

Kritisches Denken in den Naturwissenschaften: Analyse und Konsequenzen

Die Neudefinition Kritischen Denkens

Kritisches Denken stellt eine zentrale Schlüsselkompetenz für das 21. Jahrhundert dar (Rat der Europäischen Union, 2018) und wird insbesondere in den Naturwissenschaftsdidaktiken als relevante Fähigkeit und Lernziel formuliert (Byrne & Johnstone, 1987; Vieira et al., 2011; Yacoubian, 2015). Dennoch bleibt das Kritische Denken oft vage und uneindeutig definiert (Rafolt et al., 2019), was eine Adressierung im naturwissenschaftlichen Unterricht erschwert. Im Gegensatz zu philosophischen und psychologischen Definitionsansätzen, welche Kritisches Denken als übergeordnetes Konstrukt verstehen und auch den metakognitiven Charakter herausstellen (Halpern, 2014; Kuhn, 1999; Paul & Elder, 2014), wird in den Bildungswissenschaften und Naturwissenschaftsdidaktiken Kritisches Denken schwerpunktmäßig als Kombination von Fähigkeiten und Dispositionen dargestellt (Byrne & Johnstone, 1987; Ennis, 1989; Facione, 1990; Yacoubian, 2015). Hierbei liegt der Schwerpunkt oft auf der Ausbildung rationaler Fähigkeiten, wie der Analyse oder Bewertung von Informationen, wobei die Dispositionen, wie Neugier, Selbstvertrauen oder Aufgeschlossenheit (Facione, 1990), zumeist deskriptiv verbleiben, ohne eine Richtung der Förderung oder Entwicklung darzulegen. Zugleich findet die affektive Ebene, welche das Denken in Bewertungssituationen auf der unbewussten Ebene maßgeblich formt (Kahneman, 2012; Slovic et al., 2002), nur selten Beachtung und wird von wenigen naturwissenschaftsdidaktischen Autoren explizit behandelt (Brambatti Guzzo & Dall'Alba, 2017; Rafolt et al., 2019). Wenn es das Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung ist, Lernende zu befähigen, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, Bezüge zu den Naturwissenschaften in ihrer Lebensrealität zu erkennen und auf dieser Grundlage Entscheidungen zu treffen (Organisation for Economic Co-operation and Development, 1999), kann nicht davon ausgegangen werden, dass Handlung lediglich die Anwendung von Wissen darstellt. Besonders in komplexen Bewertungssituationen, wie bei Socioscientific Issues (SSI) der Fall, zeigen sich aufgrund der Uneindeutigkeit der Lösungen und der moralischen Komplexität Herausforderungen, Wissen anzuwenden, was sich beispielsweise durch die Vermeidung einer klaren Stellungnahme seitens der Lernenden zeigt (Chen & Xiao, 2021). Dies verdeutlicht den Unterschied zwischen einem Verfügungswissen, welches versucht, die Antwort darauf zu geben, wie etwas getan werden kann, und einem Orientierungswissen, welches handlungsleitend aufzuzeigen vermag, was getan werden sollte, und auch moralisch-ethische Aspekte beinhaltet (Mohr, 1989; Reiners, 2022). Aus diesem Spannungsverhältnis erwächst die Notwendigkeit einer Neudefinition Kritischen Denkens, welche die verschiedenen Definitionsansätze zusammenführt, sowohl die kognitive als auch die affektive Ebene adressiert, die metakognitive Ebene berücksichtigt und eine Operationalisierung des Konstruktes ermöglicht. Folgende Neudefinition Kritischen Denkens wird daher vorgeschlagen:

Kritisches Denken (KD) bezeichnet eine sorgfältige, systematische und vor allem begründete Entscheidungsfindung bei der Auseinandersetzung der*s Denkenden mit einem Objekt oder Subjekt. Diese Auseinandersetzung beinhaltet die Evaluation und Anwendung des eigenen Wissens und der eigenen Fähigkeiten auf kognitiver Ebene sowie die Berücksichtigung der eigenen Emotionen, Werte, Einstellungen und Motivationen auf affektiver Ebene. Es umfasst
--

zudem eine konstante Selbstreflexion und -regulation, die eine Rückkopplung zur*m Denken selbst ermöglicht und diese*n nicht nur in die Position der*s Bewertenden, sondern auch in die Position der*s zu Bewertenden versetzt (eigene Definition in Anlehnung u. a. an Halpern, 2014; Kahneman, 2012; Kuhn, 1999; Rafolt et al., 2019).

