

## **Förderung von Bewertungskompetenz Wasserstoff als Treibstoff für Automobile**

Zahlreiche gesellschaftliche, politische und technologische Entscheidungen basieren auf naturwissenschaftlichem Wissen. Bewertungskompetenz hilft dabei, zwischen empirisch gesicherten Fakten und unbegründeten Behauptungen zu unterscheiden (KMK, 2020). Besonders im Kontext von *Socio-Scientific Issues* – etwa dem Klimawandel, dem erneuerbare Energiequellen oder nachhaltigen Innovationen – kommt ihr eine zentrale Bedeutung zu. Diese gesellschaftlich hochrelevanten Fragestellungen sind durch eine inhärente Komplexität, einen interdisziplinären Charakter sowie das Fehlen eindeutiger Lösungsansätze gekennzeichnet (Kinslow et al., 2019, Sadler, 2004). Vor diesem Hintergrund wird die Fähigkeit, reflektierte und evidenzbasierte Entscheidungen zu treffen, als eine der Schlüsselkompetenzen des 21. Jahrhunderts angesehen (Ahonen & Kinnunen, 2015). Sie gilt als unverzichtbare Voraussetzung für eine demokratische Teilhabe sowie für die aktive Teilhabe an einer wissenschaftlich gebildeten Gesellschaft (OECD, 2025). Aktuelle Befunde verdeutlichen jedoch eine deutliche Diskrepanz zwischen den hohen Anforderungen und den tatsächlichen Leistungen der Lernenden (z.B. Belova et al., 2022; Lee & Tran, 2023): Während Schüler:innen in der Regel über fachliches Wissen verfügen (z.B. Vo et al., 2025), fällt es ihnen häufig schwer, dieses Wissen in den Prozess der Urteilsbildung einzubinden, unterschiedliche Perspektiven systematisch gegeneinander abzuwägen (Gretsch et al., 2017) oder rational zu Urteilen (Nayyar et al., 2024; Menthe, 2012).

Zur Bewältigung der beschriebenen Herausforderungen wird die Vermittlung von Bewertungsstrategiewissen als ein zentraler Ansatzpunkt diskutiert (Eggert et al., 2013). Dabei werden unterschiedliche didaktische Vorgehensweisen vorgeschlagen: Strukturierte Ansätze bieten Lernenden klare Rahmenbedingungen und führen die Schüler:innen schrittweise durch den Prozess der Urteilsbildung (Vo et al., 2025; Eggert et al., 2013). Sie bergen jedoch die Gefahr einer Überstrukturierung sowie einer mangelnden Passung an individuelle Bedürfnisse der Lernenden. Offene Ansätze hingegen betonen stärker die Autonomie und Selbständigkeit der Schüler:innen. Ihr Ziel besteht darin, Lernende dazu zu ermutigen, eigenständige Entscheidungsstrategien zu entwickeln und diese in kooperativen Aushandlungsprozessen kritisch zu reflektieren.

Die vorliegende Studie stützt sich auf die beschriebenen Ansätze und nutzt deshalb Modelle des *Scaffoldings* (Kniffka, 2012) und des offenen Lernens (Bohl & Kucharz, 2010) zur Förderung von Bewertungskompetenz. Die Vermittlung erfolgt im Kontext von *Socio-Scientific Issues* (Kinslow et al., 2019). Forschungen zu *Socio-Scientific-Issues* gehen davon aus, dass eine explizite Auseinandersetzung mit komplexen gesellschaftlich relevanten Problemstellungen Lernende befähigt, anspruchsvolle Entscheidungsprozesse zu bewältigen. Dabei werden sowohl die Integration fachwissenschaftlicher Inhalte als auch die Reflexion normativer und ethischer Werte systematisch angeregt.

Das Ziel der geplanten Interventionsstudie besteht darin, die Wirksamkeit zweier unterschiedlicher Unterrichtsansätze empirisch zu vergleichen. Hierzu wurde eine Interventionsstudie im Pre–Mid–Post-Design mit zwei Interventionsgruppen konzipiert (Abb. 1). Die Erhebung fand an acht Gymnasien in Nordrhein-Westfalen mit Schüler\*innen der Jahrgangsstufe 11 (Einführungsphase) statt ( $N = 328$ ;  $M = 16,8$  Jahre). Auf Grundlage der Ergebnisse der Pre-Tests wurden die Lernenden aller beteiligten Lerngruppen in zwei Gruppen eingeteilt: die *Scaffolding-Tool* Gruppe (ST), die eine explizite Einführung im Umgang mit dem digitalen *Scaffolding-Tool* erhielt, sowie die *Eigener Ansatz* Gruppe (EA), die aufgefordert war, eigene Strategien der Entscheidungsfindung zu entwickeln.

