Beitrag zum Themenschwerpunkt „Zum Status quo von Berufs- und Fachsprachen und ihrer Vermittlung“

Martin Schwichow* und Nadja Wulff

Zwischen Kognition, Wahrnehmung und Sprache: ein Konzept-Repräsentationsmodell zur Vorbereitung auf den sprachsensiblen Physikunterricht

Between cognition, perception and language: A model of concept-representation to facilitate an integrated teaching of language and conceptual understanding in Physics

https://doi.org/10.1515/infodaf-2021-0005

Zusammenfassung: Der Beitrag diskutiert ein Modell zur Analyse der Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen alltags- und fachsprachlichen Repräsentationen physikalischer Konzepte. Auf Grundlage der kognitiven Metapherntheorie (Lakoff/Johnson 2018) gliedert das Modell die Rekonstruktion von Schülervorstellungen in vier Analyseebenen und bereitet Lehrkräfte auf den sprachsensiblen Fachunterricht vor, indem es aufzeigt, wie Reflexion über Alltags- und Fachsprache angeregt und konzeptuelles Lernen gefördert werden kann.

Schlüsselwörter: Alltags- und Fachsprache, Schülervorstellungen, kognitive Metaphern, Physikunterricht

Abstract: The paper discusses a model for analyzing the commonalities and differences between the representation of physical concepts in every-day and technical language. Based on the theory of cognitive metaphors (Lakoff/Johnson 2018) the model organizes the reconstruction of preconceptions in a four-layer process. It supports teachers in reflecting on every-day and technical language

***Kontaktpersonen: Jun.-Prof. Dr. Martin Schwichow,** E-Mail: martin.schwichow@ph-freiburg.de
Jun.-Prof. Dr. Nadja Wulff, E-Mail: nadja.wulff@ph-freiburg.de

and in using language as a resource for conceptual understanding in physics education.

Keywords: every-day and technical language, preconceptions, cognitive metaphors, physics education

1 Einleitung

Fragt man angehende Fachlehrkräfte in fachdidaktischen Lernveranstaltungen, welche Rolle Sprache im Unterricht spiele, besteht Einigkeit darüber, dass Sprache der Kommunikation diene und damit für einen gelingenden Unterricht essenziell sei. Übereinstimmend ist auch die häufig erwähnte Feststellung von Lehramtsstudierenden, die auf die weitere Funktion der Sprache abzielt: Sprache diene der Kognition, denn in der Sprache wird das Wissen verarbeitet, gespeichert und weitergegeben. Damit rückt die Relevanz der sprachlichen Kompetenzen für den Wissenserwerb im Unterricht in den Vordergrund. Auch in der Forschung besteht seit längerer Zeit Konsens darüber, dass (bildungs-)sprachliche Kompetenzen die Wissensaneignung und den Schulerfolg beeinflussen und dass fachliches Lernen mit sprachlichen Fähigkeiten eng verbunden ist (Becker-Mrotzek et al. 2013; Kniffka/Roelcke 2016; Ahrenholz 2018; Ahrenholz et al. 2019; Thürmann/Vollmer 2017).

Bereits 2014 wurde in den Empfehlungen des Ministerrates des Europarates auf die Notwendigkeit eines Fachunterrichts hingewiesen, der die sprachliche Dimension des Lernens berücksichtigt und damit zum Auf- und Ausbau sprachlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern beiträgt (Council of Europe 2014). In den Empfehlungen der Kultusministerkonferenz vom 05.12.2019 wird unter anderem festgehalten, dass sprachliche Bildung als Querschnittsaufgabe und durchgängiges Unterrichtsprinzip in allen Fächern aller an der schulischen Bildung Beteiligten zu verstehen sei, wobei Konzepte zur wirksamen sprachlichen Bildung ein integraler Bestandteil von Unterrichts- und Schulentwicklung sein sollen (Kultusministerkonferenz 2019: 4–7). In der Einleitung zu den 2016 veröffentlichten neuen Bildungsplänen für das Bundesland Baden-Württemberg wird Sprache in Anlehnung an Baumert (2002) als eine der prozessbezogenen Basiskompetenzen und Schule als sprachliche Veranstaltung in allen Fächern verstanden (Pant 2016). Allen diesen Dokumenten ist die Hervorhebung der Rolle der Sprache im Fachunterricht gemein.[1]

1 An dieser Stelle wird nicht näher auf die sprachlichen Anforderungen und Dimensionen des sprachlichen Lernens im Fach eingegangen und auf einschlägige Literatur dazu verwiesen (vgl. Thürmann/Vollmer 2017; Ahrenholz 2018; Kniffka/Roelcke 2016).

Bildungspläne für die einzelnen Fächer thematisieren Sprache beim Wissenserwerb explizit vor allem im Kompetenzbereich Kommunikation. Für das Fach Physik in der Sekundarstufe I heißt es im baden-württembergischen Bildungsplan (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg 2016), dass Schülerinnen und Schüler grundsätzlich dazu befähigt werden sollen, die Fachsprache der Physik angemessen zu verwenden. Dabei sollen sie in die Lage versetzt werden, zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung zu unterscheiden, funktionale Zusammenhänge, zeitliche Abläufe und kausale Zusammenhänge zu verbalisieren. Diese recht abstrakten Formulierungen in den Bildungsplänen geben zwar gewisse Richtlinien vor, beantworten jedoch nicht die Frage, welche sprachlichen Kompetenzen für die Wissensaneignung, das heißt für das fachliche Lernen, besonders relevant sind und vor allem wie sie vermittelt beziehungsweise erworben werden sollen. Besonders für Lehramtsstudierende stellt die Forderung nach Verknüpfen von fachlichem und sprachlichem Lernen eine Herausforderung beziehungsweise Überforderung dar. Daher sollen bereits in der ersten Ausbildungsphase Lernangebote geschaffen werden, die es den Studierenden ermöglichen, ihre Rolle bei der sprachlichen Unterstützung und Förderung in den jeweiligen Unterrichtsfächern professionell wahrzunehmen. So wurde für alle Lehramtsstudierenden in Nordrhein-Westfalen das Pflichtmodul Deutsch als Zweitsprache eingeführt, im Land Niedersachsen ist das Thema Sprachbildung in die Fachdidaktiken integriert, in Berlin werden angehende Lehrkräfte in einem fächerübergreifenden DaZ-Modul und in bereits bestehenden fachdidaktischen Modulen auf sprachsensible Vermittlung von Fachinhalten vorbereitet (vgl. Jostes/Caspari/Lütke 2017; Witte 2017). In Baden-Württemberg ist das DaZ-Modul für Deutschstudierende verpflichtend. Studierende anderer Fächer können sich mit der Sprachbildung im Fach im Rahmen studienübergreifender Angebote auseinandersetzen, dies ist jedoch keine Voraussetzung für die erste Ausbildungsphase. Ausgehend von der Empfehlung der Kultusministerkonferenz (Kultusministerkonferenz 2019: 5), dass die Vermittlung von Konzepten der sprachlichen Bildung möglichst Bestandteil aller Phasen der Lehrkräftebildung sein sollte, wird an der Pädagogischen Hochschule Freiburg im Projekt „Professionelle Wahrnehmung sprachlicher und fachlicher Kompetenzen im Physikunterricht“ der Versuch unternommen, im Rahmen fachdidaktischer Lehrveranstaltungen zielgruppenspezifische Angebote zum sprachsensiblen Unterricht zu entwickeln und zu evaluieren. Das Projekt setzt sich zum Ziel, angehende Physiklehrkräfte dazu zu befähigen, sich Zusammenhänge zwischen dem fachlichen Lernen und sprachlichen Elementen und Strukturen zu erschließen und zu analysieren, um einen sprachsensiblen Unterricht zu planen. Als sprachsensibel wird dabei der Unterricht verstanden, in dem Sprache als Werkzeug des Denkens und Kommunizierens an authentischen fachlichen Inhalten reflektiert wird (vgl. Be-

cker-Mrotzek et al. 2013; Tajmel/Hägi-Mead 2017). Dabei sollen die bewusste Auseinandersetzung mit den fachlich relevanten Begriffen, Strukturen und Sprachhandlungen und unterstützende Angebote durch die Lehrkraft die bildungs- und fachsprachlichen Kompetenzen aller Schülerinnen und Schüler im sprachlich heterogenen Unterricht fördern. Die Grundlage und den Ausgangspunkt des sprachsensiblen Unterrichts bilden die alltagssprachlichen Kompetenzen der Lernenden (Tajmel 2017b: 256).

