

## Lehrer sprechen in und über Formeln

Formeln<sup>1</sup> sind aus der Physik nicht wegzudenken. Sie sind im Rahmen der Mathematisierung der Physik tief in Wissenschaft und Physikunterricht verankert. Eine Formel fasst in ihrer kurzen symbolischen Darstellung sehr viele Inhalte zusammen, repräsentiert in den Formelzeichen Fachtermini und setzt diese mathematisch miteinander in Beziehung. Die Formelbedeutung setzt sich somit aus physikalischer und mathematischer Semantik zusammen. Diese muss für die Konstruktion ihrer Gesamtbedeutung zunächst „entschlüsselt“ werden. In diesem Promotionsprojekt soll untersucht werden, wie Lehrkräfte mit Hilfe von Sprache Formelbedeutungen vermitteln.

### Theoretischer Hintergrund

Ein ausführlicher theoretischer Hintergrund mit Schwerpunkt auf den Formeln als Darstellungsform des Physikunterrichtes findet sich in Janßen, Pospiech 2015. An dieser Stelle soll daher nur auf aktuelle Arbeiten verwiesen werden.

Eine Formel ist ein komplexes, semantisch stark verdichtetes Bedeutungskonstrukt, das verschiedene physikalische Größen mathematisch miteinander in Beziehung setzt. Auf diese Weise entsteht eine neue Bedeutung, die sich aus einer physikalisch-mathematischen Semantik zusammensetzt und nur mit sowohl physikalischem als auch mathematischem Hintergrundwissen entschlüsselt werden kann. Um eine Formel zu verstehen, muss außerdem berücksichtigt werden, welche Art von Aussage eine Formel treffen kann. Ein Ansatz für verschiedene epistemologische Klassen von Formeln findet sich bei Karam und Krey (2015). Hier wird differenziert zwischen Prinzipien (z.B.  $\sum p = 0$ ), Definitionen (z.B.  $p = m \cdot v$ ), empirischen Regularitäten (z.B. die Balmer-Formel) und Ableitungen (z.B.  $a = v^2/r$ ). Das Formelverständnis ist für jeden dieser Fälle unterschiedlich. Karam und Krey betonen weiterhin, dass diese Kategorisierung subjektiv erfolgt. Es gibt für viele Formeln kein „Musterverständnis“.

Redish und Kuo (2015) schlagen vor, die Formelbedeutung analog zu semantischen Betrachtungen in der Sprachwissenschaft zu entschlüsseln. Sie argumentieren, dass zum Formelverständnis linguistische Theorien wie „embodied cognition“, enzyklopädisches Wissen und Kontextualisierungen herangezogen werden können.

In beiden Untersuchungen wird verdeutlicht, dass Formeln komplexe Bedeutungskonstrukte sind, die nicht ohne weiteres verstanden werden können. Das Promotionsprojekt, aus dem im Folgenden erste Erkenntnisse vorgestellt werden, lenkt das Interesse darauf, welchen Stellenwert die Bedeutung von Formeln im Physikunterricht hat und wie Lehrkräfte eine solche Bedeutung mithilfe von Sprache vermitteln.

### Forschungsfragen und Untersuchungsdesign

Die Forschungsfragen lauten:

- 1) Wie häufig und in welcher Form werden Formeln von Lehrkräften im Unterricht versprochen?
- Welche Arten der Versprechung werden im Unterricht wie häufig genutzt?
- In welcher Form werden Formeln durch Lehrkräfte sprachlich interpretiert?
- 2) Lassen sich typische Pattern identifizieren, nach denen Lehrkräfte Formeln versprechen?

<sup>1</sup> Der Begriff Formel wird in diesem Artikel synonym zu Gleichung verwendet.

- Nutzen Lehrkräfte verschiedene Arten der Versprachlichung im Unterrichtsverlauf in bestimmter Reihenfolge?
- Welche Kenntnisse und Vorstellungen haben Lehrkräfte zur verbalen Beschreibung von Formeln?