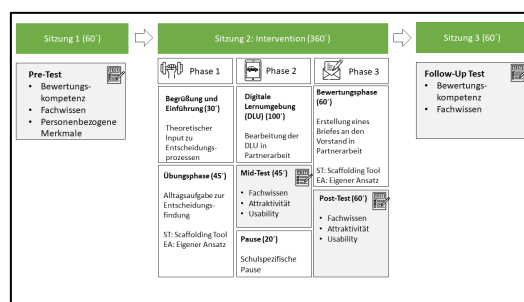


Abbildung 1: Ablauf der Interventionsstudie.

Die Intervention erfolgte über einen sechsständigen Unterrichtstag und thematisierte die Nachhaltigkeit von Wasserstoff als Treibstoff für Automobile. Der Ablauf gliederte sich in drei Phasen. In der ersten Phase erhielten beide Gruppen eine Einführung in grundlegende Prinzipien der Entscheidungsfindung anhand alltagsnaher Problemstellungen. Während die ST Gruppe mit den einzelnen Schritten eines strukturierten Entscheidungsprozesses vertraut gemacht wurde, entwickelte die EA Gruppe eigenständig eine individuelle Strategie zur Bewertung.

Die zweite Phase fokussierte die fachliche Auseinandersetzung. Die Schüler:innen übernahmen dabei die Rolle von Automobil-Ingenieur:innen und vertieften ihr Wissen zur Wasserstofftechnologie in Automobilen. Hierfür nutzten beide Gruppen identische digitale Lernumgebungen (DLU), die aus interaktiven Modulen und experimentellen Elementen bestanden. Ein Ausschnitt dieser Lernumgebung ist in Abbildung 2 dargestellt. Die DLU wurde mit Hilfe von PowerPoint erstellt und den Lernenden anschließend als interaktive PDF-Datei auf iPads zur Verfügung gestellt. In dieser Phase arbeiteten die Schüler:innen in Partnerarbeit. Zu Beginn erhielten sie einen Videoimpuls sowie eine E-Mail mit einem Auftrag einer fiktiven Automobilfirma. Ziel des Auftrags war die Recherche zur Eignung von Wasserstofffahrzeugen. Den Lernenden standen hierfür insgesamt vier Kapitel zur Verfügung, die Inhalte zu den Eigenschaften und der Herstellung von Wasserstoff, zur Brennstoffzelle sowie zur Funktionsweise von Wasserstoffautos behandelten. Zusätzlich erhielten die Schüler:innen eine Experimentierbox, mit der sie eingebettete Experimente zur Wasserstofftechnologie, wie beispielsweise die Elektrolyse von Wasser oder die Knallgasprobe, eigenständig durchführen konnten.



Abbildung 2: Ausschnitt der Digitalen Lernumgebung zur Wasserstofftechnologie.

In der dritten Phase, der eigentlichen Bewertungsphase, verfassten die Schüler\*innen in Partnerarbeit Briefe an einen fiktiven CEO der Automobilfirma. Diese schriftlichen Lernprodukte umfassten jeweils etwa eine Seite und bezogen sich auf die Leitfrage: „Wie nachhaltig ist Wasserstoff als Treibstoff für Automobile?“ Während die EA Gruppe in dieser Phase ein leeres Blatt erhielt, um eine eigene Bewertungsstrategie für die Wasserstofftechnologie zu entwickeln, erhielt die ST Gruppe ein digitales *Scaffolding-Tool*. Dieses Tool wurde von uns auf Grundlage etablierter Modelle der Literatur adaptiert (Langlet et al., 2022; Hößle & Bayrhuber, 2006) und mit der App Keynote zu einer interaktiven GoodNotes-Datei umgesetzt. Das *Scaffolding-Tool* enthält sieben Schritte zur Entscheidungsfindung. Zusätzlich stehen Info-Buttons zur Verfügung, die über Image-Hotspots weiterführende Informationen zu den einzelnen Bewertungsschritten bereitstellen. Auf diese Weise werden Leitfragen und Hinweise angeboten, die den Entscheidungsprozess unterstützen. Das Tool ist so konzipiert, dass es eine fächer- und themenübergreifende Nutzung ermöglicht. Ein Ausschnitt der sieben Schritte ist in Abbildung 3 dargestellt.

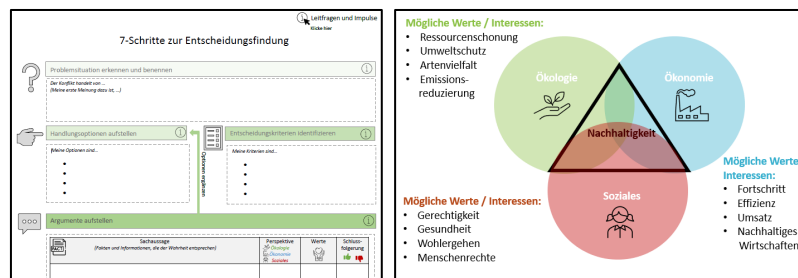


Abbildung 3: Ausschnitt des Scaffolding-Tools die 7 Schritte der Entscheidungsfindung.

