

Alexander Engl
Björn Risch

Rheinland-Pfälzische Technische
Universität Kaiserslautern Landau,
Campus Landau

Die Einstellung zu Chemie und Natur: Validierung eines Messinstruments

„Chemiefreies Leben“, „Gut in Bio. Schlecht in Chemie“, „Natur statt Chemie“ – die Liste dieser aus der Werbung entnommenen Slogans ließe sich beliebig erweitern. Konsumgüter werden häufig mit Slogans beworben, um sich gezielt von „Chemie“ abzugrenzen und sich das positive Bild von „Natur“ zu Nutze zu machen (Gröger et al. 2014; Schummer 2017). Dass Chemie als Naturwissenschaft allerdings der Beschreibung der Natur dient, um deren Stoffe und Stoffumwandlungen zu erfassen, ist dem Laien selten bewusst. Hierzu geben Janich und Rüchardt (1996) in ihrem Buch „Natürlich, technisch, chemisch. Philosophie und Wissenschaft“ einen umfassenden Überblick. Dieser scheinbare Antagonismus von Chemie und Natur ist in den Köpfen der Öffentlichkeit fest verankert (Lehmann-Riekert 1999; Fischer 2017). Dabei findet Chemie überall statt, insbesondere in der Natur. Diese antagonistische Sichtweise von Chemie und Natur kann beispielsweise durch inhaltliche und methodische Änderungen im Chemieunterricht bewusstgemacht werden (Kaufmann 2000). Kaufmann (2000) schlägt vor, Inhalte zu thematisieren, die mit „Natur“ assoziiert werden und gleichzeitig „Chemie“ behandeln. Dies berücksichtigte Krischer (2015) bei der Gestaltung des Unterrichtskonzepts „...natürlich Chemie!“ und entwickelte Lerneinheiten, die die Natur als Forschungsgegenstand und die Chemie als Werkzeug zur Erklärung verwenden. Daran anknüpfend entstand das Unterrichtskonzept „Chemie Pur – Unterrichten in der Natur“, welches im Sinne von Outdoor Education mit naturnahen Kontexten den Chemieunterricht ins Freiland verlagert und so die Einstellung zu Chemie und Natur von Lernenden der Sekundarstufe II langfristig positiv beeinflusst (Engl 2020). Allerdings liegt hierfür das Forschungsdesiderat vor, dass aktuell kein Messinstrument zur zusammenhängenden Erfassung der Einstellung zu Chemie und Natur existiert. Folglich gilt es ein Messinstrument zu entwickeln und zu validieren. Dafür wird auf die nachfolgende theoretische Rahmung zurückgegriffen.

Die Einstellung zu Chemie und Natur

Die Einstellung zur Wissenschaft Chemie hat sich in den letzten 40 Jahren gewandelt. In den 1980er Jahren wurde Chemie mit Begriffen wie gefährlich, bedrohlich und beängstigend assoziiert (Demuth und Gradert 1988). Müller-Harbach et al. (1990a) stellten in ihrer Untersuchung mit 2.226 Realschülerinnen und Realschülern der zehnten Jahrgangsstufe fest, dass Probanden, die eine positive Einstellung zum Chemieunterricht haben, auch der Wissenschaft Chemie gegenüber aufgeschlossen sind. Weiterhin zeigte sich bei Jungen kein Zusammenhang zwischen der Einstellung zur Wissenschaft Chemie und der Einstellung zu Umweltproblemen, während Schülerinnen, mit einer positiven affektiven Haltung gegenüber Umweltproblemen eine negative Einstellung zur Wissenschaft Chemie aufwiesen und umgekehrt (Müller-Harbach et al. 1990a): „Die bei den Mädchen beobachtete Einstellung entspricht der landläufigen Meinung: Wer sich ökologisch engagiert, lehnt die Chemie ab oder wer Chemie gut findet, hat nichts für die Umwelt übrig.“ (Müller-Harbach et al. 1990a, S: 249). In diesem Spannungsfeld der antagonistischen Einstellungen zu den Bereichen Chemie und Umwelt beziehungsweise Natur entstanden in den letzten 30 Jahren ebenfalls mehrere Replikationsstudien. Werth (1991) hat in seiner Studie 132 Chemiestudierende des ersten Semesters hinsichtlich ihrer Einstellung zu Chemie und Natur befragt. Bei dieser Stichprobe kann ein naturwissenschaftliches Interesse vorausgesetzt werden (Scharf 1994), sodass die minimal positive Einstellung zur Wissenschaft Chemie im Vergleich zur Natur zu einer