Um diese Forschungsfragen beantworten zu können, wird die Sprache von ca. 12 PhysiklehrerInnen der Mittelschule und des Gymnasiums in Sachsen aufgezeichnet und ausgewertet. Zusätzlich werden Interviews mit den Lehrkräften durchgeführt, um ihr praktisches Unterrichtshandeln mit ihrem theoretischen Wissen abgleichen zu können.

Die Analyse der Versprachlichungen erfolgt mit Hilfe eines deduktiven Kategoriensystems, das induktiv weiter ausgearbeitet werden soll. Die deduktiven Kategorien folgen aus sprachwissenschaftlichen Überlegungen, die sich an der vertikalen Gliederung von Fachsprachen nach Hoffmann (1998) orientieren.

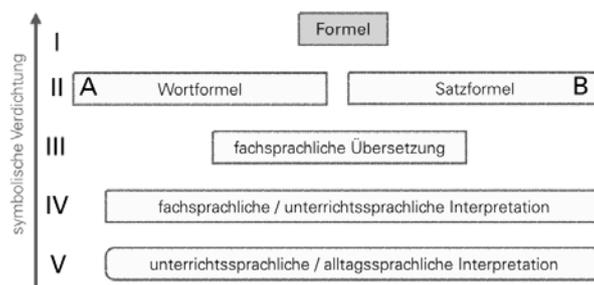


Abb.1: Ebenenmodell der Versprachlichung von Formeln

Während in den Ebenen I-III eine reine Übersetzung der Formelzeichen in die entsprechenden Fachtermini geschieht (IIA: Übersetzung phys. Formelzeichen, IIB: Übersetzung math. Formelzeichen, III: Übersetzung aller Formelzeichen), erfolgt in den Ebenen IV und V eine Interpretation der Formel. Hier fügt die Lehrkraft Informationen hinzu, die nicht direkt in der Formel enthalten sind, für ihr physikalisches Verständnis aber unerlässlich sind. Der Unterschied zwischen Ebenen IV und V ist dabei vor allem das genutzte sprachliche Register: Während Ebene IV noch sehr nah an der Fachsprache ist, bedient sich die Ebene V eines eher alltagssprachlichen Sprachregisters. Inhaltlich wird die Formel angewendet und übertragen, z.B. auf Alltagsbeispiele, ein Experiment oder eine alltagsnahe Analogie. Die Ebenen IV und V sollen mit Hilfe des aufgezeichneten Materials noch näher ausdifferenziert und beschrieben werden.

### Erste Ergebnisse aus der Pilotierung

Nachdem das Ebenenmodell mit Hilfe von Lehrbuchanalysen validiert wurde und sich grundsätzlich als geeignet erwies, genutzte Verbalisierungen zu beschreiben, wurde es in einer Lehrerfortbildung für Lehrkräfte naturwissenschaftlicher Fächer in Sachsen vorgestellt. Die 20 Lehrkräfte bekamen nach einem kurzen Input die Aufgabe, in Zweiergruppen Beispielversprachlichungen für jede Ebene zu finden. Im Folgenden werden beispielhaft die Ergebnisse für die Ebenen IIB und IV vorgestellt werden.

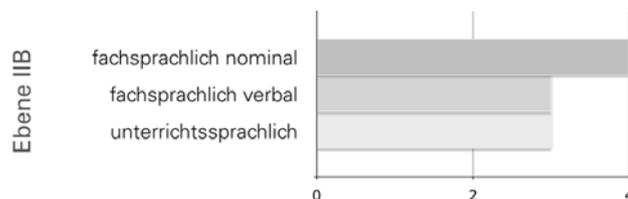


Abb.2: Lehrer übersetzen eine Formel auf Ebene IIB

Obwohl es sich bei Ebene IIB um eine reine Übersetzung der Formel handelt, ließen sich drei unterschiedliche Kategorien finden. Beispiel für eine fachsprachlich nominale Verbalisierung lautet: „R ist Produkt aus  $\rho$  und Quotient aus l und A.“ Diese Versprachlichung zeichnet sich durch die nominalisierten Formen der fachsprachlichen Begriffe aus. Die fachsprachlich verbale Aussage benutzt hingegen Verben an der Stelle von Substantiven, z.B. „R ist  $\rho$  multipliziert mit l und dividiert durch A.“

Nur drei der teilnehmenden Lehrkräfte nutzten eine als unterrichtssprachlich zu klassifizierende Formelverbalisierung: „R ist  $\rho$  mal l durch A“.

