

Kevin Kärcher¹
Hans-Dieter Körner¹

¹Pädagogische Hochschule
Schwäbisch Gmünd

Vergleich motivationaler Aspekte in Chemie und Mathematik

In der Chemie, wie auch in anderen (Natur-)Wissenschaften, wird sehr häufig die Mathematik zur Beschreibung von Regeln und Gesetzen verwendet. Es ist also der Fall, dass mathematische Kompetenzen elementar für die Beschäftigung mit Chemie sind. Allerdings stellen verschiedene Forschungsergebnisse aus der Chemie- und Physikdidaktik heraus, dass der Umgang mit Mathematik in den jeweiligen Unterrichts- und Studienfächern problembehaftet ist (Geyer, 2020; Kimpel, 2018). Ein möglicher Einflussfaktor könnte in den Einstellungsmerkmalen der Lernenden gegenüber den Fächern liegen, da ein positiver Zusammenhang zwischen Wertvorstellungen und dem Leistungserfolg in anderen Fächern bereits empirisch belegt ist (Gaspard, Nagengast & Trautwein, 2019). Deshalb werden im vorliegenden Beitrag die motivationalen Aspekte von Schüler:innen in Chemie, Mathematik und differenzierten Aktivitäten der Chemie, u.a. dem chemischen Rechnen, beleuchtet.

Theoretischer Hintergrund

Nach Gaspard, Nagengast & Trautwein, (2019) sind fachbezogene, kognitive Wertkomponenten, wie bspw. die empfundene Wichtigkeit, von Schüler:innen zentraler Bestandteil ihrer Motivation gegenüber einem Schulfach. Sie basieren auf der Erwartungs-Wert-Theorie (EWT) von Eccles (2005) und beeinflussen danach ebenso wie das fachliche *Selbstkonzept* das leistungsbezogene Verhalten von Schüler:innen in einem Fach, einem bestimmten Teilbereich oder hinsichtlich bestimmter Aktivitäten. Zu differenzieren sind dabei:

- Der *Intrinsic Value*, bei welchem sich Parallelen zum emotionalen Teil des persönlichen Interesses in der Person-Gegenstands-Theorie ziehen lassen (Gaspard, Nagengast & Trautwein, 2019; Krapp, 1992).
- Der *Attainment Value*, gleichzusetzen mit der persönlich empfundenen Wichtigkeit. Dieser weist eine Ähnlichkeit zum wertbezogenen Bereich des persönlichen Interesses in der o.g. Person-Gegenstands-Theorie (Gaspard, Nagengast & Trautwein, 2019; Krapp, 1992) auf.
- Die Nützlichkeit (*Utility Value*). Sie bezieht sich darauf, welchen Wert die Beschäftigung mit einem Fach(gebiet) für das persönliche Vorankommen in bestimmten Teilbereichen des Lebens hat. Somit können Parallelen zur extrinsischen Motivation gezogen werden (Gaspard, Nagengast & Trautwein, 2019).
- Abschließend die Kosten (*Cost*), die mit der Beschäftigung einhergehen.

Die sich aus diesen Komponenten ergebende Wertüberzeugung gegenüber einem Schulfach zeigt, wie bereits erwähnt, einen positiven Zusammenhang sowohl mit Leistungen als auch mit Erfolgserwartungen und erweist sich als zuverlässiger Prädiktor der Anstrengungsbereitschaft für Aktivitäten innerhalb dieses Fachs. Daraus lässt sich für die eingangs beschriebene problembehaftete Anwendung von Mathematik im Chemieunterricht ableiten, dass die Wertüberzeugung gegenüber Mathematik und/oder Chemie einen Einfluss

auf die Einstellung gegenüber chemischer Mathematik haben kann. Zur Erfassung der beschriebenen Wertkomponenten bieten Gaspard und Kolleg:innen ein umfassendes, validiertes und erprobtes Testinstrument zum Einsatz in der Schule an, welches sich auf verschiedene Fächer anpassen lässt (Gaspard, Brisson et al., 2019; Gaspard, Nagengast & Trautwein, 2019).

Das als *Tübinger Skalen zur Erfassung von Wertüberzeugungen* (im Folgenden: TSEW) bekannte Instrument wurde bereits 2012/2013 in der Studie MoMa (Motivationsförderung im Mathematikunterricht) für das Fach Mathematik (Gaspard, Brisson et al., 2019) und 2014/15 in einer weiteren Studie (Gaspard et al., 2017) für die Fächer Mathematik, Deutsch, Englisch, Biologie und Physik eingesetzt. Das Fach Chemie wurde bislang nicht in den Blick genommen. Leider sehen die TSEW keine Möglichkeiten zur Ausdifferenzierung spezifischer Aktivitäten in einem Fach vor.

