

Überzeugungen und Einstellungen von Lehrkräften: Definition und Vermittlung der Bedeutung von Formeln - Eine Lehrerbefragung zur Rolle der Mathematik in der Physik -

Alexander Strahl*, Lars-Jochen Thoms⁺, Marie-Annette Geyer[#]

^{*}Universität Salzburg, School of Education, AG Didaktik der Physik

⁺Ludwig-Maximilians-Universität München, Lehrstuhl für Didaktik der Physik

[#]TU Dresden, Professur für Didaktik der Physik

alexander.strahl@sbg.ac.at, l.thoms@lmu.de, marie-annette.geyer@tu-dresden.de

Kurzfassung

Wir berichten über eine Untersuchung in der 244 Physiklehrerinnen und -lehrer schriftlich zu ihren Einstellungen und Überzeugungen gegenüber Formeln in der Physik und im Physikunterricht befragt wurden. In diesem Artikel liegt der Schwerpunkt darauf, wie Lehrerinnen und Lehrer den Begriff *Formel* für sich definieren und welche Möglichkeiten Lehrerinnen und Lehrer sehen, Schülerinnen und Schülern die Bedeutung von Formeln näherzubringen.

Im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse der gegebenen Antworten wurde für beide Fragestellungen jeweils ein Kategoriensystem induktiv erstellt. Mithilfe eines Codierschemas wurde die Zuordnungshäufigkeit der Aussagen der Probanden zu den entwickelten Haupt- und Unterkategorien quantitativ analysiert.

Definieren Lehrerinnen und Lehrer den Formelbegriff für sich selbst, stehen deskriptive und nominative Aspekte der Formelnutzung im Vordergrund. Bei der Vermittlung der Bedeutung von Formeln treten präskriptive Aspekte an deren Stelle. Die Nutzung von Formeln, um Vorhersagen zu treffen, soll implizit durch häufiges Anwenden und Einüben beim Problemlösen erlernt werden.

1. Einleitung

Zu der Bedeutung von Formeln im Physikunterricht ist noch nicht viel bekannt, deshalb wurde eine schriftliche Befragung durchgeführt, welche die Sichtweisen von Lehrerinnen und Lehrern zum Thema Formeln im Physikunterricht untersucht.

Folgende Punkte wurden erhoben:

- a) Verfügt die befragte Lehrkraft über ein konstruktivistisches oder empiristisches Wissenschaftsverständnis? (Skalen nach Seidel u. a., 2008)
- b) Werden konstruktivistische oder rezeptive Überzeugungen vom Lernen vertreten? (Skalen nach Seidel u. a., 2008)
- c) Welche Einstellungen hat die Lehrkraft gegenüber der Verwendung von Formeln im Physikunterricht?
- d) Werden Formeln im Unterricht erarbeitet oder werden sie nur benutzt und interpretiert?
- e) Richtet sich die Lehrkraft nach den curricularen Vorgaben bezüglich der Mathematisierung im Unterricht?
- f) Sieht sich die Lehrkraft eher als Naturwissenschaftler oder als Pädagoge?
- g) Welchen Stellenwert nehmen Berechnungen, respektive Formeln, in Klausuren ein?
- h) Welche Auffassungen vertritt die Lehrkraft gegenüber dem Interesse von Jungen und Mädchen an Physik?

- j) Welche Vorstellungen hat die Lehrkraft von der Bedeutung von Formeln in Physik und Physikunterricht?
- j) Wie setzen Lehrerinnen und Lehrer Formeln im Unterricht, in Klausuren und in Hausaufgaben ein?
- k) *Wie definieren Lehrkräfte den Formelbegriff für sich.*
- l) *Was meinen Lehrkräfte, wie man Schülerinnen und Schülern die Bedeutung von Formeln näher bringen kann.*

Aufgrund der umfangreichen Datenlage wurden die Ergebnisse einzelner Teilstudien bereits sukzessive vorgestellt (*a-e* in Thoms, Strahl & Müller, 2011; *i* in Strahl, Thoms & Müller, 2012; *j* in Strahl & Thoms, 2012).

Nun wird an dieser Stelle untersucht, wie Lehrerinnen und Lehrer den Begriff *Formel* für sich definieren und was sie meinen, wie man die *Bedeutung von Formeln* Schülerinnen und Schülern näherbringen kann.