Zum Abschluss des Unterrichtstags diskutierten die Lernenden im Plenum gemeinsam mit der Versuchsleitung die zentralen Argumente, Chancen und Herausforderungen von Wasserstoff als Treibstoff. Anschließend wurde eine Abstimmung durchgeführt, um die Positionen der Schüler:innen zu den diskutierten Aspekten zu erfassen. Vier Wochen nach der Intervention fand ein Follow-Up Test statt.

## Literatur

- Ahonen, A. K. & Kinnunen, P. (2015). How do students value the importance of twenty-first century skills? *Scandinavian Journal of Educational Research*, 59(4), 395–412. <https://doi.org/10.1080/00313831.2014.904423>
- Belova, Krause & Siemens, 2022. Students' Strategies When Dealing with Science-Based Information in Social Media—A Group Discussion Study. *Educ. Sci.* 12(9), 600-603.
- Bohl, T. & Kucharz, D. (2010). Offener Unterricht heute. Konzeptionelle und didaktische Weiterentwicklung. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Eggert, S., Ostermeyer, F., Hasselhorn, M., & Bögeholz, S. (2013). Socioscientific Decision Making in the Science Classroom – The Effect of Embedded Metacognitive Instructions on Students' Learning Outcomes. *Education Research International*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.1155/2013/309894>
- Gretsch, H., Hasselhorn, M., & Bögeholz, S. (2017). Enhancing Decision-Making in STSE Education by Inducing Reflection and Self-Regulated Learning. *Research in Science Education*, 47(1), 95-118. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9491-9>
- Höble, C. & Bayrhuber, H. (2006). Sechs Schritte moralischer Urteilsfindung. Aktuelle Beispiele aus der Bioethikdebatte. *Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule*, 55(4), 1-6.
- Hufnagel, E. (2023). Offener Unterricht & Selbstgesteuertes Lernen. Eine empirische Studie zu den Auswirkungen des offenen Unterrichts auf das selbstgesteuerte Lernen.
- Kinslow, A., Sadler, T., & Nguyen, H. (2019). Socio-scientific reasoning and environmental literacy in a field-based ecology class. *Environmental Education Research*, 25(3), 388–410. <https://doi.org/10.1080/13504622.2018.1442418>
- KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss vom 18.06.2020*. Williams Lea & Tag GmbH.
- Kniffka, G. (2012). Scaffolding - Möglichkeiten, im Fachunterricht sprachliche Kompetenzen zu vermitteln. In M. Michalak & M. Kuchenreuther (Hrsg.), *Grundlagen der Sprachdidaktik Deutsch als Zweitsprache* (S. 208–225). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Langlet, J., Eilks, I., Gemballa, S., & Heckmann, G. (2022). Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften. Denkanstöße, Empfehlungen und Hilfen für den Unterricht und für Aufgaben. *MNU*. 1-28.
- Lee, S.W. & Tran, S. (2023). Students need more than content knowledge to counter vaccine hesitancy. *J. Microbiol. Biol. Educ.* 24 (2). <https://doi.org/10.1128/jmbe.00047-23>
- Menthe, J. (2012). Wider besseren Wissens?! Conceptual Change: Vermutungen, warum erworbenes Wissen nicht notwendig zur Veränderung des Urteilens und Bewertens führt. *ZISU*, 1, 161–183
- Nayyar, P., Demirdöğen, B., & Lewis, S.E. (2024). Factors that influence general chemistry students' decision making in study strategies. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 25, 877-894. <https://doi.org/10.1039/D4RP00046C>
- OECD (2025). *Trends Shaping Education 2025*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/ee6587fd-en>
- Sadler, T. D. (2004). Moral and ethical dimensions of socioscientific decision making as integral components of scientific literacy. *The Science Educator*, 13, 39-48.
- Urbanek, M.T., Moritz, B., & Moon, A. (2023). Exploring students' dominant approaches to handling epistemic uncertainty when engaging in argument from evidence. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 24, 1142-1152. <https://doi.org/10.1039/D3RP00035D>
- Vo, K., Sarkar, M., White, P.J., & Yuriev, E. (2025). Exploring Problem-Solving Scaffolds in General Chemistry: A Systematic Review of Scaffolding Goals and Instructional Approaches. *Journal of Chemical Education*, 102(3), 1004-1018. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01327>
- Icons und Symbole in den Bildern erstellt mit: <https://www.flaticon.com/>; <https://de.freepik.com/>; <https://www.bitmoji.com/>