Differenz von lediglich 0.65 Punkten führte. Bei 356 fachfremden Studierenden des Grundschullehramts und der Wirtschaftswissenschaften zeigte Kaufmann (2000) eine deutlich größere Kluft von geschätzt 1.9 Punkten. In einer internationalen Vergleichsstudie befragten Krischer et al. (2016) 822 Schülerinnen und Schüler der achten Klasse aus Argentinien, Deutschland, Irland und den USA. Die antagonistische Einstellung zur Wissenschaft Chemie und Natur unterschied sich um 1.39 Punkte. Eine vergleichbare Differenz von 1.22 Punkten wird von Engl (2020) anhand von 149 Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II bestätigt. Diese Ergebnisse verdeutlichen die ausnahmslos positive Einstellung zur Natur in Abgrenzung zur negativen bis geringfügig positiven Einstellung zur Wissenschaft Chemie: „Die meisten Schüler gaben an, dass „natürlich“ und „chemisch“ einen Gegensatz bildeten, sich sogar ausschlossen. Andererseits wußten (!) sie ja, daß die meisten natürlichen Vorgänge auch chemische Vorgänge seien und umgekehrt.“ (Scharf und Werth 1989, S: 64). Das Konstrukt der Einstellung zu Chemie und Natur lässt sich anhand der qualitativen Daten von 249 Schülern der Sekundarstufe I zur Definition der Begriffe Chemie und Natur konkretisieren (Krischer 2015): Die häufigsten Nennungen zum Begriff Chemie umfassten Experimente (116-mal), chemische Reaktionen (74-mal), die Betrachtung, Untersuchung oder Lehre von Stoffen (63-mal) sowie Formeln oder ähnliches (41-mal). Die Definition von Natur ließ sich in die Kategorien von assoziativen Bezügen (165-mal), positive bis romantisierende Wertungen (64-mal), eine Abgrenzung zu Mensch und Kultur (63-mal) sowie ein umfassender Naturbegriff (57-mal) einteilen (Krischer 2015).

Hieraus lässt sich die Notwendigkeit der Analyse von Einstellungsänderungen zu Chemie und Natur durch spezifische Interventionsmaßnahmen ableiten. Dafür ist ein valides Messinstrument notwendig, dessen Testkonstruktion bereits in Engl (2020) beschrieben wurde. Im Folgenden werden das zugrundeliegende Validitätskonzept sowie die Schritte der Validierung dargelegt. Die Validität stellt das wichtigste Gütekriterium eines Tests dar. Sie beschreibt die Gültigkeit des Messvorgangs (Hartig et al. 2012). Die Validierung des Instruments beruht auf dem Konzept der argumentativen Validität nach Messick (1995) und Kane (2001), das theorie- und evidenzbasiert bewertet, inwieweit die Testwertinterpretation für den jeweiligen Verwendungszweck valide ist. Im konkreten Fall wurden die Testwertinterpretationen als Indikatoren für die Einstellung zu Chemie und Natur von Lernenden der Sekundarstufe II festgelegt. Der Verwendungszweck entspricht der Analyse von Einstellungsänderung durch Interventionen (z. B. Outdoor Education Chemie Pur nach Engl 2020). Dieses Validitätskonzept sieht die Konstruktvalidität als Bezugsrahmen, in welches Inhalts- und Kriteriumsvalidität integriert werden (Messick 1995; Kane 2001). Im Rahmen der fachdidaktischen Bildungsforschung sind drei Ebenen von Validitätsaspekten besonders relevant (von Aufschnaiter und Vorholzer 2019):

- (1) Ebene der Aufgaben oder des Settings: Inhaltliche und kognitive Validität z. B. Augenscheinvalidität oder Antwortprozesse
- (2) Ebene der Antworten oder des Verhaltens: Strukturelle und externe Validität z. B. konstruktinmanente Annahmen, diskriminante, konvergente, retrospektive oder prädiktive Validität
- (3) Ebene der Schlussfolgerungen oder des Transfers: Generalisierbarkeit und konsequentielle Validität z. B. Vergleich bekannter Gruppen oder intendierte und unerwünschte (Neben-)Wirkungen