2. Methoden

Physiklehrerinnen und -lehrer an niedersächsischen Gymnasien und Gesamtschulen wurden schriftlich zur Rolle der Mathematik in der Physik befragt.

Auf den Innenseiten des Fragebogens sind insgesamt 46 Aussagen abgedruckt (Thoms & Strahl, 2010). Zu jeder Aussage kann der Zustimmungsgrad auf

einer vierstufigen Likert-Skala angegeben werden (1 = »stimmt nicht« bis 4 = »stimmt«).

Ein Teil der in dem Fragebogen verwendeten Items ist von Seidel u. a. (2008) übernommen worden. Die Items entstammen ursprünglich einem von Lipowsky et al. (2002) aufgestellten Fragebogen, der begleitend zur IPN-Videostudie ausgegeben wurde.

Darunter sind 17 Items gemischt, die sich explizit oder implizit mit Formeln und deren Nutzung auseinandersetzen. Die Items stehen unter folgenden Überschriften:

- Was denken Sie über Physik?
- Wie lernen Schülerinnen und Schüler Physik?
- Wie setzen Sie Formeln im Unterricht ein?

3. Auswertung und Ergebnisse

Es wurden 2500 Fragebögen an niedersächsische Gymnasien und Gesamtschulen verschickt. Davon kamen 244 auswertbare Bögen zurück. Vergleicht man dies mit der Gesamtzahl der in diesen Schulformen beschäftigten Physiklehrkräfte, ergibt sich, dass 12,1 % der Lehrkräfte an der Umfrage teilgenommen haben (Thoms, Strahl & Müller, 2011).

Die Methodik der folgenden qualitativen Inhaltsanalysen entspricht dem von Strahl, Thoms & Müller (2012) und Strahl & Thoms (2012) beschriebenen Vorgehen.

3.1. Qualitative Inhaltsanalyse

Nach dem Erhalt der ausgefüllten Fragebögen wurden die Antworten zu den offenen Fragen vollständig abgeschrieben.

Nach dem Digitalisieren der Aussagen wurden zunächst durch eine Analyse der Worthäufigkeiten erste Kategorien herausgearbeitet. Iterativ wurden sie anschließend auf die Aussagen angewendet und verändert, bis sich eine gute Abbildung der Aussagen ergab. Für die Frage *Wie definieren Sie den Begriff Formel für sich?* funktionierte dies sehr gut. Die Kategorien zur Frage *Wie kann man Schülerinnen und Schülern die Bedeutung von Formeln näherbringen?* herauszuarbeiten, gestaltete sich schwieriger, da die Aussagen teilweise sehr unkonkret waren und mehr Interpretation als die bisherigen verlangten. Dies zeigt sich ebenfalls in der geringeren Interoderreliabilität. Möglicherweise zeigt dies schon die Schwierigkeit der Vermittlung von Formeln im Unterricht.

Bei der ersten Frage ist zusätzlich eine Hauptkategorie *Wörter* aufgenommen worden, in der auffallende Wörter codiert wurden. Da die Analyse der Worthäufigkeiten bei der zweiten Frage keine ertragreichen Ergebnisse lieferte, wurde bei ihr von einer solchen Hauptkategorie abgesehen.

3.2. Quantitative Inhaltsanalyse I

Nach der Erstellung des Kategoriensystems wurden die Aussagen entsprechend codiert. Es ergaben sich

für die erste Frage die in Tabelle 1 dargestellten Haupt- und Unterkategorien.

Die Prozentangaben zu den Hauptkategorien ergeben sich aus der mindestens einmaligen Nennung einer Unterkategorie. Wurde eine Aussage z. B. in die Unterkategorie *Zusammenhänge* eingeordnet, so erhält die Hauptkategorie *Eigenschaften* eine Nennung. Falls in einer Hauptkategorie zwei oder mehr Nennungen vorkamen, wurden sie dennoch für die Prozentangabe einfach gezählt. Falls beispielsweise zwei Aussagen einmal in der Unterkategorie *Zusammenhänge* und einmal in *Sachverhalte* eingeordnet wurden, wurde die Hauptkategorie *Eigenschaften* einmal aktiviert.

