

Formelnutzung im Physikunterricht – eine Lehrerbefragung - Eine Lehrerbefragung zur Rolle der Mathematik im Physikunterricht -

Lars-Jochen Thoms*, Alexander Strahl*, Rainer Müller*

* TU-BS, IFdN, Abteilung: Physik und Physikdidaktik,
Pockelsstraße 11, 38106 Braunschweig
info@formelstudie.de, a.strahl@tu-bs.de, rainer.mueller@tu-bs.de

Kurzfassung

Wir berichten über eine Untersuchung, in der Lehrerinnen und Lehrer aus Niedersachsen ($n = 244$) zur Rolle der Mathematik im Physikunterricht schriftlich befragt wurden. Im Zentrum des Interesses standen die Bedeutung von Formeln und ihre Nutzung im Unterricht. Zusätzlich wurden das Wissenschaftsverständnis und die Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler erhoben und in Beziehung gesetzt.

1. Einleitung

1.1. Modell zur Formel-Rezeption

In unserer Untersuchung sollte die Formelnutzung im Physikunterricht aus fachdidaktischer Sicht sowohl didaktisch als auch methodisch betrachtet werden. Um festzustellen, welche Faktoren die Nutzung von Formeln im Physikunterricht und die Rezeption der Formeln durch Schülerinnen und Schüler bestimmen, wurde zunächst ein deskriptives Modell aufgestellt. Es erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und dient nur der Übersichtsfindung.

Jede Formel ist in einem Kontext eingebettet. Dies kann ein Lehrbuchtext, ein Arbeitsblatt, ein Tafelbild, eine OHP-Folie, eine Präsentation, ein mündlicher Vortrag oder ein anderer Rahmen sein. Die Formel, der Kontext und die Verknüpfung zwischen ihnen werden durch die Arbeit des Autors bestimmt. Dies kann zum Beispiel bei einem Lehrbuch das Autorenkollektiv in Verbindung mit dem Schulbuchverlag sein oder bei einem Arbeitsblatt die Lehrkraft, die das Arbeitsblatt gestaltet. Wie jedoch der Rezipient die Formel verarbeiten kann, wird zusätzlich von zwei weiteren Faktoren beeinflusst: Zum einen von dem Setting, vor dessen Hintergrund die Rezeption stattfindet und zum anderen von einem Mediator, der die Rezeption maßgeblich beeinflussen kann. Beispielhaft können eine Schulstunde als Setting und die unterrichtende Lehrkraft als Mediator angesehen werden.

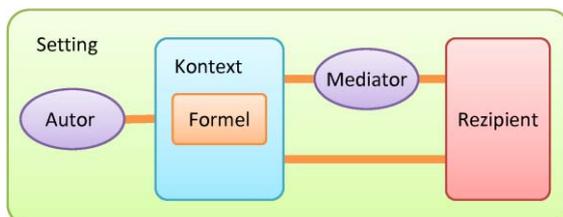


Abb.1: Modell zur Formel-Rezeption.

1.2. Schülerinteresse und -einstellungen

Die Physik ist eine Naturwissenschaft, die durch einen hohen Mathematisierungsgrad geprägt ist. Mithilfe mathematischer Gleichungen lassen sich physikalische Informationen kurz, prägnant und international verständlich beschreiben. Auch wenn der Nutzen der Mathematisierung in der Fachwissenschaft unbestritten ist, zeigen Studien zum Schülerinteresse im naturwissenschaftlichen Unterricht (z. B. Hoffmann u. a., 1997, Höner, 1996), dass das Fach Physik zu den unbeliebtesten Fächern gehört und ein hervorstechender Grund dafür der als zu hoch empfundene Mathematisierungsgrad ist. Genauso gehört »Berechnen, Aufgaben lösen« zu den unbeliebtesten Tätigkeiten im Physikunterricht (Häussler u. a. 1998). Diese Erkenntnis hatte einen großen Einfluss auf die Bildungsstandards und später auch auf die niedersächsischen curricularen Vorgaben.

Müller u. Heise (2006), Strahl u. Müller (2007), Strahl u. a. (2009) sowie Strahl u. a. (2010a) fanden überraschenderweise, dass Schülerinnen und Schüler sowie Studierende in den ersten Semestern ihres Studiums der Verwendung von Formeln nicht ablehnend gegenüberstehen, sondern im Gegensatz Formeln als nützlich erachten. Dies widerspricht nur scheinbar den Ergebnissen der IPN-Interessenstudie (Häussler u. a., 1998), denn möglicherweise »wird die Nützlichkeit von Formeln zum Bestehen der Aufgaben in Prüfungen erkannt, obwohl die Tätigkeit des Rechnens als solche unbeliebt ist« (Müller u. Heise, 2006).

Strahl u. a. (2010b) untersuchten Faktoren für die abschreckende Wirkung von Formeln und fanden einen direkten nichtlinearen Zusammenhang zur Anzahl der Zeichen in der Formel.