Im folgenden Beitrag soll ein Lernangebot zum sprachlichen und fachlich-konzeptuellen Lernen im Bereich der Begriffsbildung aus dem Projekt vorgestellt und diskutiert werden. Hierfür wird ein Modell präsentiert, das versucht, die fach- und sprachdidaktischen Perspektiven auf die Wissensaneignung im Physikunterricht zu verknüpfen. Die theoretische Grundlage dafür bildet die kognitive Metapherntheorie nach Lakoff und Johnson (2018), die es ermöglicht, Sprache, Kognition und Erfahrungen zueinander in Bezug zu setzen. In einem ersten Schritt soll die Relevanz der Schülervorstellungen[2] im naturwissenschaftlichen Unterricht diskutiert werden. Anschließend wird aufgezeigt, wie eine metaphernanalytische Auseinandersetzung mit der Alltagssprache der Lernenden als Wissensrepräsentation die Identifizierung und Rekonstruktion von Schülervorstellungen erlaubt. Dies ermöglicht nicht nur Rückschlüsse auf Lehr- und Lernprozesse, sondern bietet Gelegenheiten, Lernprozesse im Sinne der Verknüpfung von sprachlichem und fachlich-konzeptuellem Lernen zu fördern. Hierfür wird ein Konzept-Repräsentationsmodell zur Diskussion gestellt und erläutert. Das Modell kann als einer der Bausteine in der Förderung der diagnostischen Kompetenzen Lehramtsstudierender und als Hilfe für die Vorbereitung eines sprachsensiblen Unterrichts eingesetzt werden, in dem sprachliches und fachlich-konzeptuelles Lernen Hand in Hand gehen.

2 Schülervorstellungen beim Lernen naturwissenschaftlicher Konzepte

Die konstruktivistisch geprägte fachdidaktische Forschung im Bereich der Naturwissenschaften geht davon aus, dass ein Verständnis im Unterricht durch interpersonale Konstruktionsprozesse zustande kommt, wobei diese Konstruktions-

2 Bei diesem in der fachdidaktischen Forschung etablierten Begriff verzichten wir auf gendersensible Differenzierungen mit dem Hinweis, dass sowohl Vorstellungen von Schülern als auch die von Schülerinnen gemeint sind.

prozesse auf vorhandene Vorstellungen der Lernenden zurückzuführen sind (vgl. Duit/Treagust 1998). Bereits vor der Thematisierung im Fachunterricht entwickeln Schülerinnen und Schüler gemeinhin Ideen und Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen. Diese stehen häufig in Konflikt mit wissenschaftlichen Konzepten und Erklärungen und werden daher oft als Fehlvorstellungen (englisch: *misconceptions*) bezeichnet. Allerdings gibt es viele vorunterrichtliche Vorstellungen, die einen nützlichen beziehungsweise nicht gänzlich falschen Kern haben, so dass diese im Unterricht als Ausgangspunkt für den Aufbau fachlicher Konzepte genutzt werden können. Aus diesem Grund haben sich die nicht defizitorientierten und neutraleren Begriffe *Schülervorstellungen* beziehungsweise *Präkonzepte* zur Beschreibung vorunterrichtlicher Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern durchgesetzt (Schecker et al. 2018). Durch den professionellen Umgang der Lehrenden mit den bereits vorhandenen Vorstellungen der Lernenden können nicht nur Vermittlungsprozesse lernförderlich gestaltet, sondern auch die Reflexion der Lernprozesse angeregt werden. Die Voraussetzung dafür ist, dass die Schülervorstellungen verbalisiert und von den Lehrkräften identifiziert beziehungsweise rekonstruiert werden können.

Gemeinsam ist den beiden Begriffen *Präkonzepte* und *vorunterrichtliche Vorstellungen*, dass sie Schülervorstellungen nicht als bloße Fehler, sondern als einheitliche, stabile und über verschiedene Phänomene hinweg kohärente Konzepte ansehen. Entsprechend nutzen Schülerinnen und Schüler dieselbe Vorstellung zur Beschreibung mehrerer unterschiedlicher Phänomene beziehungsweise zur Lösung verschiedener Probleme. In diesem Sinne weisen Schülervorstellungen, auch wenn sie fachlich nicht adäquat sind, Ähnlichkeiten zu wissenschaftlichen Theorien auf, weshalb sie oft auch als intuitive oder Laientheorien bezeichnet werden. Ein wesentlicher Unterschied zu wissenschaftlichen Theorien ist jedoch, dass den Lernenden ihre Vorstellungen und die Gründe für die Wahl einer Vorstellung in einer konkreten Situation nicht bewusst sind (McCloskey/Washburn/Felch 1983; Vosniadou 2019). Dem Zusammenhang zwischen konkreten Äußerungen beziehungsweise Handlungen von Schülerinnen und Schülern und den ihnen zugrundeliegenden Vorstellungen gehen Niedderer und Schecker (1992) auf den Grund, indem sie zwischen Oberflächen- und Tiefenstruktur unterscheiden. Die Oberflächenstruktur beschreibt verbale oder schriftliche Äußerungen sowie direkt beobachtbare Handlungen. Diese gründen auf unbewussten Konzepten und Ideen, welche die Tiefenstruktur darstellen. In konkreten Situationen, wie bei der Erklärung eines Phänomens oder Lösung eines Problems, werden Elemente der Tiefenstruktur aktiviert und zur Konstruktion von Äußerungen auf der Oberflächenstruktur genutzt. Entsprechend sind Schülervorstellungen nicht durch einfache Befragungen zugänglich, sondern müssen aus konkreten Äußerungen oder Beobachtungen auf der Oberflächenstruktur interpretativ erschlossen bezie-

hungsweise rekonstruiert werden. Zusammenfassend können somit Schülervorstellungen als meist implizite kognitive Dispositionen von Lernenden verstanden werden, die in konkreten Situationen, wie der Erklärung eines Phänomens, zu mehr oder weniger kohärenten Antworten führen, die oftmals im Widerspruch zu etablierten fachlichen Konzepten stehen (Schecker et al. 2018: 9–10).