Wie definieren Sie den Begriff Formel für sich?		
OBERBEGRIFF in % Kategorien in Anzahl	%	N
NICHT BEANTWORTET (VON 244)	28,1	
EIGENSCHAFTEN	81,0	
<i>Zusammenhänge</i>		71
<i>Beschreibung/Darstellung/Notation</i>		44
<i>Verknüpfung/Bezüge/Beziehung/Abhängigkeit</i>		26
<i>Gesetz/Naturgesetz</i>		25
<i>Definition/Formulierung</i>		17
<i>Berechnung/Rechnen/Lösen</i>		17
<i>Sachverhalt</i>		13
<i>Hilfe/Hilfsmittel/Werkzeug</i>		12
<i>Zusammenfassung/-stellung</i>		9
ADJEKTIVE	25,7	
<i>kurz/konzentriert</i>		25
<i>quantitativ</i>		10
<i>präzise</i>		7
<i>sinnvoll</i>		4
<i>logisch/strukturiert/formalisiert/funktional</i>		4
<i>elegant</i>		2
<i>genial</i>		2
WÖRTER	79,9	
<i>physikalisch</i>		95
<i>Größe</i>		67
<i>mathematisch</i>		55
<i>Gleichung</i>		36
<i>Formel</i>		22
<i>Modell</i>		8
<i>Symbol</i>		8
<i>Variablen</i>		7
<i>Konstanten</i>		6
<i>Sprache</i>		3
Gesamt		595

Tab. 1: Codierung der ersten Frage

Die Tabelle wurde im Anhang I (Abb. 1) als Balkendiagramm dargestellt. Bei 10 Aussagen war die

Einordnung unklar. Die ICR (berechnet nach Lombard, 2010) beträgt $\kappa=,958$.

3.3. Quantitative Inhaltsanalyse II

Nach dem Entwickeln des Codierschemas ergaben sich für die zweite Frage folgende Haupt- und Unterkategorien:

Wie kann man Schülerinnen und Schülern die Bedeutung von Formeln näherbringen?

OBERBEGRIFF in % Kategorien in Anzahl	%	N
NICHT BEANTWORTET (VON 244)	24,6	
PRAXIS ORIENTIERT	45,7	
Anwendung		42
Üben/Benutzen/Rechnen (auch Einheitenanalyse)		25
Aufgaben/Probleme/Fragestellungen lösen		16
Vorhersagen (machen lassen)		14
selber machen lassen		7
Abschätzungen		5
PHYSIK ORIENTIERT	20,1	
Verknüpfung Experiment und Theorie		31
Herleiten/Entwickeln		15
METHODEN ORIENTIERT	22,8	
Versprachlichen/Beschreiben/Interpretieren		26
Veranschaulichen (z.B. mit Diagrammen)		7
verstehen lernen/Verständnis		6
Abhängigkeiten aufzeigen/entdecken		4
Sachverhalte erklären		2
KONTEXT ORIENTIERT	14,1	
Alltagsanwendungen/Erfahrungsbereich der Schüler		17
Analogiebetrachtungen/Beispiele		10
Verbindungen zu anderen Fächern		2
NUTEN AUFZEIGEN	23,4	
Produktivität/Vorteile aufzeigen		20
Zusammenhänge aufzeigen		16
Abkürzung		9
schnell lösen		2
SONSTIGES	4,9	
Emotionen		3
kein stumpfes Rechnen		2
Problem mit Mathe		2
einfach halten		1
Gesamt	284	
Weiß nicht / keine Idee		11

Tab. 2: Codierung der zweiten Frage

Ein Balkendiagramm von Tabelle 2 befindet sich in Anhang II (Abbildung 2). Bei 21 Aussagen war die Einordnung unklar.

Die letzte Frage wurde im Vergleich zu allen offenen Fragen am meisten beantwortet (75,4 % der Befragten), jedoch fanden die wenigsten Codierun-

gen (284) statt. Auch die Schwierigkeit der Kategorienbildung und die von allen Auswertungen der offenen Fragen schlechteste ICR von $\kappa=,848$ zeigen, dass hier bei den Lehrerinnen und Lehrern Unklarheit herrscht und bestätigt die Vermutung, dass Formeln im Unterricht zwar einen hohen Stellenwert haben, aber die Vermittlung ihrer Bedeutung als schwierig angesehen wird. 11 Personen gaben an, sie würden keine Idee haben, bzw. wüssten nicht, wie man die Bedeutung von Formeln im Unterricht vermitteln soll. Bei 244 Befragten scheint dies eine geringe Anzahl zu sein, doch die kurzen Aussagen und die teilweise unklaren Formulierungen der Lehrerinnen und Lehrer zeigen die Schwierigkeit, die die schulische Vermittlung der Bedeutung von Formeln darstellt.

4. Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend für die Frage *Wie definieren Sie den Begriff Formel für sich?* lässt sich äußern:

- Formeln stellen eine mathematische Beschreibung physikalischer Zusammenhänge da.
- Sie definieren physikalische Größen.
- Sie eignen sich zur Beschreibung von Naturgesetzen.
- Formeln sind kurze, elegante Hilfsmittel um quantitative Aufgaben zu lösen.
- Der Modellcharakter einer Formel wurde nicht häufig genannt.

Für die Frage *Wie kann man Schülerinnen und Schülern die Bedeutung von Formeln näherbringen?* kann folgendes zusammengefasst werden:

- Die Nützlichkeit implizit durch Anwenden der Formel beim Üben und Problemlösen sowie zum Treffen von Vorhersagen aufzeigen.
- Die Zweckmäßigkeit von Formeln insbesondere zur Darstellung von Zusammenhängen explizit betonen.
- Einen Bezug zwischen Theorie und Experiment herstellen.
- Formeln versprachlichen, veranschaulichen und interpretieren.
- Eine Kontextorientierung durch Alltagsanwendungen und Analogien integrieren.

5. Diskussion

Die befragten Lehrerinnen und Lehrer definieren den Formelbegriff für sich selbst entsprechend dem alltäglichen Nutzen, den die Verwendung von Formeln im Unterricht darstellt. Im Vordergrund stehen normative und deskriptive Aspekte der Formelnutzung. Der Modellcharakter und damit präskriptive Aspekt der Formelnutzung spielt für die Lehrkräfte keine nennenswerte Rolle.

Soll die Bedeutung von Formeln vermittelt werden, steht allerdings der präskriptive Aspekt der Formelnutzung im Vordergrund. Die Nutzung von Formeln,

um Vorhersagen zu treffen, soll implizit durch häufiges Anwenden und Einüben beim Problemlösen erlernt werden. Einige befragte Lehrkräfte empfehlen das Versprachlichen von Formeln, um die Bedeutung von Formeln besser zu vermitteln. In diesem Zusammenhang sei auch auf den parallel erscheinenden Beitrag von Janßen (2015) verwiesen.

6. Literatur

- [1] Seidel, T.; Schwindet, K.; Rommele, R.; Prenzel, M. (2008): Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht? In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, Sonderheft 9-08 (2008), S. 259-276.
- [2] Thoms, L.-J.; Strahl, A.; Müller, R. (2011): Formelnutzung im Physikunterricht – eine Lehrerbefragung: Eine Lehrerbefragung zur Rolle der Mathematik im Physikunterricht. Didaktik der Physik. In: PhyDid B.
<http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/275>
- [3] Strahl, A.; Thoms, L.-J.; Müller, R. (2012): Warum und wofür sind Formeln wichtig? Lehrervorstellungen zur Formelnutzung. In: S. Bernholt (Ed.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Oldenburg 2011; S. 319–321. Münster: LIT-Verl.
- [4] Strahl, A.; Thoms, L.-J. (2012): Formelnutzung im Physikunterricht – eine Lehrerbefragung: Nutzung von Formeln in Unterricht, Klausur und Hausaufgabe. In: PhyDid B.
<http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/366>
- [5] Thoms, L.-J.; Strahl, A. (2010): Lehrerbefragung zur Rolle der Mathematik im Physikunterricht. <http://www.strahl.info/formeln/2011-thoms-strahl-lehrerfragebogen-formeln.pdf>
- [6] Lipowsky, F.; Pauli, C.; Klieme, E.; Reusser, K. (2002): Lehrerfragebogen zur Erfassung unterrichts-, selbst- und schul Umwelt-bezogener Kognitionen.
- [7] Lombard, M. (2010): Intercoder Reliability. <http://matthewlombard.com/reliability/> (20.4.2015)
- [8] Janßen, W. (2015): Versprachlichung von Formeln – Die Bedeutung von Formeln und ihre Vermittlung. In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Wuppertal