Kritischem Denken kommt damit eine Schlüsselrolle zu, da es nicht nur eine Fähigkeit, sondern den Prozess geleiteten Denkens selbst darstellt. Das Kritische am Denken ist somit sein multiperspektivisch-prüfender Charakter, welcher nicht allein die Anwendung des Wissens und der Fähigkeiten bestimmt, sondern auch die affektiven Kontexte berücksichtigt, in denen diese zur Ausprägung kommen. Bezogen auf den naturwissenschaftlichen Unterricht lässt sich folgern, dass naturwissenschaftliches Wissen sowie ein Bewusstsein der Epistemologie durch ein Verständnis von Nature of Science (NOS) zwar notwendige, jedoch keine hinreichenden Bedingungen für Kritisches Denken darstellen (Ennis, 1989). Nur ergänzt durch die Selbstreflexion interner und externer Einflussfaktoren können in komplexen Bewertungssituationen bestehende Ansichten hinterfragt, soziale Kontexte miteinbezogen und voreilige Schlüsse überdacht werden (Lee & Yang, 2019). Diese drei Faktoren - naturwissenschaftliches Wissen, epistemologisches Verständnis und Selbstreflexion - bedingen sich systemisch gegenseitig und spannen einen multiperspektivischen Möglichkeitsraum auf, welcher Lernende dazu befähigt, naturwissenschaftliches Wissen in übergeordneten Kontexten wahrzunehmen (Abbildung 1).

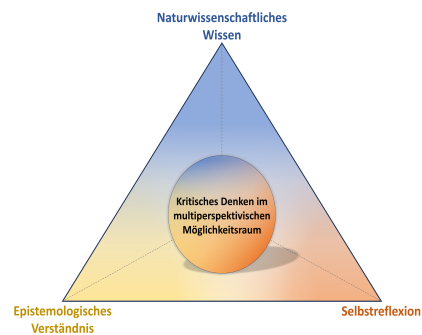


Abbildung 1: Triadisches Modell Kritisches Denkens in der Naturwissenschaftsdidaktik (eigene Darstellung)

Operationalisierung Kritisches Denkens

Die Operationalisierung Kritisches Denkens auf Basis der vorgeschlagenen Definition knüpft an eine Reihe von Gelingensbedingungen, welche das Instrument erfüllen muss. Es sollte

- unabhängig vom Fachwissen sein, da Kritisches Denken als multiperspektivische Denkpraxis und nicht das Fachwissen gemessen werden soll,
- gleichzeitig Zugriff auf mehrere Dimensionen des Denkens ermöglichen, also sowohl die affektive als auch kognitive Dimension systemisch erfassen,
- kontextunabhängig sein, um in unterschiedlichen fachdidaktischen Kontexten anwendbar zu sein
- und eine Fremdeinschätzung der Fähigkeit zum Kritisches Denken ermöglichen, da Selbsteinschätzungen stärkeren Verzerrungserscheinungen unterliegen.

Basierend auf den drei Komponenten Kritisches Denkens im naturwissenschaftlichen Unterricht - naturwissenschaftliches Wissen, epistemologisches Verständnis und Selbstreflexion - wurde ein Operationalisierungsansatz erprobt, welcher die Bewertungsansätze von Chemielehramtsstudierenden in verschiedenen SSI-Kontexten analysiert. Dazu wurden semistrukturierte Leitfadeninterviews mit Studierenden des Chemielehramts der Universität zu Köln durchgeführt und Stellungnahmen zu verschiedenen Kontexten, wie Windenergie vs. Solarenergie, Elektromobilität vs. Brennstoffzellen oder Fracking, erfragt. Dabei war es weniger von Relevanz, welches Fachwissen bei den Teilnehmenden vorhanden war oder welches Urteil sie fällten, sondern wie sich der Positionierung genähert wurde. In Anlehnung an Clough (2008) oder Paul und Elder (2014) kann angenommen werden, dass die Fähigkeit zu denken durch die Fähigkeit bestimmt wird, sich selbst Fragen zu stellen. Dementsprechend war es den