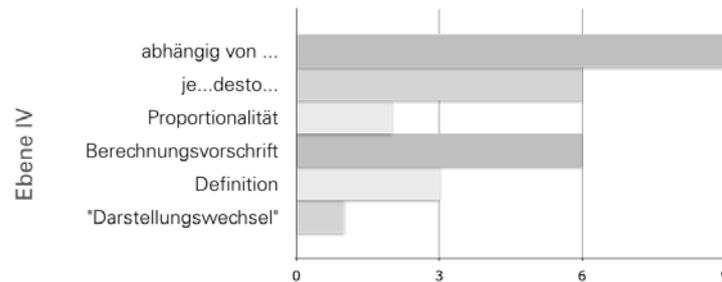


Abb.3: Lehrer versprachlichen phys.-math. Formelbedeutung (Ebene IV)

Die von den Lehrkräften niedergeschriebenen Verbalisierungen zeigen bereits bei der sehr kleinen Stichprobe eine große Variationsbreite. Folgende Beispiele sollen die gefundenen Kategorien verdeutlichen:

- abhängig von...: „Der Widerstand ist vom Material abhängig.“
- je...desto...: „Je länger der Leiter desto größer der Ohmsche Widerstand.“
- Proportionalität: „Widerstand ist proportional zu spezifischem el. Widerstand.“
- Berechnungsvorschrift: „Man kann den elektrischen Widerstand berechnen, indem...“
- Definition: „Widerstand ist das Produkt aus...“
- Darstellungswechsel: „Darstellungswechsel“, hier hat die betreffende Lehrkraft lediglich notiert, dass sie eine Bedeutung mittels eines Darstellungswechsels vermitteln möchte, dies aber nicht näher beschrieben.

Da viele bei Ebene V notierten Verbalisierungen bei der Analyse als zur Ebene IV zugehörig eingestuft wurden, ergibt sich für die Ebene IV eine höhere Anzahl an Versprachlichungen. Auffällig an den Ergebnissen ist die hohe Anzahl an rein mathematischen Implikationen, die hier genannt werden (allg. mathematische Abhängigkeiten, je-desto-Sätze, Proportionalitäten). Wenn die Formel auf einer Metaebene klassifiziert wird, wird sie häufig als eine Berechnungsvorschrift interpretiert. Diese beiden Kategorien deuten darauf hin, dass für die hier untersuchten Lehrkräfte Formeln v.a. eine technische Relevanz besitzen. Ob sich dies auch in einer genaueren Untersuchung im Unterricht widerspiegelt, wird sich bei der Haupterhebung zeigen.

#### Literatur

- Hoffmann, L. (1987), Kommunikationsmittel Fachsprache. Eine Einführung. 3., durchgesehene Auflage. Berlin: Akademie-Verlag
- Janßen, W., Pospiech, G. (2015), Versprachlichung von Formeln. Die Bedeutung von Formeln und ihre Vermittlung. In PhyDid-B (DPG Frühjahrstagung Didaktik der Physik 2015 in Wuppertal)
- Karam, R., Krey, O. (2015), Quod erat demonstrandum: Understanding and Explaining Equations in Physics Teacher Education. In Science & Education 24 (5-6), 661-698
- Redish, E., Kuo, E. (2015), Language of Physics, Language of Math: Disciplinary Culture and Dynamic Epistemology. In Science & Education 24 (5-6), 561-590