7. Anhang I

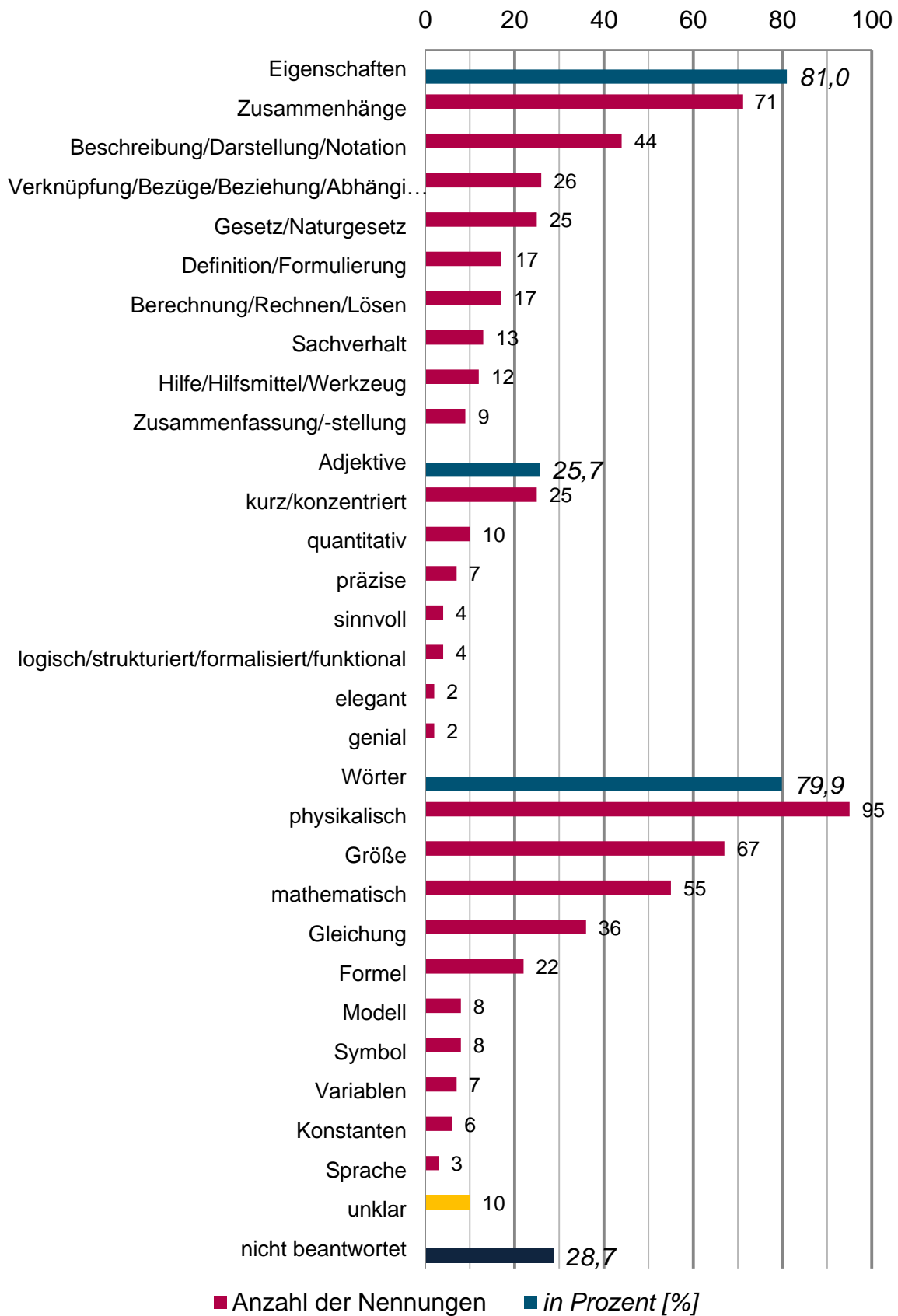


Abb. 1: Häufigkeit der Nennung für die Frage: „Wie definieren Sie den Begriff Formel für sich?“. Die blauen Balken stellen Hauptkategorien dar. Die Prozentzahl dahinter gibt an, wie viele Personen mindestens eine Unterkategorie in der jeweiligen Hauptkategorie genannt haben.