Validierung des Messinstruments

Da die Inhaltsvalidität mehr das Ziel der Testkonstruktion und weniger ein Testgütekriterium darstellt (Schmiemann und Lücken 2014), zielt die Datenerhebung primär auf die Ebene der Antworten oder des Verhaltens sowie auf die Ebene der Schlussfolgerung oder des Transfers ab. Die Datenerhebung gliedert sich in zwei Teilstudien, in denen das Messinstrument zur Erfassung der Einstellung zu Chemie und Natur eingesetzt wurde: An der Teilstu-

die I nahmen 191 Probanden aus 13 Chemie Grund- und Leistungskursen der Jahrgangsstufe elf und zwölf von drei städtischen, allgemeinbildenden Gymnasien teil (Alter: $M = 17$ Jahre, $SD = 0.8$; $\bar{\eta} = 49\%$, $n_{\bar{\eta}} = 90$). Neben demografischen Daten wurden Zeugnisnoten zur Prüfung der retrospektiven Kriteriumsvalidität und die Einstellung zur Wissenschaft Chemie, die Einstellung zur Natur (Kaufmann 2000; Weßnigk 2013; Krischer 2015) mit semantischen Differenzialen sowie die Naturverbundenheit (Schultz 2002; Roczen 2011) zur Prüfung der diskriminanten Konstruktvalidität erfasst. Zur konvergenten Konstruktvalidität wurde zusätzlich das Einzelitem von Schultz (2002) der überlappenden Kreise mit den Beschriftungen „Chemie“ und „Natur“ eingesetzt. In der Teilstudie II wurden 130 Bachelor-Studierenden der ersten Semester in naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Studiengängen befragt teil (Alter: $M = 22$ Jahre, $SD = 3.1$; $\bar{\eta} = 68\%$, $n_{\bar{\eta}} = 89$). Die Datenauswertung erfolgte anhand von Korrelationsanalysen und Unterschiedsprüfungen. Der lineare Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Variablen wurde anhand einer Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson berechnet (Luhmann 2015). Beispielsweise wurden zur Prüfung der diskriminanten Konstruktvalidität vergleichbare Konstrukte – nicht zu ähnlich aber auch nicht zu verschieden – in Beziehung gesetzt, um Zusammenhänge der Einstellung zu „Chemie und Natur“ mit der Einstellung zur Wissenschaft Chemie zu identifizieren. Die Unterschiedsprüfung wurde mittels t-Test zwischen der Gruppe von Studierenden naturwissenschaftliche Fächer im Vergleich zur Gruppe von Studierenden nicht-naturwissenschaftliche Fächer durchgeführt.

Die Korrelationsanalysen zeigen als Indiz für die diskriminante Konstruktvalidität nur geringe Korrelationen und vernachlässigbare Effekte der Testergebnisse des Instruments mit vergleichbaren Konstrukten:

- Korrelation mit Einstellung zur Wissenschaft Chemie (Semantische Differenziale):
 $t(182) = 2.77, p = 0.006, r = 0.20$
- Korrelation mit Einstellung zur Natur (Semantische Differenziale):
 $t(183) = -0.45, p = 0.05, r = -0.03$
- Korrelation mit Naturverbundenheit (Skala):
 $t(183) = 0.69, p > 0.05, r = 0.05$
- Korrelation mit Naturverbundenheit (Einzelitem überlappende Kreise):
 $t(183) = 0.82, p > 0.05, r = 0.06$

Als Indiz für die konvergente Konstruktvalidität liefert die Korrelationsanalyse der Testergebnisse des Instruments mit dem Konstrukt der Einstellung zu Chemie und Natur (Einzelitem überlappende Kreise) einen signifikanten Zusammenhang mit einem großen Effekt ($t(183) = 7.78, p < 0.001, r = 0.50$). Als Indiz für die retrospektive Kriteriumsvalidität ergeben die Korrelationsanalysen der Testergebnisse des Instruments mit den Zeugnisnoten fachspezifisch gerichtete signifikante Zusammenhänge mit kleinen und mittleren Effekten:

- Korrelation mit Zeugnisnote Fach Chemie: $t(179) = -4.76, p < 0.001, r = -0.34$
- Korrelation mit Zeugnisnote Fach Biologie: $t(178) = -4.07, p < 0.001, r = -0.29$
- Korrelation mit Zeugnisnote Fach Geografie: $t(170) = -2.66, p = 0.009, r = -0.20$
- Korrelation mit Notendurchschnitt: $t(161) = -3.18, p = 0.002, r = -0.24$

Als Indiz der Generalisierbarkeit deckt die Unterschiedsprüfung zwischen der Gruppe von Studierenden naturwissenschaftlicher Fächer (z. B. B.Sc. Umweltwissenschaften) im Vergleich zur Gruppe von Studierenden nicht-naturwissenschaftlicher Fächer (z. B. B.Arts Erziehungswissenschaften) signifikante Unterschiede mit einem mittleren Effekt in den Testergebnissen des Instruments auf ($t(128) = -3.92, p < 0.001, d = 0.54$).