Teilnehmenden erlaubt, Fragen zu formulieren, die sie für ihre Bewertung als relevant erachteten. Das Interviewformat wurde sowohl mit freiwilligen Studierenden im Bachelor (B.A.)- ($N=10$) als auch im Masterstudiengang (M.Ed.) ($N=7$) Lehramt Chemie erprobt und in einem Pre/Post/Follow-Up Design gestaltet. Zwischen den Interviews lagen Seminareinheiten mit Schwerpunkten auf Nature of Science (u. a. Driver et al., 1996; Osborne et al., 2003), der Bewertung von Quellen (u. a. Meßmer et al., 2021), der Abgrenzung zwischen Wissenschaft und Pseudowissenschaft (u. a. Mahner, 2013) und Kritischem Denken (u. a. Paul & Elder, 2014; Rafolt et al., 2019). In diesem Kontext wurde eine Fördermöglichkeit, die systemisch-reflexive Stellungnahme, erprobt, welche aus einer Sachanalyse eines Kontextes und Bewertung der verwendeten Quellen in Einzelarbeit, einem dialogischen Selbstreflexionstraining mithilfe eines Impulsleitfadens im Tandem, einer systemisch-reflexiven Stellungnahme in Kleingruppen und einer abschließenden Prozessreflexion in Einzelarbeit bestand. Das Follow-Up-Interview erfolgte etwa sechs Monate später. Auf die ebenfalls durchgeführte Fragebogenstudie, welche einen Abgleich der Fremdeinschätzung mit der Selbsteinschätzung zum Ziel hatte, wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen.

Das gewonnene Interviewmaterial wurde mittels deduktiv-induktiver Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) analysiert, kodiert sowie von einer weiteren Person interkodiert. Basierend auf den drei Teilbereichen Kritisches Denken im naturwissenschaftlichen Unterricht wurden deduktiv die drei Kategorien der fachlichen Bewertung (NW-A, $\kappa 1 = 0,84/0,89$), des epistemologischen Verständnisses (EP-A, $\kappa 1 = 0,87/0,88$) und der Selbstreflexion (SR-A, $\kappa 1 = 0,85/0,90$) gebildet und diese induktiv um Subkategorien erweitert. Ausschlaggebend für die Bewertung war, wie viele verschiedene Subkategorien der einzelnen Aspekte für die Bewertung und Positionierung im Kontext hinzugezogen wurden, um dem multiperspektivischen Charakter Kritisches Denken Rechnung zu tragen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Anzahl der verschiedenen Subkategorien (Perspektiven), die bei der Bewertung hinzugezogen oder als relevant erachtet wurden

Kategorie	Pre (B.A./M.Ed)	Post (B.A./M.Ed)	FU (B.A./M.Ed)
NW-A	2,67 / 2,60	3,67 / 4,0	3,67 / 5,20
EP-A	0,67 / 3,40	4,67 / 6,0	6,34 / 6,60
SR-A	5,34 / 4,40	9,34 / 10,0	9,67 / 10,60

Fazit

Die Ergebnisse legen nahe, dass eine Operationalisierung Kritisches Denken im Sinne der systemischen Multiperspektivität des Denkens möglich erscheint und die Formulierung von Fragen als Mittel geeignet ist, um die Dimensionen des Denkens unabhängig vom Fachwissen darzustellen. Es konnte gezeigt werden, dass sich sowohl die Selbst- als auch die Fremdeinschätzung bezüglich Kritischem Denken durch die Seminare verbessert haben, was darauf hindeutet, dass das Instrument Kritisches Denken im Sinne einer systemischen Multiperspektivität misst. Es konnten signifikante Verbesserungen in allen drei Bereichen Kritisches Denken bei der Bewertung von SSI beobachtet werden (s. Abbildung 1 und Tabelle 1), was den Mehrwert der Neudefinition Kritisches Denken als Konstrukt und seiner konkreten Ausrichtung für die Naturwissenschaftsdidaktiken widerspiegelt. Abschließend lässt sich festhalten, dass die Neudefinition und Operationalisierung von Kritischem Denken im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht nur möglich, sondern notwendig ist. Sie bietet eine Grundlage, um Lernende zu befähigen, wissenschaftliche und gesellschaftliche Fragen reflektiert und multiperspektivisch zu betrachten, zu bewerten und zusätzlich zum Wissen und epistemologischen Verständnis sich selbst in die Bewertung mit einzubeziehen.