1.3. Konstruktivismus

Eine wichtige Komponente des fachdidaktisch reflektierten Lehrerhandelns besteht im Einbezug konstruktivistischer Lerntheorien. Seidel u. a. (2008) untersuchten auf Grundlage von Daten der IPN-Video-studie (2002) anhand einer Lehrerbefragung, ob bei den untersuchten Physiklehrerinnen und -lehrern ein konstruktivistisches oder empiristisches Wissenschaftsverständnis vorliegt, ob sie konstruktivistische oder rezeptive Überzeugungen über das Lernen teilen, und in welchem Maße die Lehrerinnen und Lehrer traditionelle, kooperative und offene Unterrichtsformen einsetzen. Des Weiteren wurden die Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler gemessen und verglichen. Folgende Ergebnisse wurden gefunden:

- a) Ein konstruktivistisches Wissenschaftsverständnis hängt positiv mit konstruktivistischen Überzeugungen über das Lernen zusammen, während ein empiristisches Wissenschaftsverständnis positiv mit rezeptiven Überzeugungen über das Lernen korreliert. (vgl. Seidel u. a., 2008)
- b) Es gibt keinen systematischen Zusammenhang zwischen den konstruktivistischen oder rezeptiven Überzeugungen über das Lernen und der Wahl traditioneller, kooperativer oder offener Unterrichtsform. Die Wahl der Unterrichtsform scheint also unabhängig von den Überzeugungen über das Lernen. (vgl. Seidel u. a., 2008)
- c) Es ließen sich keine Effekte der Überzeugungen über das Lernen auf die Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler beobachten. (vgl. Seidel u. a., 2008)

Die Punkte b und c widersprechen damit den Ergebnissen von Staub und Stern (2002), die auf Daten der SCHOLASTIK-Studie (1987-1992) beruhen und mit deutlicher Signifikanz zeigen, dass Schülerinnen und Schüler, die im dritten Grundschuljahr in Mathematik von einer Lehrkraft mit einem konstruktivistischen Wissenschaftsverständnis unterrichtet werden, einen deutlich höheren Lernerfolg in Bezug auf das Lösen von Textaufgaben erreichen.

1.4. Einfluss der Lehrkraft als Mediator

Bei der Einführung des Modells zur Formelrezeption wurde die Bedeutung der Lehrkraft als Mediator herausgestellt. Merzyn (1994) untersuchte Physikschulbücher, Physiklehrer und den Physikunterricht. In der Vorarbeit seiner eigenen Lehrerbefragung befasste er sich mit vorangegangenen Lehrerbefragungen, die sich jedoch zumeist mit den Umständen des Physikunterrichts und nicht mit der Lehrkraft selbst befassten. Merzyn (1994) beschreibt den Einfluss der Lebensumstände der Lehrkraft auf den Physikunterricht in dem Sinne, dass des Lehrers Geschlecht, sein Alter, seine Ausbildung, seine Unterrichtsbelastung, seine Erfahrung sowie familiäre Umstände die von ihm vertretene Grundposition zum Physikunterricht, die gewählten Aktionsformen

im Unterricht und seine Einstellungen zum eingeführten Schulbuch prägen.

Schülerinnen und Schüler wurden in mehreren Untersuchungen zu ihrem Interesse und ihren Einstellungen befragt und ihre Leistungen gemessen. Lehrkräfte wurden jedoch bezüglich der Formelnutzung im Physikunterricht bisher nicht befragt. Damit ergab sich die zentrale Fragestellung im Rahmen dieser Erhebung:

Was denken Lehrerinnen und Lehrer darüber, wie man Schülerinnen und Schülern den Nutzen von Formeln vermitteln kann?

Auf welche Weise Lehrerinnen und Lehrer Einfluss auf die Formelrezeption der Schülerinnen und Schüler nehmen, hängt von einigen Faktoren ab, die im Folgenden beschrieben werden sollen. Als erster Faktor tritt das Lehrerprofessionswissen in Erscheinung. Als zweiter wichtiger Faktor geht die Persönlichkeit der Lehrkraft ein. Obwohl die Lehrerpersönlichkeit aus Sicht der Neurowissenschaften von außerordentlicher Wichtigkeit zu sein scheint (vgl. Roth, 2004; in Caspary, 2009), wird darauf in der kognitionspsychologischen, pädagogisch-psychologischen und fachdidaktischen Literatur kaum eingegangen. Zwar finden sich etliche Auseinandersetzungen mit dem Begriff der Lehrerpersönlichkeit, jedoch wird dann regelmäßig die Lehrerprofessionalität gemeint. So untersucht Malle (1993) zum Beispiel das Erkennen von Schülerfehlern seitens der Lehrkraft. Für eine valide und reliable Messung der Persönlichkeit stellt die Psychologie mit dem NEO-FFI [14] und dem umfassenderen NEO-PI-R [15] zwei etablierte Persönlichkeitstests zur Verfügung. Die Messung der Persönlichkeit einer Lehrkraft stellt aber einen so einschneidenden Eingriff in die Persönlichkeitsrechte der betreffenden Person dar, dass im Rahmen dieser Erhebung darauf verzichtet wurde, obwohl dies eine äußerst interessante Grundlage für weitere Forschung darstellt.

1.5. Epistemologische Überzeugungen

Im Rahmen der neueren pädagogisch-psychologischen Forschung werden als epistemologische Überzeugungen vor allem zwei sich diametral gegenüberstehende Positionen herausgestellt: der Empirismus und der Konstruktivismus (Seidel u. a., 2008).

Nach empiristischen wissenschaftstheoretischen Überzeugungen erfolgt Erkenntnis durch Erfahrung und Wahrnehmung durch die Sinne. Das Wissen nähert sich im Laufe der Erkenntnis immer mehr der von der Sichtweise des Individuums unabhängigen Realität an; experimentell erlangtes Wissen ist unfehlbar.

Aus konstruktivistischer Sicht ist Wissen grundsätzlich vorläufig und als Netzwerk von verhandelbaren Theorien stark an den Erkenntnisprozess und die Sichtweise des Individuums geknüpft, wobei ein ständiger Konzeptwechsel betont wird.