Ihren Ursprung haben Schülervorstellungen unter anderem in den kumulierten alltäglichen Erfahrungen, die Schülerinnen und Schüler im Verlauf ihres Lebens sammeln (Kattmann 2015; Schecker et al. 2018). So beobachten sie und nehmen auch haptisch seit dem Kindesalter wahr, dass Gegenstände mit einer größeren Masse (alltagssprachlich: „schwere Gegenstände“) mit einer höheren Geschwindigkeit (alltagssprachlich: „schneller“) fallen. Aus physikalischer Sicht ist die Beschleunigung beim freien Fall jedoch unabhängig von der Masse. Die wahrgenommenen Unterschiede in der Fallzeit sind aus physikalischer Perspektive ein Spezialfall, der überwiegend auf Reibungskräfte zwischen Gegenstand und Luft zurückzuführen ist. Ein weiteres Beispiel für Alltagserfahrungen, die physikalischen Konzepten widersprechen, ist die Tatsache, dass Kräfte nur bei Geschwindigkeitsänderungen (Beschleunigungen, Richtungsänderungen oder Bremsvorgängen) wirken. Dies widerspricht unserer Alltagserfahrung, wonach auch bei konstanter Geschwindigkeit, zum Beispiel beim Fahrrad- oder Autofahren, eine Anstrengung beziehungsweise ein Antrieb erforderlich ist.

Neben eigenen Erfahrungen ist die Alltagssprache eine weitere Ursache für die Entstehung von Schülervorstellungen. So werden viele Begriffe, die den Lernenden im Physikunterricht begegnen, wie *Kraft* oder *Energie*, auch in der Alltagssprache benutzt. Im Gegensatz dazu sind sie in der Fachsprache der Physik jedoch eindeutig und präzise definiert und an ein fachliches Konzept gebunden (Roelcke 2020: 69–105). Wenn Schülerinnen und Schüler die im Alltag bewährten Begriffe auf die Beschreibung physikalischer Phänomene übertragen, kann dies zu falschen Aussagen aus fachlicher Sicht führen (Schecker et al. 2018: 13). Dies lässt sich gut am Beispiel des sowohl in der Alltagssprache als auch in der Physik verwendeten Begriffs der *Kraft* erläutern. In der Alltagssprache wird der Begriff *Kraft* verwendet, um eine Eigenschaft eines Menschen, einer Maschine oder eines Gegenstandes im Sinne einer universellen Wirkungsfähigkeit, eines Potentials oder Vermögens zu beschreiben (Schecker 1985; zur Kategorisierung in der Physik im Vergleich zur Sprache siehe Jung 1979: 94–103). Die Aussage: „Es braucht viel Kraft, um ein Klavier zu tragen“ bedeutet, dass nur Personen, die eine große Kraft haben, in der Lage sind, ein Klavier zu tragen. Eine finanzkräftige Firma ist ein Unternehmen, welches das Potential hat, große Investitionen zu tätigen. Eine Vielzahl weiterer Beispiele lassen sich für eine entsprechende Verwendung des Kraftbegriffs in der Alltagssprache finden. In der Physik beschreibt *Kraft* hingegen die Richtung und Intensität der Wechselwirkung zwischen mindestens

zwei Körpern. Dabei üben die Körper jeweils gleich große, jedoch entgegengesetzte Kräfte aufeinander aus. Insofern beschreibt *Kraft* in der Physik weder die Eigenschaft nur eines Körpers noch eine Wirkungsfähigkeit, sondern den Prozess der Wechselwirkung zwischen zwei Körpern. Dies wird deutlich an Aussagen wie „zwischen Erde und Mond wirken anziehende Kräfte". Die Nennung von zwei Körpern in diesem Beispiel verdeutlicht den Charakter der Wechselwirkung und den Rückgriff auf den prozesshaften Charakter von Kraft in der Physik. Diese Sichtweise auf *Kraft* unterscheidet sich von der alltagssprachlichen Bedeutung und weist eher Ähnlichkeiten zu dem Gebrauch des Begriffs *Freundschaft* in der Alltagssprache auf. Wie beim physikalischen Kraftbegriff beschreibt *Freundschaft* eine Wechselwirkung zwischen mindestens zwei Objekten (hier Personen) und hat einen prozesshaften Charakter (Duit et al. 1994: 64). Das Beispiel verdeutlicht, dass es sich bei einem aus fachlicher Sicht inadäquaten Gebrauch von Fachbegriffen nicht um einen bloßen sprachlichen Mangel handelt, sondern das dies auf Schülervorstellungen zurückzuführen ist, die sich grundlegend von physikalischen Fachkonzepten unterscheiden können. Der alltagssprachliche Gebrauch von Begriffen, die in der Fachsprache präzise definiert sind, stellt somit ein sprachliches Abbild von Alltagserfahrungen dar. Insofern hängt der Gebrauch alltagssprachlicher Begriffe und alltäglicher Erfahrungen eng zusammen. Ein besseres Verständnis dieses Zusammenhangs ermöglicht die kognitive Metapherntheorie von Lakoff und Johnson (2018).

3 Metaphern als Bindeglied zwischen Erfahrungen, Sprache und Kognition

Lakoff und Johnson (2018) benutzen einen von der Linguistik abweichenden Metaphernbegriff, der die Bedeutung von Metaphern nicht in einzelnen Wörtern oder Phrasen sieht, sondern in der konzeptuellen Struktur, das heißt in der Art und Weise, wie Wörter und Phrasen zueinander in Beziehung stehen und wie sie syntaktisch genutzt werden. Sie analysieren zum Beispiel den Gebrauch des Wortes *Theorie* in unterschiedlichen Aussagen und stellen fest, dass dieser häufig in einer Art und Weise gebraucht wird, als ob Theorien Gebäude seien (ebd.: 59). Beispiele hierfür sind Äußerungen, wie „die Theorie hat eine solide Basis", „die Evidenz brachte die Theorie zum Einsturz" oder „der Aufbau der Theorie ist stringent". Nach Lakoff und Johnson ist dies kein Zufall und auch kein stilistisches Mittel, sondern die Konsequenz daraus, dass unsere Erfahrungen mit Theorien Parallelen aufweisen zu unseren Erfahrungen mit Gebäuden. So sind Theorien, denen eine „solide Basis fehlt", genauso wie Gebäude mit schwachen Fundamenten wenig stabil und von

geringer (Stand-)Dauer. Aufgrund der Abstraktheit des Konzeptes *Theorie* und dem Fehlen physischer Erfahrungen beim Umgang mit Theorien greifen wir beim Sprechen darüber auf Syntax und Lexik aus Bereichen zurück, bei denen wir über physische Erfahrungen verfügen und die gleichzeitig Eigenschaften aufweisen, welche nach unseren Erfahrungen auch für Theorien gelten. Diese Verbindung ist jedoch keineswegs eine rein sprachliche, sondern beeinflusst auch die Art und Weise, wie wir über Theorien denken, da wir ihnen imaginativ viele Eigenschaften zuschreiben, die wir aus dem Kontext von Gebäuden kennen. Aus Sicht von Lakoff und Johnson sind Metaphern ein gedankliches Konstrukt, das sich im Sprachgebrauch manifestiert. Ähnlich dem Zusammenhang zwischen Tiefen- und Oberflächenstruktur bei Schülervorstellungen bietet der Sprachgebrauch (Oberflächenstruktur) Einblicke in die gedanklichen Metaphern (Tiefenstruktur) der Sprechenden. Sprachliche Äußerungen eignen sich daher in besonderer Weise zur Diagnose – also Wahrnehmung und Rekonstruktion – von Schülervorstellungen. Wie bei den Schülervorstellungen erfordert die Identifizierung gedanklicher Metaphern ebenfalls eine interpretative Analyse der benutzten Sprache durch die Lehrenden, die es dafür entsprechend zu sensibilisieren gilt.