Die aufgeführten Indizien dienen als Argumente für die Validität des Messinstruments. Die Validität kann in fortführenden Studien weiter ausgeschärft werden, wenn das Instrument bei anderen Zielgruppen und Interventionsmaßnahmen oder flankiert von anderen methodischen Zugängen eingesetzt wird.

Literatur

- Demuth, R. & Gradert, B. (1988). Schulabschluss und Bild der Chemie: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zum Bild der Chemie in der Öffentlichkeit. *Chemie für Labor und Betrieb*, 39 (12), 602–604.
- Fischer, R. A. (2017). Chemie: Künstliche Natur oder natürliche Kunst?. In A.-D. Weitzte, J. Schummer & T. Geelhaar (Hrsg.), *Zwischen Faszination und Verteufelung: Chemie in der Gesellschaft*. Berlin: Springer.
- Gröger, M., Krischer, D. & Spitzer, P. (2014). Chemieunterricht? Draußen!. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 144 (6), 2–7.
- Hartig, J. Frey, A. & Jude, N. (2012). Validität. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Janich, P. & Rüdhardt, C. (Hrsg.) (1996). *Natürlich, technisch, chemisch: Verhältnisse zur Natur am Beispiel der Chemie*. Berlin: Gruyter.
- Kane, M. T. (2001). Current Concerns in Validity Theory. *Journal of Educational Measurement*, 38 (4), 319–342.
- Kaufmann, H. (2000). Chemieunterricht und das Problem der antagonistischen Sicht von „Natur“ und „Chemie“. In A. Gramm, N. Just, K. Möller, M. Soostmeyer, J. Schlichting & E. Sumfleth (Hrsg.), *Naturwissenschaften und Technik – Didaktik im Gespräch*. Münster, Hamburg, London: Lit.
- Krischer, D. (2015). „...natürlich Chemie!“ *Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten. Ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufen I und II*. Siegen: Universität Siegen.
- Krischer, D., Spitzer, P. & Gröger, M. (2016). „Chemistry is Toxic, Nature is Idyllic“ – Investigation of Pupils' Attitudes. *The Journal of Health, Environment & Education*, 8 (1), 7–13. doi: 10.18455/08002.
- Lehmann-Riekert, A. (1999). Chemie und Öffentlichkeit – der (leicht) gestörte Frieden. *Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium*, 47 (7), 797–800.
- Luhmann, M. (2015). *R für Einsteiger Einführung in die Statistiksoftware für die Sozialwissenschaften*. Weinheim: Beltz.
- Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment. Validation of Inferences From Person's Responses and Performance as Scientific Inquiry Score Meaning. *American Psychologist*, 50 (9), 741–749.
- Müller-Harbach, G., Wenck, H. & Bader, H.-J. (1990a). Die Einstellung von Realschülern zum Chemieunterricht, zu Umweltproblemen und zur Chemie. Teil II: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung an einer Stichprobe von 2200 Realschülern in Nordrhein-Westfalen. *Chimica didactica Zeitschrift für Didaktik der Chemie*, 16 (4), 233–253.
- Roczen, N. (2011). *Environmental competence. The interplay between connection with nature and environmental knowledge in promoting ecological behavior*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.
- Scharf, V. & Werth, S. (1989). Einstellungen und Chemieunterricht - Was bleibt eigentlich. *Chimica didactica Zeitschrift für Didaktik der Chemie*, 15 (1), 55–70.
- Scharf, V. (1994). Urteile und Vorurteile über Chemie. *CHEMKON*, 1 (1), 8–14. doi: 10.1002/ckon.19940010103.
- Schmiemann, P. & Lücken, M. (2014). Validität – Misst mein Test, was er soll?. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schultz, P. W. (2002). Inclusion with nature: The psychology of human-nature relations. In P. Schmuck & W. P. Schultz (Eds.), *The psychology of sustainable development*. New York: Kluwer.
- Schummer, J. (2017). Einführung. In A.-D. Weitzte, J. Schummer & T. Geelhaar (Hrsg.), *Zwischen Faszination und Verteufelung: Chemie in der Gesellschaft*. Berlin: Springer.
- Von Aufschnaiter, C. & Vorholzer, A. (2019) Welche Methoden braucht die Bildungsforschung? Eine fachdidaktische Perspektive. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 30 (58), 57–63
- Werth, S. (1991). *Mensch-Chemie-Natur: grundlegende Einstellungen von Lernenden und ihre Bedeutung*. Essen: Westarp-Wiss.
- Weßnigk, S. (2013). *Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten*. Kiel: Universitätsbibliothek Kiel.