1.6. Überzeugungen über das Lernen und Lehren

Konstruktivistischen Überzeugungen über das Lernen und Lehren folgend, haben sich die Aufgaben der Lehrkräfte im Unterricht stark gewandelt. Da sich jeder Lernende sein eigenes Wissensnetzwerk aufbauen muss, fällt den Lehrerinnen und Lehrern nunmehr die Funktion eines Begleiters zu. Die Lehrenden schaffen optimale Lernumgebungen und stellen, basierend auf ihrem fachlichen und fachdidaktischen Wissen sowie ihrem Wissen über das Lernen selbst, alles zum Lernen notwendige dem Lernenden zur Verfügung. Laut Renkl (2008) entwickelte sich im didaktischen Diskurs geradezu ein Konstruktivitäts- und Aktivitätsdogma:

»Im traditionellen Unterricht nehmen die Schüler eine passive und rezeptive Rolle ein. Lernen ist aber ein aktiver Wissenskonstruktionsprozess. Im traditionellen Unterrichtsgeschehen treten allerdings aktives, konstruktives Umgehen mit Materialien, lebhafter Diskurs oder erforschendes Lernen zugunsten des passiven Aufnehmens von Informationen in den Hintergrund. Die Passivität der Schüler beim Lernen ist dem Erwerb anwendbaren Wissens abträglich. Traditionell rezeptiver, nicht-konstruktivistischer Unterricht muss deshalb durch konstruktivistische Lehr-Lern-Formen, die auf die Schüleraktivität bauen, ersetzt werden.«

Rezeptive Überzeugungen über das Lernen und Lehren verstehen die Rolle der Lehrkraft anders. Hier steht die Wissensvermittlung im Vordergrund. Die Lehrerinnen und Lehrer machen es vor und die Schülerinnen und Schüler machen es nach. Dem Behaviorismus folgend sollen die richtigen Lösungswege eingeübt werden. Aktuelle Hirnforschung zeigt interessanterweise, dass beide Wege zusammen die besten Erfolge liefern sollten (vgl. Spitzer, 2003; Kraus, 2006; Schirp, 2003; in Casparry, 2009).

2. Datenerhebung

Folgende Punkte wurden erhoben:

- Verfügt die befragte Lehrkraft über ein konstruktivistisches oder empiristisches Wissenschaftsverständnis? (Skalen nach Seidel u. a., 2008)
- Werden konstruktivistische oder rezeptive Überzeugungen vom Lernen vertreten? (Skalen nach Seidel u. a., 2008)
- Welche Einstellungen hat die Lehrkraft gegenüber der Verwendung von Formeln im Physikunterricht?
- Werden Formeln im Unterricht erarbeitet oder werden sie nur benutzt und interpretiert?
- Richtet sich die Lehrkraft nach den curricularen Vorgaben bezüglich der Mathematisierung im Unterricht?
- Sieht sich die Lehrkraft eher als Naturwissenschaftler oder als Pädagoge?

- Welchen Stellenwert nehmen Berechnungen, respektive Formeln, in Klausuren ein?
- Welche Auffassungen vertritt die Lehrkraft gegenüber dem Interesse von Jungen und Mädchen an Physik?

Wir vermuteten, dass...

- Lehrkräfte, die ein konstruktivistisches Wissenschaftsverständnis besitzen und konstruktivistische Überzeugungen vom Lernen vertreten, Formeln eher als wichtig für den Physikunterricht erachten und sie im Unterricht herleiten und im Gegenzug Lehrkräfte, die ein empiristisches Wissenschaftsverständnis besitzen und rezeptive Überzeugungen vom Lernen vertreten, mehr Wert auf die Anwendung von Formeln legen und die Kernkompetenz bezüglich der Formelnutzung in der sicheren Benutzung der Formelsammlung sehen.
- es unerheblich für die Formelnutzung ist, ob eine Lehrkraft sich eher als Naturwissenschaftler oder als Pädagoge sieht.

Zusätzlich sollten sich die Lehrkräfte in offenen Fragen frei zu ihren Einstellungen gegenüber Formeln und der Verwendung von Formeln im Unterricht äußern können.

2.1. Fragebogenerstellung

Der Fragebogen besteht aus einem doppelseitig bedruckten DIN-A3-Blatt, welches zu einem vierseitigen DIN-A4-Flyer gefalzt wird.

Es werden Daten zum Geschlecht, zum Studienabschluss, zum Geburtsjahr und zu den studierten Unterrichtsfächern erhoben. Die Unterrichtserfahrung und die derzeitige Stundenbelastung werden ebenfalls erfragt.

Auf den Innenseiten des Fragebogens sind insgesamt 46 Aussagen abgedruckt. Zu jeder Aussage kann der Zustimmungswert 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 Lippowsky u. a. (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 (ÜS):

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

Skala	Konstrukt	Items	ÜS
EmpWissA	Empiristisches Wissenschaftsverständnis (gekürzt von 10 auf 6 Items)	6	a
KonsWissA	Konstruktivistisches Wissenschaftsverständnis	5	a
RezLernA	Rezeptive Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler	10	b
KonsLernA	Konstruktivistische Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler	8	b

Abb.2: Übernommene Skalen (vgl. Seidel u. a., 2008), gekennzeichnet durch endständiges A.