Forschungsfragen und Studiendesign

Die fehlenden Kenntnisse der Wertüberzeugungen von Schüler:innen in Chemie, macht die Adaption der Skalen auf das Fach notwendig. Darüber hinaus soll eine Ergänzung des Erhebungsinstruments um Items zur Einstellung gegenüber spezifischen Aktivitäten in der Chemie erfolgen. Es lassen sich daraus folgende Forschungsfragen ableiten:

- FF1: Welche fachspezifischen Unterschiede hinsichtlich des *Selbstkonzepts* sowie der Wertkomponenten, *Intrinsic Value*, *Attainment Value*, *Utility Value* und *Cost* treten auf?
- FF2: Welche Unterschiede hinsichtlich dieser Dimensionen treten in unterschiedlichen Teilstichproben (Geschlecht, Schulart, Klassenstufe, Kurswahl) auf?
- FF3: Lassen sich die ergänzten Items zu Skalen zusammenfügen?
- FF4: Ergeben sich Zusammenhänge zwischen den originären Skalen der TSEW und den ergänzten Skalen?

Nach Anpassungen und Ergänzungen resultiert ein Erhebungsinstrument mit je 41 Items zum Selbstkonzept und den Wertkomponenten in Chemie und Mathematik und 16 Items zur Einstellung gegenüber spezifischen Aktivitäten der Chemie (chemisches Rechnen, Auseinandersetzung mit theoretischen Inhalten und Experimentieren). Als Antwortoption wurde wie im Instrument von Gaspard und Kolleg:innen eine vierstufige Likertskala („stimmt gar nicht“ bis „stimmt genau“) angeboten.

Da die Schüler:innen bereits Erfahrung mit dem chemischen Rechnen im Chemieunterricht gesammelt haben sollten, wurde die Erhebung in den Klassenstufen 10 und höher an Gemeinschafts- und Realschulen, sowie allgemeinbildenden und beruflichen Gymnasien im Ostalbkreis Baden-Württembergs durchgeführt. Die Fragebögen wurden sowohl in einer Paper & Pencil Version als auch in einem Onlineformat eingesetzt.

Ergebnisse

Am Ende des Erhebungszeitraums (Mai bis Juli 2022) lagen N=193 auswertbare Fragebögen aus verschiedenen Schulformen (ca. 89% Gymnasium und 11% Real-/Gemeinschaftsschule) vor. Dabei verteilten sich die Proband:innen zu knapp 30 Prozent auf die zehnte Klasse und zu 70 Prozent auf die Kursstufe. Die Geschlechterverteilung lag bei ca. 52% weiblichen, ca. 46% männlichen und 2% diversen Teilnehmer:innen.

Vergleiche zwischen den Skalenmittelwerten aller erhobenen Dimensionen zeigen bis auf den Skalenwert für *Cost* einen signifikant höheren Wert für die Mathematik gegenüber der Chemie auf. Ein Vergleich der Angaben zur Mathematik mit den Ergebnissen aus der MoMa-Erhebung (Gaspard, Brisson et al., 2019) zeigt bis auf den Skalenwert für *Cost* keine signifikanten Unterschiede auf. In der vorliegenden Erhebung erzielten die Proband:innen jedoch einen höheren Wert für die Kosten als in der MoMa-Erhebung (Gaspard, Brisson et al., 2019). Das könnte auf den großen Anteil von Kursstufenschüler:innen in der vorliegenden Stichprobe zurückgeführt werden, da diese im Erhebungszeitraum vor abiturrelevanten Klausuren standen. Alle Ergebnisse der Mittelwertvergleiche der Angaben für Chemie und Mathematik sind in Tabelle 1 dargestellt. Forschungsfrage 1 lässt sich also dahingehend beantworten, dass die Proband:innen in Mathematik, sowohl für das Selbstkonzept als auch für alle Wertkomponenten, ausgenommen der Kosten, signifikant höhere Werte aufweisen als in Chemie. Für die Unterschiede im *Selbstkonzept* und dem *Intrinsic Value* zwischen den Fächern zeigen sich hohe Effektstärken (Cohen, 1988). Für die Unterschiede im *Attainment* und *Utility Value* zeigen sich mittlere Effekte (ebd.).