Literaturverzeichnis

- Brambatti Guzzo, G., & Dall'Alba, G. (2017). What Is An Ideal Critical Thinker Expected to Conclude about Anthropogenic Global Warming? *Philosophical Inquiry in Education*, 24(3), 223–236. <https://doi.org/10.7202/1070608ar>
- Byrne, M. S., & Johnstone, A. H. (1987). Critical thinking and science education. *Studies in Higher Education*, 12(3), 325–339. <https://doi.org/10.1080/03075078712331378102>
- Chen, L., & Xiao, S. (2021). Perceptions, challenges and coping strategies of science teachers in teaching socioscientific issues: A systematic review. *Educational Research Review*, 32, 100377. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100377>
- Clough, M. P. (2008). Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: Questions rather than tenets. *California Journal of Science Education*, 8(2), 31–40.
- Driver, Rosalind., Leach, John., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Open Univ. Press.
- Ennis, R. H. (1989). *Critical Thinking and Subject Specificity: Clarification and Needed Research*. 18(3), 4–10.
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction (The Delphi Report)*. <https://philarchive.org/archive/faccta>
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking* (Fifth Edition). Psychology Press.
- Kahneman, D. (2012). *Schnelles Denken, langsames Denken*. Random House GmbH.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3., überarbeitete Aufl.). Beltz.
- Kuhn, D. (1999). A Developmental Model of Critical Thinking. *Educational Researcher*, 28(2), 16. <https://doi.org/10.2307/1177186>
- Lee, H., & Yang, J. (2019). Science Teachers Taking their First Steps toward Teaching Socioscientific Issues through Collaborative Action Research. *Research in Science Education*, 49(1), 51–71. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9614-6>
- Mahner, M. (2013). Science and Pseudoscience—How to Demarcate after the (Alleged) Demise of the Demarcation Problem. In M. Pigliucci & M. Boudry (Hrsg.), *Philosophy of pseudoscience: Reconsidering the demarcation problem* (S. 29–44). The University of Chicago Press.
- Meßner, A.-K., Sänglerlaub, A., & Schulz, L. (with Stiftung Neue Verantwortung e. V). (2021). „Quelle: Internet“? Digitale Nachrichten- und Informationskompetenzen der deutschen Bevölkerung im Test. Hochschule der Medien. <https://doi.org/66090>
- Mohr, H. (1989). Verfügungswissen und Orientierungswissen: Die Verantwortung des Wissenschaftlers. *Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 42, 127–132.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (Hrsg.). (1999). *Measuring student knowledge and skills: A new framework for assessment*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What „ideas-about-science“ should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720. <https://doi.org/10.1002/tea.10105>
- Paul, R., & Elder, L. (2014). *Critical thinking: Tools for taking charge of your learning and your life* (Third edition, Pearson new international edition). Pearson Education Limited.
- Rafolt, S., Kapelari, S., & Kremer, K. (2019). Kritisches Denken im naturwissenschaftlichen Unterricht – Synergiemodell, Problemlage und Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 63–75. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00092-9>
- Rat der Europäischen Union. (2018). Empfehlungen des Rates vom 22. Mai 2018 zu Schlüsselkompetenzen für lebenslanges Lernen: (Text von Bedeutung für den EWR). *Amtsblatt der Europäischen Union*, C 189, 1–13.
- Reiners, C. (2022). *Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen* (2. erweiterte Auflage). Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-65511-5>
- Slovic, P., Finucane, M., Peters, E., & MacGregor, D. G. (2002). The Affect Heuristic. In T. Gilovich, D. Griffin, & D. Kahneman, *Heuristics and biases: The psychology of intuitive judgement* (S. 397–420). Cambridge University Press.
- Vieira, R. M., Tenreiro-Vieira, C., & Martins, I. P. (2011). Critical thinking: Conceptual clarification and its importance in science education. *Science Education International*, 22(1), 43–54.
- Yacoubian, H. A. (2015). A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 15(3), 248–260. <https://doi.org/10.1080/14926156.2015.1051671>