3. Auswertung

3.1. Stichprobengüte

Mit einem Rücklauf von insgesamt $n = 244$ gültigen Fragebögen sind mehr als 12 % der Grundgesamtheit von $N = 2017$ Physiklehrerinnen und Physiklehrern an niedersächsischen Gymnasien und Gesamtschulen abgedeckt worden.

Als Grundlage für die Beurteilung der Repräsentativität kann mangels aufgeschlüsselter Daten nur das Alter der Probanden herangezogen werden. Zum Vergleich mit den statistischen Daten des niedersächsischen Kultusministeriums [18] wurde das Alter im Jahr 2009 bestimmt und die Altersverteilung in der Stichprobe mit der Altersverteilung in einer erweiterten Grundgesamtheit aller Lehrkräfte an niedersächsischen Gymnasien und Gesamtschulen verglichen. Hierbei zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung der Altersverteilung in der Stichprobe und der Altersverteilung in der erweiterten Grundgesamtheit. Daher wird davon ausgegangen, dass die Stichprobe als repräsentativ angesehen werden kann.

Skala	Konstrukt	Items	ÜS
HerleitungB	Herleiten von Formeln und Ableiten aus Messergebnissen heraus	2	c
FormelnB	Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht	8	a,b
SuSVerstAnwB	Gefühl, dass die eigenen Schülerinnen und Schüler Formeln anwenden und verstehen können	2	c
MethodenB	Überzeugung von der Wichtigkeit von Methoden und Interesse gegenüber Fachwissen	2	a,b
CurriculaB	Kenntnis und Umsetzung der curricularen Vorgaben	2	c

Abb.3: Deduktiv gebildete Skalen, gekennzeichnet durch endständiges B.

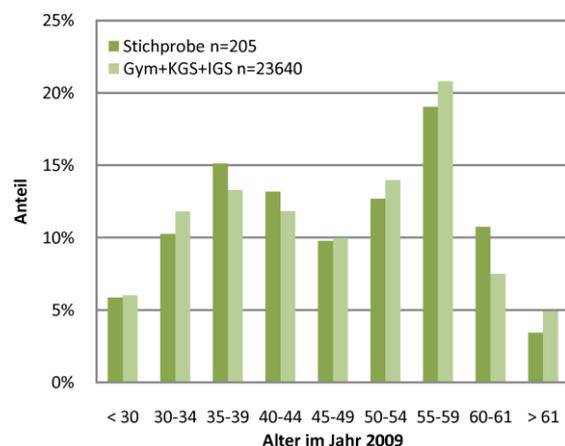


Abb.4: Altersverteilung der Lehrkräfte.

3.2. Erwartete Korrelationen übernommener und deduktiv gebildeter Indexskalen

Bei Seidel u. a. (2008) korreliert ein empiristisches Wissenschaftsverständnis (EmpWissA) positiv mit rezeptiven Überzeugungen über das Lernen von Schülerinnen und Schülern (RezLernA) ($r = ,28$; $p = ,046$; $n = 50$). Ebenso wurde ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen einem konstruktivistischen Wissenschaftsverständnis (KonsWissA) und konstruktivistischen Überzeugungen über das Lernen von Schülerinnen und Schülern (KonsLernA) gefunden ($r = ,41$; $p = ,003$; $n = 50$).

Den Ausführungen von Seidel u. a. (2008) folgend, stehen sich empiristische und konstruktivistische epistemologische Überzeugungen diametral entgegen, sodass zwischen ihnen eine deutliche negative Korrelation erwartet werden kann. Analoges gilt für rezeptive und konstruktivistische Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler.

Wir gingen davon aus, dass Lehrkräfte, die konstruktivistische Überzeugungen über das Lernen vertreten, Formeln im Unterricht herleiten und/oder aus Messergebnissen ableiten und daher Formeln eher als wichtig für den Physikunterricht erachten. Ebenso gingen wir davon aus, dass Lehrkräfte, die rezeptive Überzeugungen über das Lernen vertreten, mehr Wert auf die Anwendung von Formeln legen und die Kernkompetenz bezüglich der Formelnutzung in der sicheren Benutzung der Formelsammlung sehen.

Folglich sollten die Skalen zum Herleiten von Formeln und Ableiten aus Messergebnissen heraus (HerleitungB) sowie zur Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht (FormelnB) positiv mit konstruktivistischen Über-

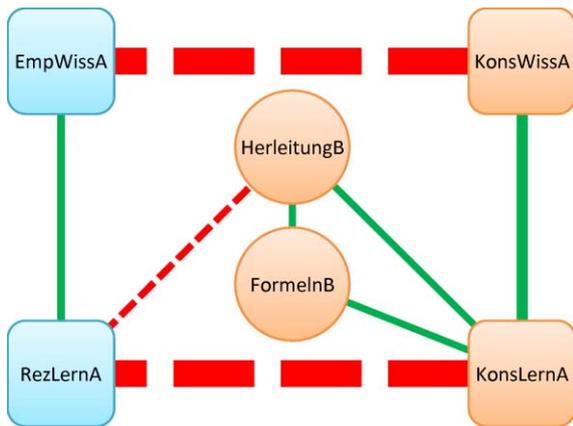


Abb.5: Erwartete Korrelationen übernommener und deduktiv gebildeter Skalen (vgl. Seidel u. a., 2008; $n = 50$). Die Linienbreite ist proportional zur vermuteten Stärke der jeweiligen Korrelation. Grüne, durchgezogene Linien bedeuten positiv erwartete Korrelationskoeffizienten. Rote, gestrichelte Linien bedeuten negativ vermutete Korrelationskoeffizienten.

zeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler (KonsLernA) zusammenhängen und ebenso untereinander positiv korrelieren. Im Gegenzug sollten die Skalen zu rezeptiven Überzeugungen über das Lernen (RezLernA) sowie zum Herleiten von Formeln und Ableiten aus Messergebnissen heraus (HerleitungB) negativ korreliert sein.