Übertragen auf den alltagssprachlichen Gebrauch des Kraftbegriffs aus dem zuvor angeführten Beispiel bedeutet dies, dass Schülerinnen und Schüler anscheinend *Kraft* mit Erfahrungen assoziieren, wonach Kraft eine Eigenschaft von Objekten ist und von diesen aktiv ausgeübt wird, wenn zum Beispiel eine Person einen Gegenstand hebt. Sie denken, *Kraft* würde die Wirkungsfähigkeit eines Objekts beschreiben. Die physikalische Sichtweise ist ihnen im Kontext von *Kraft* weder sprachlich noch auf der Ebene der Erfahrungen bekannt. Es scheint daher auch wenig effektiv, Schülerinnen und Schülern nur den korrekten Gebrauch der Fachsprache zu vermitteln, ohne diesen mit relevanten Erfahrungen zu verknüpfen, da dies nur dazu führt, dass Fachbegriffe wie neue Vokabeln zur Beschreibung unveränderter Vorstellungen verwendet werden. Für den Unterricht hat dies zur Konsequenz, dass die Vermittlung von Fachsprache erfahrungsbasiert sein sollte, wozu unter anderem Experimente beitragen können.

Die Theorie von Lakoff und Johnson legt jedoch noch eine weitere Möglichkeit für ein gemeinsames und sich gegenseitig positiv beeinflussendes Aneignen fachlicher Konzepte und fachbezogener Sprachkompetenzen nahe. Aufgrund des imaginativen Charakters des metaphorischen Denkens können alltagssprachliche Beispiele aus anderen Bereichen genutzt werden, um physikalische Konzepte mit relevanten Erfahrungen aus diesen Bereichen zu verknüpfen. Ähnlich der imaginativen Sichtweise von Theorien als Gebäuden könnten Schülerinnen und Schüler beim Lernen des Kraftbegriffs zum Beispiel angeregt werden, diesen wie den Begriff der *Freundschaft* zu gebrauchen, um den Wechselwirkungscharakter von Kraft zu verstehen.

Die beiden beschriebenen Möglichkeiten zur Verknüpfung vom Lernen physikalischer Konzepte und Aufbau von fachbezogener Sprachkompetenz lassen sich in bekannten Unterrichtsstrategien zum Umgang mit Schülervorstellungen im Rahmen der kognitiven Lerntheorien wiederfinden. Beispielhaft soll dies anhand der von Duit und Treagust (1998) beschriebenen Konfrontationsstrategie und Anknüpfungsstrategie erläutert werden. Bei der Konfrontationsstrategie initiiert die Lehrkraft einen kognitiven Konflikt bei den Schülerinnen und Schülern, indem sie die Lernenden zunächst ihre Vorstellungen zu einem Phänomen verbalisieren lässt und diese idealerweise auch schriftlich fixiert. Anschließend führt die Lehrkraft ein Experiment vor, dessen Ergebnisse im Widerspruch zu den bisherigen Vorstellungen stehen. Die Strategie zielt folglich darauf ab, Schülerinnen und Schülern den Konflikt zwischen ihren bisherigen Vorstellungen und den neuen Erfahrungen beziehungsweise Beobachtungen bewusst zu machen. Aus Sicht der Theorie von Lakoff und Johnson ergeben sich dabei allerdings zwei schwerwiegende Herausforderungen. Erstens sind die Äußerungen der Schülerinnen und Schüler nicht mit ihren Vorstellungen gleichzusetzen und vermutlich ist ihnen sowie auch den Lehrkräften nicht bewusst, welche Vorstellungen ihren Äußerungen zu Grunde liegen. Zweitens zeigt die Konfrontation zwar einen Konflikt zwischen Schülervorstellung und Evidenz auf, bietet jedoch keine aus Sicht der Lernenden verständliche und fachlich adäquatere sprachliche Alternative an. Als Konsequenz wird die Konfrontationsstrategie nur dann effektiv sein, wenn diese beiden Herausforderungen von den Lernenden selbst überwunden werden, was jedoch gerade bei komplexeren Konzepten nicht realistisch ist.

Die Anknüpfungsstrategie nutzt die zweite Möglichkeit zur produktiven Verknüpfung sprachlichen und fachlichen Lernens, indem sie Vorstellungen aus anderen Bereichen aufgreift, die oft mit nicht physikalischen Begriffen belegt sind. Wie beim Beispiel des Vergleichs von *Kraft* und *Freundschaft* werden also über die Sprache Erfahrungen und Vorstellungen aus anderen Bereichen genutzt, um fachlich adäquatere Vorstellungen aufzubauen. Im Gegensatz zur Konfrontationsstrategie wird die fachlich adäquatere Sichtweise bei dieser Strategie angebahnt. Herausfordernd ist es jedoch, die Schülerinnen und Schüler zu motivieren, eine andere Sichtweise aus einem Bereich, der aus ihrer Sicht nichts mit dem betrachteten Phänomen gemeinsam hat, anzunehmen. Eine Möglichkeit, dieses zu erreichen, ist die Nutzung kognitiver Konflikte, die, sofern sie auch von den Schülerinnen und Schülern als solche wahrgenommen werden, einen Bedarf an neuen Vorstellungen erzeugen können. Daher erscheint gerade eine Verknüpfung dieser Strategien besonders lernwirksam zu sein. Damit Lehrkräfte die genannten Instruktionsstrategien effektiv einsetzen können, sollten sie zunächst die in ihrer Lerngruppe vorliegenden Schülervorstellungen diagnostizieren. Diese Diagnose setzt sich zusammen aus der Identifizierung und Rekonstruktion von Schülervor-

stellungen über die Oberflächenstruktur der verbalen alltagssprachlichen Äußerungen. Dabei sollte das Augenmerk jedoch nicht nur auf den Defiziten liegen, sondern auch auf den Potentialen, die Möglichkeiten zum Anknüpfen bieten. Die sich aus dieser Sichtweise ergebenden Konsequenzen für die Diagnose von Schülervorstellungen und sprachlichen Fähigkeiten werden im Folgenden erörtert.

4 Diagnose von Schülervorstellungen und sprachlichen Fähigkeiten durch Analyse von Metaphern

Kenntnisse über die in einer konkreten Lerngruppe vorhandenen Vorstellungen sind ein wichtiger Ausgangspunkt, um das Lernen fachlicher Konzepte und die Förderung fachsprachlicher Fähigkeiten im Unterricht produktiv miteinander zu verbinden. Auf Grundlage lernbegleitender formativer Diagnosen sollten Lehrkräfte abschätzen, welche vorunterrichtlichen Verständnisse zu einem Konzept in ihrer Lerngruppe vorhanden sind und über welche sprachlichen Repräsentationsmöglichkeiten ihre Schülerinnen und Schüler verfügen. Es geht also weniger darum, ein vorliegendes Defizit auf Seiten der Lernenden zu beschreiben, sondern vielmehr den Möglichkeitsraum potenzieller Konzepte und ihrer sprachlichen Repräsentationen zu kennen und einzelne Lernende beziehungsweise Lerngruppen darin zu verorten.

Aufgrund des impliziten Charakters von Vorstellungen müssen sie interpretativ aus Äußerungen und Handlungen auf der Oberflächenstruktur erschlossen werden. Im Sinne eines diagnostischen Dreiecks werden dabei Beobachtungen (z. B. mündliche oder schriftliche Äußerungen), Kognition der Lernenden (z. B. in Form von Schülervorstellungen) und Interpretationsmethoden (z. B. Analyse kognitiver Metaphern) aufeinander abgestimmt (Pellegrino/Chudowsky/Glaser 2001: 44). Die Theorie von Lakoff und Johnson bietet hier den theoretischen Hintergrund, um diesen Zusammenhang zu beschreiben und zu analysieren. Demnach können kognitive Metaphern im Sinne eines imaginativen „Als-Ob-Denkens“ aus der syntaktischen Struktur von Äußerungen und den benutzten Begriffen abgeleitet werden (Lernende äußern sich so, als ob Kraft eine Objekteigenschaft wäre). Aus diesen Metaphern kann wiederum auf die Schülervorstellungen als Ursache konkreter Äußerungen geschlossen werden. Über die Sprache kann somit Wissen darüber rekonstruiert werden, wie Lernende denken und wie ihre Vorstellungen beschaffen sind. Entscheidend ist dabei, dass nicht nur einzelne Begriffe, sondern vor allem auch ihre syntaktische Einbettung in die Analyse einbezogen werden.