8. Anhang II

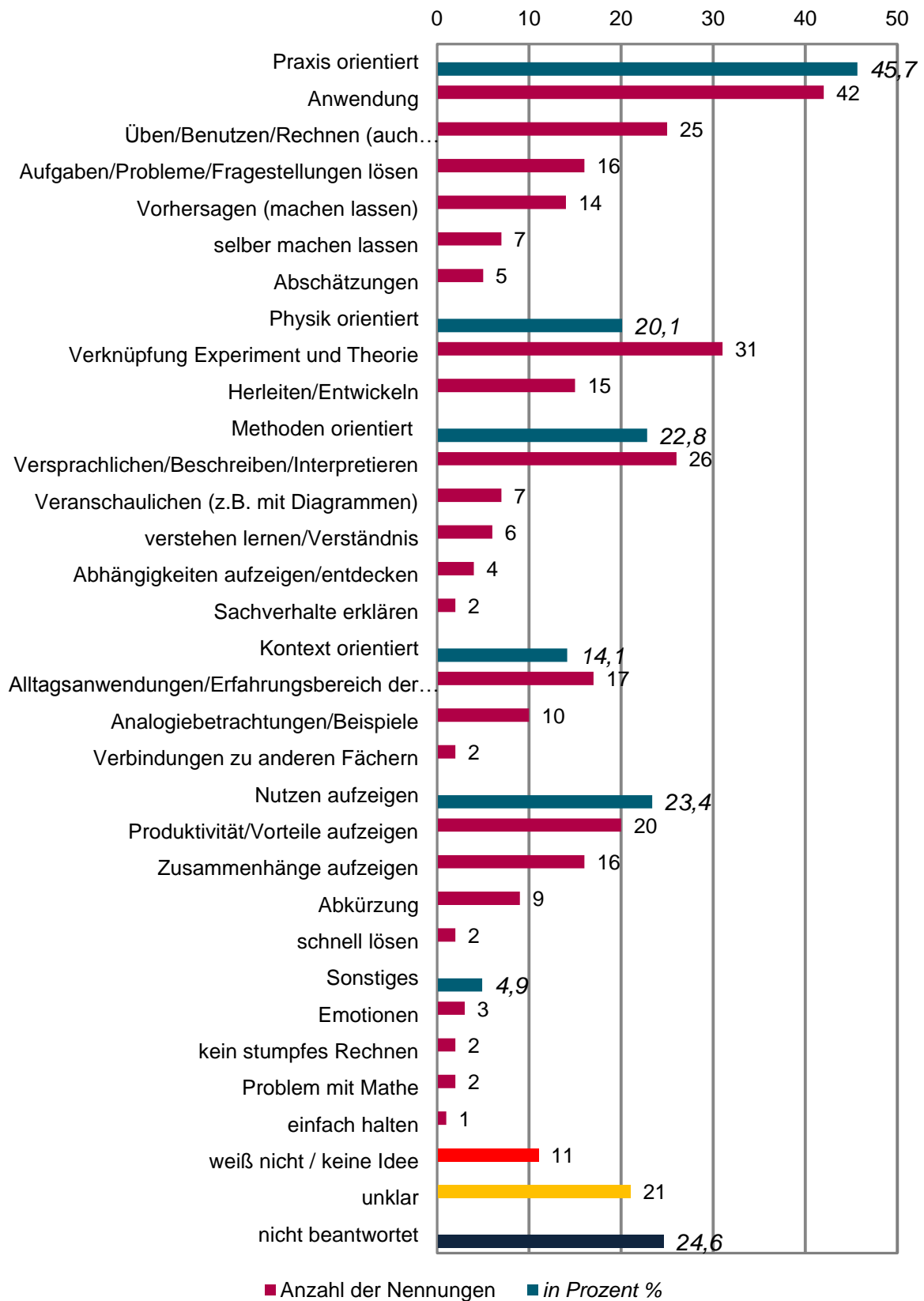


Abb. 2: Häufigkeit der Nennung für die Frage: „Wie kann man Schülerinnen und Schülern die Bedeutung von Formeln näherbringen?“. Die blauen Balken stellen Hauptkategorien dar. Die Prozentzahl dahinter gibt an, wie viele Personen mindestens eine Unterkategorie in der jeweiligen Hauptkategorie genannt haben.