3.3. Gemessene Korrelationen übernommener und deduktiv gebildeter Indexskalen

Die Korrelation zwischen einem empiristischen Wissenschaftsverständnis (EmpWissA) und rezeptiven Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler (RezLernA) fällt praktisch gleich hoch wie bei Seidel u. a. (2008) aus, jedoch verringert sich die Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = ,046$ auf $p = ,000$. Die von uns erwartete Korrelation zwischen konstruktivistischen Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler (KonsLernA) und einem konstruktivistischen Wissenschaftsverständnis (KonsWissA) lässt sich dagegen nicht signifikant nachweisen. Die negativ vermutete Beziehung zwischen rezeptiven Überlegungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler (RezLernA) und der Skala zum Herleiten von Formeln und Ableiten aus Messergebnissen heraus (HerleitungB) fällt entgegen der Erwartung hoch signifikant und deutlich positiv aus.

Ebenso korrelieren konstruktivistische Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler (KonsLernA) nicht mit der Skala zum Herleiten von Formeln und Ableiten aus Messergebnissen heraus (HerleitungB) und mit der Einschätzung zur Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht (FormelnB) nicht positiv, sondern hoch signifikant und deutlich negativ.

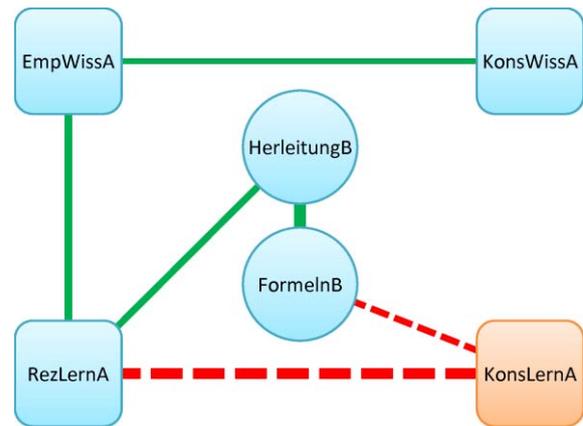


Abb.6: Gemessene Korrelationen übernommener und deduktiv gebildeter Skalen. Die Linienbreite ist proportional zum jeweiligen Rangkorrelationskoeffizienten (Spearman's Rho). Grüne, durchgezogene Linien bedeuten positive und rote, gestrichelte Linien negative Korrelationskoeffizienten. Alle dargestellten Korrelationen sind auf dem 0,01-Niveau signifikant. Stichprobe mit $n = 244$.

Der vermutete positive Zusammenhang zwischen dem Herleiten von Formeln und Ableiten aus Messergebnissen heraus (HerleitungB) und der Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht (FormelnB) wurde bestätigt.

Der vermutete negative Zusammenhang zwischen rezeptiven und konstruktivistischen Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler (RezLernA bzw. KonsLernA) kann deutlich bestätigt werden, wohingegen der ebenfalls vermutete negative Zusammenhang zwischen einem empiristischen und einem konstruktivistischen Wissenschaftsverständnis (EmpWissA bzw. KonsWissA) hoch signifikant positiv ausfällt, was den Ausführungen von Seidel u. a. (2008) derart widerspricht, dass wir die bestehenden Skalen zunächst verworfen und eine Faktorenanalyse durchgeführt haben, um neue Skalen induktiv zu bilden.

3.4. Faktorenanalyse

In der Faktorenanalyse konnten die Skalen EmpWissA, HerleitungB, SuSVerstAnwB, MethodenB und CurriculaB reproduziert werden. Sie gleichen somit den im Folgenden ohne das endständige A bzw. B gekennzeichneten Skalen entsprechender Kurzbezeichnung.

Die Items der von Seidel u. a. (2008) übernommenen Skala zum konstruktivistischen Wissenschaftsverständnis (KonsWissA) mussten jedoch neu interpretiert werden. Tatsächlich bilden Sie die *Überzeugung von der Nützlichkeit des im Physikunterricht Erlernten für Schule und Alltag* (Nutzen) ab. Dies entspricht auch der Interpretation der Items wie sie bei Seidel u. a. (2003) sowie Seidel u. a. (2005) noch zu finden ist.

Skala	Konstrukt	Items	ÜS
EmpWiss*	Empiristisches Wissenschaftsverständnis	6	a
Nutzen	Überzeugung von der Nützlichkeit des im Physikunterricht Erlernten für Schule und Alltag	4	a
RezLern	Rezeptive Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler	6	b
KonsLern	Konstruktivistische Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler	8	b
Herleitung*	Herleiten von Formeln und Ableiten aus Messergebnissen heraus	2	c
Formeln	Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht	7	a,b
SuSVerstAnw*	Gefühl, dass die eigenen Schülerinnen und Schüler Formeln anwenden und verstehen können	2	c
Methoden*	Überzeugung von der Wichtigkeit von Methoden und Interesse gegenüber Fachwissen	2	a,b
Curricula*	Kenntnis und Umsetzung der curricularen Vorgaben	2	c

Abb.7: Induktiv gebildete Skalen (*keine Veränderung).