Da Metaphern auf lebensweltlichen Sinneserfahrungen basieren, die sich im Gegensatz zur fachlichen Analyse nicht auf beschränkte Phänomene beziehen, haben alltagssprachliche Begriffe eine Bedeutungsvielfalt, um vielfältige Erfahrungen darzustellen (Schecker 1985: 133–134). Diese Sinneserfahrungen im Alltag sind situationsgebunden und manifestieren sich sprachlich in – auf den ersten Blick – vagen und unbestimmten Begriffen, das heißt ein Begriff findet Verwendung in unterschiedlichen Kontexten, in denen die Fachsprache bereits deutlich differenzieren würde. So wird der Begriff *Wärme* alltagssprachlich in mehreren Bedeutungskontexten verwendet, in denen in der Fachsprache klare begriffliche Differenzierungen zu finden wären. Die Analyse von Metaphern erfordert daher den Vergleich zwischen der Nutzung und Einbettung von Begriffen in unterschiedlichen Kontexten, um sie aus Äußerungen, die auf der Oberflächenstruktur unterschiedlich sind, aber eine ähnliche Tiefenstruktur aufweisen, zu identifizieren. Als Startpunkt für die Suche nach passenden Metaphern kann Wissen über mögliche Erfahrungen, die Schülerinnen und Schüler in einem Inhaltsbereich gesammelt haben, aber auch die Bewusstmachung alltagssprachlicher Bedeutung von Fachbegriffen dienen, da beides in Metaphern verknüpft ist.

5 Konzept-Repräsentationsmodell

Ausgehend von den Grundannahmen der kognitiven Metapherntheorie von Lakoff und Johnson (2018; vgl. auch zur Funktion der Metapher in der Wissensrepräsentation und Metaphernanalyse Schmitt 2020; Spieß/Köpcke 2015; Gropengießer 2006), dass Metaphern unsere Erfahrungen, unsere Wahrnehmung und unser Denken strukturieren und als kognitive Werkzeuge betrachtet werden können, wird im Folgenden anhand des Konzept-Repräsentationsmodells der Zusammenhang zwischen Begriffen, Situationskontexten, in denen diese auftreten, und dem zugrunde liegenden konzeptuellen Verständnis aufgezeigt. Das Modell soll ein Werkzeug bieten, Begriffe samt ihrer syntaktischen Einbettung systematisch mit Situationen oder Phänomenen, die diese beschreiben, zu verbinden, um auf dieser Grundlage kognitive Metaphern in einem Inhaltsbereich zu erschließen. Auf diese Weise sollen die Schülervorstellungen zum Zielbereich identifiziert und mögliche Anknüpfungspunkte zur Förderung eines fachlich adäquateren Verständnisses gefunden werden. Aus diesem Grund betrachtet das Modell sowohl Präkonzepte und ihre alltagssprachlichen Repräsentationen als auch physikalische Konzepte und ihre fachsprachliche Repräsentation. Die Auseinandersetzung mit dem Modell in fachdidaktischen Lehrveranstaltungen soll angehende Physiklehrkräfte für den Zusammenhang zwischen Sprache, Denkmuster und fachlich-konzeptuellem Verständnis ihrer Schülerinnen und Schüler sensibilisie-

ren. Ein weiterer Schritt ist die Übertragung des Vorgehens auf andere Inhalte im eigenen sprachsensiblen Unterricht.

Tabelle 1 fasst die vier Analyseebenen – Situationskontexte, Begriffe und ihre syntaktische Einbettung im Kontext, sprachliche Repräsentationen und konzeptuelle Bedeutung sowie die beiden Sprachvarietäten der Alltags- und Fachsprache – zusammen. Als Situationskontexte werden Gebrauchskontexte in der Alltags- oder Fachsprache verstanden, in denen ein Begriff verwendet wird.

Die Rekonstruktion der Schülervorstellungen über Metaphern im alltagssprachlichen Gebrauch beginnt mit der Vorgabe einer Situation, wie sie allgemein aus den lebensweltlichen Erfahrungen bekannt ist (Ebene *Situationskontexte*). Die Schülerinnen und Schüler werden gebeten, ihre Äußerungen zu den vorgegebenen Situationen aufzuschreiben, zum Beispiel über das Wetter beziehungsweise die Temperaturen im letzten Sommer oder was sie sagen würden, wenn das Fenster an einem kühlen Tag geöffnet ist und sie nur leicht gekleidet sind. Beispiele von Schüleräußerungen in verschiedenen Situationskontexten sind (siehe Tabelle 1, Ebene *Begriffe und ihre syntaktische Einbettung*): „Das war ein warmer Sommer." – „Die Heizung ist warm." – „Sie hat warme Strümpfe an." – „Morgen steigen die Temperaturen auf 22 °C." – „Mach das Fenster zu, sonst geht die Wärme raus." – „Bei niedrigen Temperaturen ist es kalt." – „Die Blumen sind vertrocknet, weil es zu warm war." – „Mach mal das Fenster zu, sonst kommt die Kälte rein." – „Die Wärme macht mich müde." – „Die Heizung wärmt so schön." – „Die Temperaturen sinken." – „Die Wärme steigt an." – „Mach das Fenster zu, sonst geht die Energie raus."

Wenn man in einem nächsten Schritt analysiert, welche Metaphern in den Äußerungen der Schülerinnen und Schüler gebraucht werden, lässt sich auf die zugrunde liegenden Präkonzepte schließen. Grundsätzlich wird metaphorisch von Wärme als Entität (Lakoff/Johnson 2018: 36) gesprochen, die existiert und die ansteigen und verloren gehen oder die einen müde machen kann, wie die exemplarischen Aussagen zeigen. Wärme als Entität kann aber auch quantifiziert werden und man kann sie als Ursache sehen (beispielsweise sind durch die Wärme die Blumen vertrocknet). Weiterhin lässt sich die Orientierungsmetapher „Wärme ist oben, Kälte ist unten" identifizieren (wie beispielsweise „die Wärme steigt an" oder „bei niedrigen Temperaturen ist es kalt"). Die so genannte *Röhrenmetapher* (die Wärme geht beim geöffneten Fenster raus, das heißt geht verloren, fließt) ist ebenfalls für die Rekonstruktion der Schülervorstellungen hilfreich. Aus diesen Metaphern lassen sich zwei Präkonzepte ableiten.

