliche Irritation ändert sich gegen Ende des Moduls; manche Studierenden äußern, dass ihnen das Modul ‚die Augen geöffnet‘ habe.
- Die Ausarbeitungen werden von den Dozierenden wöchentlich begutachtet und die Studierenden erhalten ein ausführliches Feedback. Dies bewirkt, dass die Strukturdiagramme im Verlauf des Semesters differenzierter werden; die Vernetzung von fachlichen und fachdidaktischen Aspekten bei den Begründungen der Diagramme nimmt zu. Kontextuelle Bezüge und der explizite Einbezug von Schülervorstellungen werden reichhaltiger. Kontexte und Schülervorstellungen lassen sich dabei nicht nur in den schriftlichen Begründungen der Sachstrukturdiagramme wiederfinden, sondern werden auch Teile der grafischen Darstellung. Insbesondere hat das Nachdenken über die Kontexte bei den Studierenden zur Folge, dass sie fachliche Elementaria und Kontextelemente wechselseitig entwickeln, d.h. im Fachlichen den Kontext erkennen und im Kontext wiederum (andere fachliche) Elementaria (Nawrath, 2010). Das Ziel, dass das eigene Ex-

perimentieren und Überlegungen zum Experimentieren der Schüler*innen eine Wirkung auf die Entwicklung des vertieften Schulwissens haben, wird im Verlaufe des Moduls erreicht.

4 Fazit

Für die Verzahnung von Komponenten in der Lehrkräftebildung ist kein Partner allein zuständig. Dennoch kann insbesondere die Fachdidaktik Maßnahmen ergreifen, die den Studierenden bei ihrer Vernetzungsaufgabe helfen. Die Fachdidaktiken als Disziplinen ‚zwischen den Stühlen‘ bieten Ansätze der Verzahnung aus sich heraus, weil ihr Kern, bezogen auf das Fach und die Bildungswissenschaften, grundsätzlich interdisziplinär ist. Das Instrument des Sachstrukturdiagramms, wie es hier vorgestellt wurde, kann Studierende unterstützen, universitäres Wissen hin zu einem vertieften Schulwissen zu transformieren, was letztlich eine Vernetzung der fachwissenschaftlichen und der fachdidaktischen Studienanteile bedeutet. Allerdings ist mit dem Einsatz der Diagramme ein Konzeptwechsel bei den Studierenden dahingehend notwendig, was Wissen bedeutet und welche Rolle Experimente dabei spielen. Ein solcher Konzeptwechsel geschieht aber nie ohne Not und nur dann, wenn ein *Benefit* erkennbar ist. Die Erfahrungen zeigen, dass unser Ansatz erfolgreich ist, dass die Studierenden allerdings zunächst eine kognitive Hürde überwinden müssen und anfangs den *Benefit* nicht sehen. Deswegen müssen wir den Ansatz früher im Studium schon vorbereiten, etwa in der Grundvorlesung zur Physikdidaktik. Zudem sollen die Studierenden ihre im Experimentalpraktikum angefertigten Sachstrukturdiagramme im schulischen Fachpraktikum ein Semester später nutzen, um konkreten Unterricht zu planen und umzusetzen. Die Verzahnung der fachdidaktischen Module soll also verbessert werden. Womit deutlich wird, dass die Kohärenz nicht nur *zwischen* den drei Hauptkomponenten des Lehramtstudiums erhöht werden muss, sondern auch *innerhalb* der einzelnen Komponenten. Empirische Studien, inwieweit der hier beschriebene Ansatz die Vernetzungsleistung der Studierenden verbessert, sind nun notwendig und geplant.

Literatur

- Ball, D. L., Thames, M. H. & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik*, 39, 4–11. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34091-1_4
- Brückmann, M. (2009). Sachstrukturen im Physikunterricht. Ergebnisse einer Videostudie. *Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 94*. Logos.

- DPG (Hrsg.) (2006). Thesen für ein modernes Lehramtsstudium im Fach Physik. *Deutsche Physikalische Gesellschaft*.
- DPG (Hrsg.) (2014). Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik. *Deutsche Physikalische Gesellschaft*.
- DPG (Hrsg.) (2023). Das Lehramtsstudium Physik in Deutschland. *Deutsche Physikalische Gesellschaft*.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and learning Science. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe* (pp. 13–37). Sense Publishers.
- Enkrott, P. (2021). *Entwicklung des fachlichen Wissens angehender Physik Lehrkräfte* Dissertation, Universität Potsdam. <https://doi.org/10.25932/publishup-50040>
- Heinze, A., Dreher, A., Lindmeier, A. & Niemann, C. (2016). Akademisches versus schulbezogenes Fachwissen – ein differenzierteres Modell des fachspezifischen Professionswissens von angehenden Mathematiklehrkräften der Sekundarstufe. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 19, 329–349. <https://doi.org/10.1007/s11618-016-0674-6>
- Hellmann, K., Ziepprecht, K., Baum, M., Glowinski, I., Grospietsch, F., Heinz, T., Masanek, N. & Wehner, A. (2021). Kohärenz, Verzahnung und Vernetzung – Ein Angebots-Nutzungs-Modell für die hochschulische Lehrkräftebildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2, 311–332. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31237.42725>
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (2019). *Physikdidaktik*. Springer.
- Komorek, M., Bliesmer, K., Richter, C. & Sajons, C. (2023). Modell adaptiv-zyklischen Forschenden Lernens für die Professionalisierung angehender Physik Lehrkräfte. In H. Rautenstrauch (Hrsg.), *Forschendes Lernen in der Universität – ein fach- und fachrichtungsbezogener Blick auf die Lehrkräftebildung* (S. 202–211). Europa-Universität Flensburg.
- Krauss, S., Neuband, J., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematikdidaktik*, 29(3/4), 223–258. <https://doi.org/10.1007/BF03339063>
- Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. BIS-Verlag.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), *Kompetenzen von Studierenden*, 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik. (S. 55–79). Beltz.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer Spektrum.
- Woitkowski, D. & Borowski, A. (2017). Fachwissen im Lehramtsstudium Physik. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik (Studien zum Physik- und Chemielernen, 200)* (S. 57–7). Logos.

Autoren

Komorek, Michael, Prof. Dr.
Universität Oldenburg

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Didaktische Rekonstruktion, Kontextorientierter Physikunterricht, BNE, empirische Lehr-Lern-Forschung, non-formales Lernen, Lehrkräfteprofessionalisierung
michael.komorek@uni-oldenburg.de
ORCID: 0009-0003-9129-6520

Tischer, Jonas

Universität Oldenburg

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Komplementäre Vernetzung außerschulischer Lernorte,

Integration komplementär vernetzter Formate in die Schule, BNE

jonas.tischer@uni-oldenburg.de

Bliesmer, Kai, Dr.

Universität Oldenburg

Arbeits- und Forschungsschwerpunkte: Physikalische Bildung und Bildung für nachhaltige Entwicklung,

Didaktische Rekonstruktion, Kontextorientierter Physikunterricht, non-formales Physiklernen

kai.bliesmer@uni-oldenburg.de