SkalenvARIABLE	Formeln			
Konstrukt	Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht			
Variable	Text	ÜS		
w14	Formeln sind wichtig für ein physikalisches Grundverständnis.	a		
w20*	Physik lässt sich auch ohne den Einsatz von Formeln verstehen. (umgepolt)	a		
w24	Das Rechnen von Übungsaufgaben führt zum Physikverständnis.	b		
w33	Im Physikunterricht wird vorausgesetzt, dass man mit Formeln umgehen kann.	b		
w40*	Der Physikunterricht der Mittelstufe könnte auch völlig ohne Formeln auskommen. (umgepolt)	b		
w42	Die Einübung von mathematischen Prozeduren ist unabdingbar für erfolgreiches physikalisches Denken und Problemlösen.	b		
w44	Ich setze im Unterricht viele Formeln ein.	b		
Variable	Skalenergebnisse			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>r_{it}</i>	<i>a</i>
w14	2,83	,818	,584	,797
w20*	2,66	,924	,642	,786
w24	2,63	,799	,547	,802
w33	2,67	,898	,402	,826
w40*	3,23	,973	,604	,793
w42	2,76	,922	,581	,796
w44	2,37	,841	,610	,792
Skala	<i>α</i> = ,823			
	<i>M</i> = 2,736			
	<i>SD</i> = ,616			
	<i>N</i> = 233			

Abb.8: Dokumentation der Skala *Formeln*.

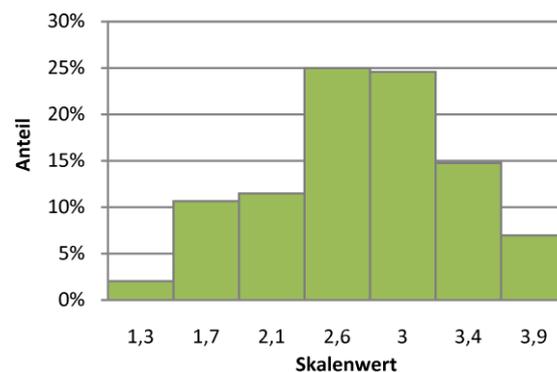


Abb.9: Häufigkeitsverteilung der Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht (Formeln). Prozentualer Anteil über Skalenwert (1 = »stimmt nicht« bis 4 = »stimmt«).

Beispielhaft wird an dieser Stelle die Skala zur Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht (Formeln) dokumentiert.

3.5. Korrelationen der induktiv gebildeten Skalen

Werden die aus der Faktorenanalyse hervorgegangenen Skalen betrachtet, verändern sich die Korrelationen in ihrer Ausprägung leicht, bleiben jedoch in ihrer Art weitestgehend erhalten.

Hinzu kommt eine deutlich positive Korrelation zwischen rezeptiven Überzeugungen über das Lernen (RezLern) und der Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht (Formeln). Ebenso korrelieren das Herleiten von Formeln und Ableiten aus Messergebnissen heraus (Herleitung) und die Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht (Formeln) positiv mit einem empiristischen Wissenschaftsverständnis (EmpWiss).

Das Herleiten von Formeln und Ableiten aus Messergebnissen heraus (Herleitung) sowie die Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht (Formeln) hängen wiederum positiv mit dem Gefühl, dass die eigenen Schülerinnen und Schüler Formeln verstehen und anwenden können (SuSVerstAnw) zusammen. Außerdem korreliert die Überzeugung von der Nützlichkeit des im Physikunterricht Erlernten für Schule und Alltag (Nutzen) positiv mit dem Gefühl, dass die eigenen Schülerinnen und Schüler Formeln verstehen und anwenden können (SuSVerstAnw).

Konstruktivistische Überzeugungen über das Lernen der Schülerinnen und Schüler (KonsLern) korrelieren positiv mit der Überzeugung von der Wichtigkeit von Methoden und Interesse gegenüber Fachwissen (Methoden), wobei diese wiederum negativ mit der Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht (Formeln) und rezeptiven Überzeugungen über das Lernen (RezLern) verbunden ist.

Konstruktivistische Überzeugungen über das Lernen (KonsLern) korrelieren außerdem positiv mit der Kenntnis und Umsetzung der curricularen Vorgaben (Curricula).