Die *Orientierungsmetapher oben-unten* ist mit der Vorstellung verknüpft, Wärme ist eine Eigenschaft, die Objekten hohe Temperaturen zuordnet. Dafür wird *Wärme* zur Beschreibung der Temperaturen von Gegenständen oder Räumen mit Aussagen wie „das war ein warmer Sommer" oder „die Heizung ist warm" ge-

nutzt. Syntaktisch eingebettet kann sie (*Wärme*) auch als Attribut in Kollokationen wie „warmer Sommer“ oder „warme Strümpfe“ oder als Subjektprädikativ verwendet werden, um den Zustand beziehungsweise die Eigenschaft eines Gegenstandes näher zu beschreiben. *Warm* beziehungsweise *Wärme* wird in verschiedenen Kontexten mit einer hohen Temperatur in Verbindung gebracht, die Antonyme *Kälte* beziehungsweise *kalt* bezeichnen entsprechend (unterdurchschnittlich) niedrige Temperaturen. Das Präkonzept von *Wärme* als hohe Temperatur kann relativ einfach in die physikalische Temperaturvorstellung überführt werden. Dies ist vor allem in Situationen, in denen eine exakte Quantifizierung von Temperaturen gebraucht wird, auch im Alltag identisch zur physikalischen Fachsprache üblich. Dabei werden die quantifizierten Temperaturangaben einfach mit Informationen zur verwendeten Temperaturskala verbunden. Beispiele sind Aussagen wie „morgen betragen die Höchsttemperaturen 22 °C“. Auch halbquantifizierende Aussagen wie zum Beispiel „höhere oder niedrigere Temperaturen“, repräsentiert durch Komparative, sind sowohl in der Alltags- als auch der Fachsprache üblich.

Die zweite Vorstellung von Wärme, die über die *Röhrenmetapher* rekonstruiert werden kann, spiegelt sich in Aussagen wie „mach das Fenster zu, sonst geht die Wärme raus“ oder „die Heizung wärmt so schön“ wider. Wärme wird als Substanz verstanden, die gerichtet zwischen Objekten fließt, wobei nicht immer Ausgangs- und Zielpunkt angegeben werden. Dies kann durch Verben der Bewegung (Wärme geht raus, fließt, kommt rein) zum Ausdruck gebracht werden. Dabei ist Wärme gleichzeitig eine Art Substanz und Entität. *Wärme* als Nomen kann aber auch als Objekt syntaktisch eingebettet werden („Ich lasse ein wenig Wärme rein“), es kann aber auch als Verbderivat vorkommen („die Heizung wärmt ganz schön“). Die Bewegung der Wärme (beispielsweise aus dem geöffneten Fenster nach draußen) stellt dabei einen zeitlichen Prozess dar. Folglich wird der Begriff *Wärme* gebraucht, um den Prozess der Änderung von Temperaturen zu beschreiben (Schecker et al. 2018: 149). Das substanz- beziehungsweise mengenartige alltagssprachliche Verständnis von *Wärme* weist Ähnlichkeiten zum physikalischen Begriff *Entropie* auf, da dieser ebenfalls die Menge und Temperatur beim Wärmetransport nicht unterscheidet. Eine Zunahme der Entropie bei Erhöhung der Temperatur oder auch eine Zunahme der Entropie bei gleicher Temperatur aber größerem Volumen kann auf diese Weise mit der Erfahrung verbunden werden, dass eine größere Temperaturerhöhung mehr Energie bedarf als eine kleinere und dass die Erwärmung einer größeren Menge mehr Energie bedarf als die einer kleineren (Maurer 2009). Dieser Argumentation folgen alternative didaktische Konzepte zur Wärmelehre, die den Entropiebegriff an den Anfang stellen, um an Alltagserfahrungen und Präkonzepten anzuknüpfen (vgl. Hermann 1995).

In der Fachsprache der Physik tritt das Nomen *Wärme* in Kollokationen mit den Verben, die eine Auf- oder Abnahme zum Ausdruck bringen, beispielsweise in Sätzen wie „Die Sonne strahlt Wärme ab, die von der Erde absorbiert wird" oder mit Verben, die einen gerichteten Fluss bezeichnen, wie im Beispiel „Wärme fließt von Körpern höherer Temperatur zu Körpern niedriger Temperatur" auf. Dies geschieht, um Phänomene zu beschreiben, an denen Körper oder allgemeine Systeme unterschiedlicher Temperatur beteiligt sind, zwischen denen Wärme ausgetauscht wird. Konzeptuell beschreibt *Wärme* also einen Fluss, dessen Ursache ein Temperaturunterschied ist. Dieser Fluss ist dabei nicht an die Bewegung von Körpern oder Substanzen gebunden, sondern kann auch in Form von Strahlung erfolgen. Wenn es keine Wärmequellen gibt, so führt der Strom immer zu einer Angleichung der Temperaturen der Körper, zwischen denen Wärme fließt. In der Fachsprache wird streng gesehen weder *warm* als Adjektivattribut zur Beschreibung der Körperzustände (der Heizkörper ist nicht warm, sondern er hat eine Temperatur von 60 °Celsius) noch das Verb *(er-)wärmen* zum Charakterisieren von Temperaturänderungen (der Heizkörper erwärmt nicht den Raum, der Heizkörper gibt Wärme ab) verwendet. Konzeptuell liegt dem Begriff *Wärme* in der Physik also ein gerichteter Austauschprozess zugrunde, der solange bestehen bleibt, wie es eine Verbindung zwischen Körpern unterschiedlicher Temperatur gibt (Schecker et al. 2018: 150). Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der physikalische Wärmebegriff damit durchaus Gemeinsamkeiten mit der prozesshaften Verwendung des Begriffs *Wärme* in der Alltagssprache und den damit verbundenen Schülervorstellungen hat. Jedoch gibt es gravierende Unterschiede, da *Wärme* in der Alltagssprache implizit an den Fluss einer Substanz, wie zum Beispiel Luft, gebunden ist und keine Abgrenzung zur alltagssprachlichen Bedeutung von *Wärme* als hohe Temperaturen stattfindet. Das Besondere an dem physikalischen Wärmebegriff ist aber gerade, dass er ganz klar von der Temperatur abgegrenzt ist, da der Austausch derselben Wärmemenge im Allgemeinen nicht zur gleichen Temperaturveränderung führt, zum Beispiel aufgrund verschiedener Wärmekapazitäten oder der Verrichtung von Volumenarbeit. Zudem impliziert der alltagssprachliche Wärmebegriff, dass die aus einem System zu- und abfließende Wärmemenge erhalten bleibt, was im Widerspruch zum fachlichen Wärmekonzept steht, da durch die Verrichtung von Arbeit Wärme „entstehen" beziehungsweise „verschwinden" kann.

Die Analyse der Äußerungen von Schülerinnen und Schülern, die im Unterricht gemeinsam durchgeführt wird, macht deutlich, dass die sprachlichen Repräsentationen sehr unterschiedlich sein können und dass die alltagssprachlichen Begriffe zu *Wärme* durch die verschiedenen Gebrauchskontexte Bedeutungspräzisierungen bekommen. Berücksichtigt man die Schülervorstellungen, die diesen sprachlichen Repräsentationen zugrunde liegen und über Metaphern rekonstru-

iert werden können, wird man über Konfrontations- und Anknüpfungsstrategie mit sprachlicher Unterstützung durch Scaffolding (Gibbons 2015; Kniffka/Roelcke 2016) zu den Fachkontexten gelangen, in denen die alltagsprachlichen Begriffe durch *Temperatur*, *Wärme* oder *Entropie* in der Fachsprache der Physik ersetzt werden können. Allerdings bestehen trotz Ähnlichkeiten kleinere, aber entscheidende Unterschiede zwischen den alltagssprachlichen und fachsprachlichen Vorstellungen, die es notwendig machen, die Begriffe im Fachunterricht zu präzisieren, um bestehende Präkonzepte in Richtung fachliche Konzepte auszubauen. Es geht also nicht um eine naive Übernahme bestehender Vorstellungen, sondern um das Anknüpfen an vorhandene Metaphern, um anschließend die Unterschiede zwischen Alltags- und Fachkonzepten zu erarbeiten. Die Ergebnisse der vorgeschlagenen Analyse können helfen, diese kritischen Unterschiede zu identifizieren. Darüber hinaus kann die Auseinandersetzung mit den Äußerungen der Schülerinnen und Schüler und Präkonzepten zum Ausgangpunkt für die Reflexion über den alltäglichen Sprachgebrauch und die eindeutig und präzise definierten Fachbegriffe in der Physik werden.