Tab. 1: Skalenmittelwerte und Ergebnisse der Mittelwertvergleiche

Skala	Mathematik	Chemie	t-Test
Selbstkonzept	2,62	2,23	t(191)=5,23; $p < .001$; d=1,02
Intrinsic Value	2,22	2,00	t(191)=2,76; $p < .01$; d=1,13
Attainment Value	2,82	2,15	t(191)=12,12; $p < .001$; d=0,77
Utility Value	2,56	1,78	t(191)=17,347; $p < .001$; d=0,62
Cost	2,55	2,43	t(192)=1,971; $p = n.s.$

Um die explorative zweite Forschungsfrage zu beantworten, wurden innerhalb der Fächer Proband:innen von unterschiedlichen Geschlechtern, Schularten und Klassenstufen verglichen. Dabei ergab sich lediglich für die weiblichen Teilnehmenden ein signifikant höherer *Attainment Value* in der Mathematik als ihn die männlichen Teilnehmenden aufwiesen (ANOVA mit Post-Hoc-Vergleich Bonferroni: Diff.: 0,32511; $F(2,188)=5,669$; $p < .01$)

Aus den 16 hinzugefügten Items konnten nach einer explorativen Faktorenanalyse 3 Skalen gebildet werden (Forschungsfrage 3). Besonders von Interesse ist dabei die Skala zur Einstellung gegenüber dem chemischen Rechnen, die nach der Faktorenanalyse 5 Items enthielt und eine Reliabilität nach Cronbachs alpha von $\alpha = .862$ aufweist. Für die gesamte Stichprobe konnte ein Skalenmittelwert von $M=1,98$ ($SD = 0,76$) bestimmt werden. Um Einflüsse auf ebendiesen zu identifizieren (Forschungsfrage 4), wurden zwei lineare Regressionen durchgeführt. In der ersten Regression zeigten sich signifikante Einflüsse des *Intrinsic Values Mathematik*, dem *Selbstkonzept Chemie* und dem *Utility Value Chemie* auf die Einstellung zum chemischen Rechnen. Daraufhin wurden unter den identifizierten Einflussvariablen Moderatorvariablen bestimmt und die Daten einer erneuten Regression unterzogen. Dabei stellte sich ein moderierender Effekt des *Intrinsic Values Mathematik* auf den Einfluss des *chemischen Selbstkonzepts* heraus. Durch die Hinzunahme der Moderationsvariable verbessert sich die Varianzaufklärung des Modells.

Tab. 2: Linear Regression ($R^2_{\text{kor.}}=.551$; $F(4,187)=59,636$, $p<.001$)

Variable	Beta	t-Wert	Signifikanz
Intrinsic Value (IV) Mathematik	0,275	t(187)=5,264	p<.001
Selbstkonzept (SK) Chemie	0,468	t(187)=7,822	p<.001
Utility Value Chemie	0,166	t(187)=2,928	p<.01
Moderationsvariable SK Chem. & IV Math.	0,130	t(187)=2,646	p<.01

Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass das *Selbstkonzept* und die Wertkomponenten *Intrinsic Value*, *Attainment Value* und *Utility Value* von Schüler:innen gegenüber Chemie signifikant niedriger ausfallen als gegenüber Mathematik. Innerhalb der beiden Fächer zeigen sich dabei aber kaum geschlechts- oder schulartspezifischen Unterschiede.

Abschließend kann berichtet werden, dass eine reliable Skala zur Einstellung gegenüber dem chemischen Rechnen erstellt wurde und deren Ausprägung insbesondere durch das *Selbstkonzept* in Chemie vorhergesagt werden kann. Dieser Einfluss wird durch den *Intrinsic Value* in Mathematik moderiert. Daneben nimmt der *Utility Value Chemie* eine vorhersagende Funktion ein.

Literatur

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Eccles, J. S. (2005). Subjective Task Value and the Eccles et al. Model of Achievement-Related Choices. In *Handbook of competence and motivation* (S. 105–121). Guilford Publications.
- Gaspard, H., Brisson, B., Häfner, I., Dicke, A.-L., Flunger, B., Parrisius, C., Nagengast, B. & Trautwein, U. (2019). *Motivationsförderung im Mathematikunterricht (MoMa 1.0): Skalendokumentation Schülerfragebogen*. Universität Tübingen - Hector-Institut für Empirische Bildungsforschung. <https://www.iqb.hu-berlin.de/fdz/studies/MoMa>
- Gaspard, H., Häfner, I., Parrisius, C., Trautwein, U. & Nagengast, B. (2017). Assessing task values in five subjects during secondary school: Measurement structure and mean level differences across grade level, gender, and academic subject. *Contemporary Educational Psychology*, 48, 67–84. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.09.003>
- Gaspard, H., Nagengast, B. & Trautwein, U. (2019). *Erfassung von Wertüberzeugungen*. <https://bibliographie.uni-tuebingen.de/xmlui/handle/10900/92534>
- Geyer, M.-A. (2020). *Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 291*. Logos Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832587277
- Kimpel, L. (2018). *Aufgaben in der Allgemeinen Chemie: Zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 249*. Logos Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832590833
- Krapp, A. (1992). Das Interessenkonstrukt: Bestimmungsmerkmale der Intetessenhandkung und des individuellen Interesses aus der Sicht der Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung: Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. Aschendorff.