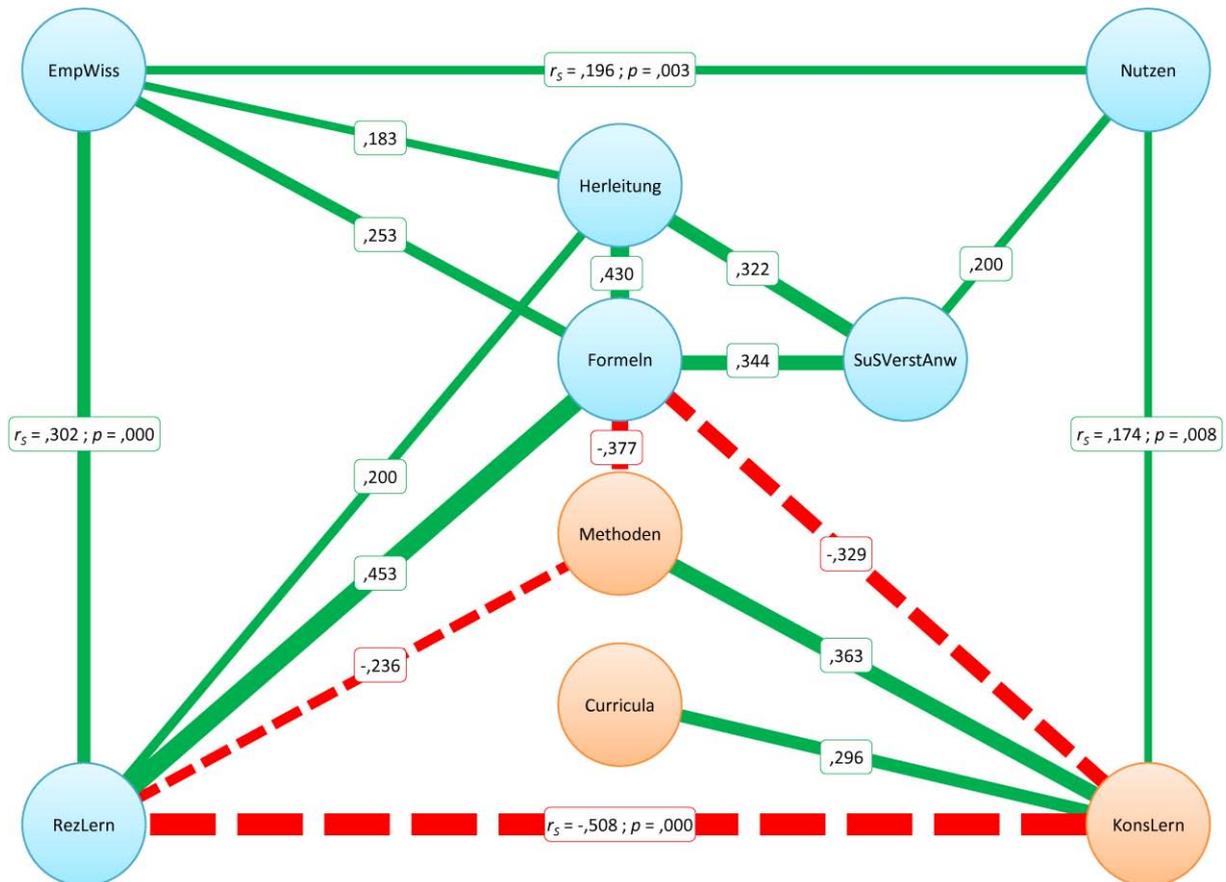


Abb.10: Korrelationen der induktiv gebildeten Indexskalen. Die Linienbreite ist proportional zum jeweiligen Rangkorrelationskoeffizienten (Spearman's Rho). Grüne, durchgezogene Linien bedeuten positive Korrelationskoeffizienten. Rote, gestrichelte Linien bedeuten negative Korrelationskoeffizienten. Alle dargestellten Korrelationen sind auf dem 0,01-Niveau signifikant. Stichprobe mit $n = 244$.

4. Zusammenfassung

Es konnte eine hoch reliable Indexskala zur Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht gebildet werden. Die Verteilung der Überzeugungen der befragten Lehrkräfte ähnelt einer Normalverteilung und zeigt, dass die befragten Lehrerinnen und Lehrer Formeln keine besondere Bedeutung im Physikunterricht zuweisen. Diese Beobachtungen decken sich mit denen zu einer Skala zum Gefühl der Lehrkräfte, dass die eigenen Schüler Formeln anwenden und verstehen können. Lehrerinnen und Lehrer, die das Gefühl haben, dass ihre Schüler Formeln verstehen, erachten Formeln auch als wichtiger für den Physikunterricht. Obwohl die Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht im Mittel sehr niedrig ist, stimmt fast die Hälfte der Lehrkräfte den Aussagen voll zu, dass sie Formeln im Unterricht herleiten und aus Messwerten ableiten.

Die von Seidel u. a. (2008) übernommene Skala zum empiristischen Wissenschaftsverständnis konnte bestätigt werden. Ebenso war die Übernahme der Skalen zu den Überzeugungen vom Lernen nach einer kleinen Anpassung möglich. Die Skala zum kon-

struktivistischen Wissenschaftsverständnis musste hingegen abgeändert und neu interpretiert werden. Denn tatsächlich bildet sie die Überzeugungen von der Nützlichkeit des im Physikunterricht Erlernten für Alltag und Schule ab.

Bei der Untersuchung der Interskalenkorrelationen ergaben sich zwei von den unterschiedlichen Überzeugungen über das Lernen ausgehende Konstruktgruppen. Durch positive Korrelationen sind einerseits rezepptive Überzeugungen über das Lernen, ein empiristisches Wissenschaftsverständnis, die Überzeugung von der Nützlichkeit des im Physikunterricht Erlernten, das Herleiten von Formeln im Unterricht und Ableiten aus Messergebnissen heraus, die Überzeugung von der Wichtigkeit von Formeln im Physikunterricht sowie das Gefühl, dass die eigenen Schülerinnen und Schüler Formeln verstehen miteinander verbunden. Andererseits bilden konstruktivistische Überzeugungen über das Lernen, die Überzeugung von der Wichtigkeit der Vermittlung von Methoden und Interesse gegenüber Fachwissen und die Kenntnis und Anwendung der curricularen Vorgaben einen Block.

5. Ausblick

Die vorliegenden Befunde liefern mit den induktiv gebildeten reliablen Indexskalen neue, auf die Formelnutzung im Physikunterricht bezogene, Messinstrumente. Das vorhandene Datenmaterial erlaubt dennoch weitere Aufschlüsse und sollte noch unter anderen relevanten Aspekten untersucht werden.