Tab. 1: Konzept-Repräsentationsmodell mit beispielhafter Analyse des Begriffs *Wärme*

Analyseebene	Präkonzepte und ihre alltagssprachliche Repräsentation	Physikalische Konzepte und ihre fachsprachliche Repräsentation
Beispiele: Situationskontexte	Jemand beschreibt die Wetterzustände im Sommer.	thermischer Zustand eines Körpers oder eines Systems über Angabe der Temperatur
	Jemand möchte nicht, dass es im Zimmer kalt wird, das Fenster ist auf.	Prozess der Wärmezufuhr oder -abgabe eines Systems oder eines Körpers
Beispiel der syntaktischen Einbettung im Kontext	• Das war ein warmer Sommer. • Die Heizung ist warm. • Sie hat warme Strümpfe an. • Morgen steigen die Temperaturen auf 22 °C.	• Das Wasserbad hat eine Temperatur von 22 °C. • Die Temperaturdifferenz beträgt 30 °C.
	• Mach das Fenster zu, sonst geht die Wärme / Energie raus. • Mach mal das Fenster zu, sonst kommt die Kälte rein. • Die Heizung wärmt so schön. • Die Temperaturen sinken.	• Die Sonne strahlt Wärme ab, die von der Erde absorbiert wird. • Die Wärme wird über eine Kupferplatte abgeleitet.
Sprachliche Repräsentationen	Attribute vor Objekten, deren Zustand beschrieben wird, Subjektprädikative, Antonyme (warm – kalt), Wärme/Temperatur/Energie in manchen Kontexten synonym	quantifizierend oder halbquantifizierend, keine Verwendung von Antonymen, fachsprachliche Kollokationen (Wärme wird abgeleitet)
	Subjekte in Verbindung mit Verben, die eine gerichtete Bewegung anzeigen, auch in Kombination mit Präfigierungen Antonyme (Wärme – Kälte)	Fachspezifische Kollokationen mit Verben wie fließen, leiten, emittieren, absorbieren, die den vorherrschenden Wärmetransport (Konvektion, Leitung oder Strahlung) beziehungsweise allgemein einen gerichteten Wärmetausch beschreiben. Keine Verwendung von Antonymen, sondern lineare Vorstellung eines Wärmeflusses, jedoch ohne Erhaltung.
Konzeptuelle Bedeutung	Eigenschaft, die Objekten hohe Temperaturen beziehungsweise bei Verwendung von *kalt* niedrige Temperaturen zuordnet. Bei synonymer Verwendung des Begriffs *Temperatur* wird dieser in Verbindung mit quantifizierenden oder halbquantifizierenden Attributen genutzt. Orientierungsmetaphern (oben – unten)	Temperatur ist eine makroskopische Messgröße, die einen konkreten thermischen Zustand eines Systems beschreibt. Die Temperatur ist aber keine generelle, zeitunabhängige Eigenschaft von Objekten, sondern ein konkreter Zustand eines Objekts.
	Wärme ist substanz- und mengenartig und fließt gerichtet, wobei nicht immer Ausgangs- und Zielpunkt angegeben werden. Dabei bleibt die Wärme erhalten. Röhrenmetapher (Substanz fließt zwischen Objekten)	Wärme ist die Energiemenge, die aufgrund von einer Temperaturdifferenz zwischen zwei Körpern fließt. Sie beschreibt den Prozess des Wärmeaustausches zwischen zwei Systemen und nicht den Zustand eines Systems. Wärme bleibt nicht erhalten, da sie in Form von Arbeit von einem System aufgenommen und abgegeben werden kann.

6 Ausblick

Das vorgestellte Konzept-Repräsentationsmodell kann sowohl für die Planung von Unterricht, der die Alltagssprache als Ressource für das fachlich-konzeptuelle Lernen nutzt, als auch für die Diagnostik von Schülervorstellungen anhand ihrer sprachlichen Repräsentation genutzt werden. Die systematische Verbindung von Situationskontexten, Begriffen, sprachlichen Merkmalen und Konzepten liefert zudem erste Hinweise darauf, welche Begriffe beziehungsweise Situationen die entsprechenden Schülervorstellungen aktivieren.

Es wäre jedoch naiv anzunehmen, dass allein durch Auseinandersetzung mit Metaphern und Begriffen in der Alltagssprache ein ausreichendes fachlich-konzeptuelles Lernen stattfinden kann. Dies wird schon deswegen kaum möglich sein, da für viele physikalische Konzepte keine annähernd vergleichbaren Erfahrungen in der Alltagssprache gemacht werden. Hinzu kommt, dass den Lernenden die Metaphern in der von ihnen verwendeten Sprache in der Regel nicht bewusst sind. In einem sprachsensiblen Physikunterricht, der über die Sprache auf kognitive Metaphern zurückgreift, müssen die kognitiven Metaphern in der Alltagssprache daher gemeinsam mit den Lernenden erschlossen und rekonstruiert werden. Auch wenn dies eine eher untypische Methode im Physikunterricht ist, kann davon ausgegangen werden, dass die explizite Analyse von alltags- und fachsprachlichen Repräsentationen sowohl das fachlich-konzeptuelle als auch das sprachliche Lernen unterstützen. Im traditionellen Physikunterricht werden Konzepte und ihre fachsprachliche Repräsentation zwar oft gemeinsam eingeführt, es wird jedoch nicht expliziert, worin die Unterschiede zur Alltagssprache liegen und warum diese entscheidend sind (Kircher 2015: 52; Tajmel 2017a). Auf diese Weise muss die Verknüpfung zwischen Konzepten und Fachsprache durch die Schülerinnen und Schüler selbst erfolgen, was nicht allen eigenständig gelingt. Darüber hinaus ermöglicht ein solch explizites sprachanalytisches Vorgehen auch die Förderung des Sprachbewusstseins, da es den Schülerinnen und Schülern die unterschiedlichen Bedeutungskonstruktionen von alltagssprachlichen Begriffen in verschiedenen Situationskontexten verdeutlicht.

Obwohl die empirische Überprüfung der Wirksamkeit des hier vorgestellten Vorgehens noch aussteht, wird bereits ein besonderes Potenzial des Modells in der Lehramtsausbildung gesehen. Die Anwendung des Modells und die Übertragung der Analyse auf andere fachliche Kontexte fördern die diagnostischen Kompetenzen angehender Physiklehrkräfte und ermöglichen ihnen einen Zugang zur Sprache über die Auseinandersetzung mit physikalischen Konzepten und Schülervorstellungen. Das Modell bietet fachdidaktisch relevante Anlässe, die alltagssprachlichen Kompetenzen der Lernenden zu berücksichtigen, Reflexion über Sprache im Physikunterricht zu fördern und somit erste Anregungen zum Ver-

knüpfen von sprachlichem und fachlich-konzeptuellem Lernen im sprachsensiblen Physikunterricht zu sammeln und zu reflektieren.

Literatur

Ahrenholz, Bernt (2018): „Sprache in der Wissensvermittlung und Wissensaneignung im schulischen Fachunterricht". In: Lütke, Beate; Petersen, Inger; Tajmel, Tanja (Hrsg.): *Fachintegrierte Sprachbildung. Forschung, Theoriebildung und Konzepte für die Unterrichtspraxis*. Berlin, Boston: De Gruyter, 1–31.