Etwa musste der Einfluss der Angaben zur Person außen vor gelassen werden. Ebenso wie die auf die offenen Fragen zu den Einstellungen gegenüber Formeln und der Nutzung von Formeln im eigenen Unterricht gegebenen Antworten. Der Einfluss der Ausbildung der Lehrkräfte sollte hier untersucht werden. In einer tiefer gehenden Analyse sollten formelbezogene Lehrerkategorien ausgearbeitet werden, um die Determinanten der Einstellungen gegenüber Formeln zu finden. Eine qualitative Analyse der offenen Fragen wird neue Erkenntnisse zu den unterschiedlichen Aspekten der Formelnutzung im Physikunterricht liefern. Welche Einstellung eine einzelne Lehrkraft vertritt, wie sie Formeln im Unterricht einsetzt und wie sie Formeln Schülerinnen und Schülern näherbringt, lässt sich durch die offenen Fragestellungen tiefgehend analysieren, quantifizieren und mit den aus der quantitativen Analyse gewonnenen Ergebnissen in Beziehung setzen.

6. Literatur

- [1] HOFFMANN, Lore; HÄUSSLER, Peter ; LEHRKE, Manfred (1997): Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel.
- [2] HÖNER, Kerstin (1996): Mathematisierung im Chemieunterricht – ein Motivationshemmnis. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2 (1996) 2, S. 51-70
- [3] HÄUSSLER, Peter ; BÜNDER, Wolfgang ; DUIT, Reinders ; GRÄBER, Wolfgang ; MAYER, Jürgen (1998): Naturwissenschaftliche Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis. Kiel.
- [4] MÜLLER, Rainer ; HEISE, Elke (2006): Formeln in physikalischen Texten: Einstellungen und Textverständnis von Schülerinnen und Schülern. In: *PhyDid – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 2 (2006) 5, S. 62-70
- [5] STRAHL, Alexander ; MÜLLER, Rainer (2007): Formelverständnis in der Physik: erste Ergebnisse einer Untersuchung. NORDMEIER, Volkhard (Hrsg.) ; OBERLÄNDER, Arne (Hrsg.) ; GRÖTZBAUCH, Helmuth (Hrsg.): *Didaktik der Physik – Regensburg 2007. Beiträge zur Frühjahrstagung der DPG*. Berlin.
- [6] STRAHL, Alexander ; SCHLEUSNER, Ulf ; MOHR, Matthias ; MÜLLER, Rainer (2009): Beurteilung von Formeln durch Schüler – eine Fragebogen-Untersuchung. In: HÖTTECKE, Dietmar (Hrsg.): *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008 Bd. 29*. Münster.
- [7] STRAHL, Alexander ; MOHR, Matthias ; SCHLEUSNER, Ulf ; KRECKER, Michael ; MÜLLER, Rainer (2010): Akzeptanz von Formeln – Vergleich zweier Erhebungen. In: *PhyDid B – Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*
- [8] STRAHL, Alexander ; GROBE, Julian ; MÜLLER, Rainer (2010): Was schreckt bei Formeln ab? – Untersuchung zur Darstellung von Formeln. In: *PhyDid B – Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*
- [9] SEIDEL, Tina ; SCHWINDT, Katharina ; ROMMELE, Rolf ; PRENZEL, Manfred (2008): Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht? In: *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, Sonderheft 9-08 (2008), S. 259-276
- [10] STAUB, Fritz C. ; STERN, Elsbeth (2002): The Nature of Teachers' Pedagogical Content Beliefs Matters for Students' Achievement Gains: Quasi-Experimental Evidence From Elementary Mathematics. In: *Journal of Educational Psychology* 94 (2002) 2, S. 344-355.
- [11] CASPARY, Ralf (Hrsg.) (2009): *Lernen und Gehirn: Der Weg zu einer neuen Pädagogik* (2009) 6. Aufl. Freiburg.
- [12] MERZYN, Gottfried (1994): *Physikschulbücher, Physiklehrer und Physikunterricht: Beiträge auf der Grundlage einer Befragung westdeutscher Physiklehrer*. Kiel.
- [13] MALLE, Günther ; WITTMANN, Erich C. (Hrsg.) (1993): *Didaktische Probleme der elementaren Algebra*. Braunschweig.
- [14] NEO-Fünf-Faktoren-Inventar nach Costa und McCrae
- [15] NEO-Persönlichkeitsinventar nach Costa und McCrae, revidierte Fassung
- [16] RENKL, Alexander (2008): *Lernen und Lehren im Kontext der Schule*. In: RENKL, Alexander (Hrsg.): *Lehrbuch Pädagogische Psychologie*. (2008) 1. Aufl. Bern.
- [17] LIPOWSKY, F. ; PAULI, C. ; KLIEME, E. ; REUSSER, K. (2002): *Lehrerfragebogen zur Erfassung unterrichts-, selbst- und schul Umweltbezogener Kognitionen*.
- [18] Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.) (2010): *Die niedersächsischen allgemein bildenden Schulen in Zahlen – Stand: Schuljahr 2009/2010*. Hannover.
- [19] SEIDEL, Tina (Hrsg.) ; PRENZEL, Manfred (Hrsg.) ; DUIT, Reinders (Hrsg.) ; LEHRKE, Manfred (Hrsg.) (2003): *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“*. Kiel.
- [20] SEIDEL, Tina (Hrsg.) ; PRENZEL, Manfred (Hrsg.) ; KOBARG, Mareike (Hrsg.) (2005): *How to run a video study: Technical report of the IPN video study*. Münster.