Ahrenholz, Bernt et al. (Hrsg.) (2019): *Fachunterricht, Sprachbildung und Sprachkompetenzen*. Berlin, Boston: De Gruyter.

Baumert, Jürgen (2002): „Deutschland im internationalen Bildungsvergleich". In: Kilius, Nelson; Kluge, Jürgen; Reisch, Linda (Hrsg.): *Die Zukunft der Bildung*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 100–150.

Becker-Mrotzek, Michael et al. (Hrsg.) (2013): *Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen*. Münster: Waxmann.

Council of Europe (Hrsg.) (2014): *Recommendation CM/Rec(2014)5 of the Committee of Ministers to member States on the importance of competences in the language(s) of schooling for equity and quality in education and for educational success*. Online: https://search.coe.int/cm/Pages/result_details.aspx?ObjectID=09000016805c6105 (18.09.2020).

Duit, Reinders et al. (1994): *Physik um die Welt zu begreifen. Ein Lehrbuch für die Jahrgangsstufe 7 und 8 Niedersachsen*. Frankfurt am Main: Diesterweg.

Duit, Reinders; Treagust, David (1998): „Learning in science: From behaviorism towards social constructivism and beyond". In: Fraser, Barry; Tobin, Kenneth George (Hrsg.): *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic, 3–25.

Gibbons, Pauline (2015): *Scaffolding Language, Scaffolding Learning*. Portsmouth NH: Heinemann.

Gropengießer, Harald (2006): *Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann: Lebenswelten – Denkwelten – Sprechwelten*. Oldenburg: BIS-Verlag.

Hermann, Friedrich (1995): *Der Karlsruher Physikkurs. Ein Lehrbuch für die Sekundarstufe 1. Energie, Impuls, Entropie*. Karlsruhe: Abteilung für Didaktik der Physik, Universität Karlsruhe (Eigenverlag).

Jostes, Brigitte; Caspari, Daniela; Lütke, Beate (Hrsg.) (2017): *Sprachen – Bilden – Chancen*. Münster: Waxmann.

Jung, Walter (1979): *Aufsätze zur Didaktik der Physik und Wissenschaftstheorie*. Frankfurt am Main et al.: Diesterweg.

Kattmann, Ulrich (2015): *Schüler besser verstehen. Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht*. Hallbergmoos: Aulis.

Kircher, Ernst (2015): „Warum Physikunterricht?". In: Kircher, Ernst; Girdwidz, Raimund; Häußler, Peter (Hrsg.): *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Auflage 3. Berlin, Heidelberg: Springer VS, 15–74.

Kniffka, Gabriele; Roelcke, Thorsten (2016): *Fachsprachenvermittlung im Unterricht*. Paderborn: Schöningh (utb 4094).

Kultusministerkonferenz (Hrsg.) (2019): *Empfehlung „Bildungssprachliche Kompetenzen in der deutschen Sprache stärken"* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 05.12.2019).

Online: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2019/2019_12_05-Beschluss-Bildungssprachl-Kompetenzen.pdf (18.09.2020).

Lakoff, George; Johnson, Mark (2018): *Leben in Metaphern. Konstruktion und Gebrauch von Sprachbildern.* Heidelberg: Carl-Auer.

Maurer, Werner (2009): „Physik der dynamischen Systeme". In: *SystemPhysik.* Online: https://systemdesign.ch/wiki/Physik_der_dynamischen_Systeme (09.11.2020).

McCloskey, Michael; Washburn, Allyson; Felch, Linda (1983): „Intuitive physics: The straightdown belief and its origin". In: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 9 (4), 636–649.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.) (2016): *Bildungspläne Baden-Württemberg.* Online: http://www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/get/documents/lsbw/export-pdf/depot-pdf/ALLG/BP2016BW_ALLG_SEK1_PH.pdf (18.09.2020).

Niedderer, Hans; Schecker, Horst (1992): „Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning". In: Duit, Reinders; Goldberg, Fred; Niedderer, Hans (Hrsg.): *Research in physics learning – Theoretical issues and empirical studies. Proceedings of an international workshop in Bremen*. Kiel: IPN, 74–98.

Pant, Hans Anand (2016): *Einführung in den Bildungsplan 2016.* Online: http://www.bildungsplaene-bw.de/,Lde/LS/BP2016BW/ALLG/EINFUEHRUNG (18.09.2020).

Pellegrino, James; Chudowsky, Naomi; Glaser, Robert (2001): *Knowing what students know. The science and design of educational assessment.* Washington, DC: National Academy Press.

Roelcke, Thorsten (2020): *Fachsprachen.* 4., neu bearbeitete und wesentlich erweiterte Auflage. Berlin: Erich Schmidt.

Schecker, Horst (1985): *Das Schülervorverständnis zur Mechanik. Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftstheoretischer Aspekte.* Bremen: Universität Bremen (Dissertation).

Schecker, Horst et al. (Hrsg.) (2018): *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Schmitt, Rudolf (2020): „Metaphernanalyse". In: Mey, Günter; Mruck, Katja (Hrsg.): *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Online: https://doi.org/10.1007/978-3-658-18387-5_47–2 (20.09.2020).

Spieß, Constanze; Köpcke, Klaus-Michael (2015): „Metonymie und Metapher – Theoretische, methodische und empirische Zugänge". In: Dies. (Hrsg.): *Metapher und Metonymie: Theoretische, methodische und empirische Zugänge.* Berlin, Boston: De Gruyter, 1–21.

Tajmel, Tanja (2017a): *Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft. Grundzüge einer Reflexiven Physikdidaktik und kritisch-sprachbewussten Praxis*. Wiesbaden: Springer VS.

Tajmel, Tanja (2017b): „Die Bedeutung von ‚Alltagssprache' – eine physikdidaktische Betrachtung". In: Lütke, Beate; Petersen, Inger; Tajmel, Tanja (Hrsg.): *Fachintegrierte Sprachbildung. Forschung, Theoriebildung und Konzepte für die Unterrichtspraxis.* Berlin, Boston: De Gruyter, 253–267.

Tajmel, Tanja; Hägi-Mead, Sara (2017): *Sprachbewusste Unterrichtsplanung: Prinzipien, Methoden und Beispiele für die Umsetzung*. Münster: Waxmann.

Thürmann, Eike; Vollmer, Helmut Johannes (2017): „Sprachliche Dimensionen fachlichen Lernens". In: Becker-Mrotzek, Michael; Roth, Hans-Joachim (Hrsg.): *Sprachliche Bildung – Grundlagen und Handlungsfelder.* Münster: Waxmann, 299–320.

Vosniadou, Stella (2019): „The development of students' understanding of science". In: *Frontiers in Education* 32 (4). Online: https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00032 (20.09.2020).

Witte, Annika (2017): „Sprachbildung in der Lehrerausbildung“. In: Becker-Mrotzek, Michael; Roth, Hans-Joachim (Hrsg.): *Sprachliche Bildung – Grundlagen und Handlungsfelder*. Münster: Waxmann, 351–363.

Biographische Angaben

Martin Schwichow und Nadja Wulff

lehren und forschen an der Pädagogischen Hochschule Freiburg. Sie entwickeln gemeinsam Konzepte für einen sprachsensiblen Physikunterricht und bieten interdisziplinäre Lehrveranstaltungen im Bereich der Naturwissenschaften an. Die Forschungsschwerpunkte von Martin Schwichow sind die Förderung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen sowie die professionelle Unterrichtswahrnehmung im Physikunterricht. Zu den Forschungsschwerpunkten von Nadja Wulff gehören sprachliches und fachliches Lernen und Wortschatzvermittlung im (Fach)-Unterricht.