



Mit Schülerinnen und Schülern forschen(d) lernen

Wie kann ein authentisches Bild der Naturwissenschaften entstehen?

Zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung gehört, sich mit Erkenntnisprozessen der Naturwissenschaften auseinanderzusetzen. Forschen in der Schule hat das Potenzial, ein authentisches Bild von Wissenschaft zu vermitteln. Darüber hinaus können vielfältige Lernziele erreicht werden, welche in den Bildungsstandards formuliert sind. Aber wie schaffen Lehrkräfte entsprechende Lerngelegenheiten? Und in welchen Formen kann Forschen überhaupt in den Unterricht integriert werden?

Till Bruckermann, Leibniz Universität Hannover

Naturwissenschaftliche Grundbildung – mal zwei

Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern soll nicht nur die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von morgen hervorbringen, sondern alle Lernenden befähigen zu erkennen, wann und wie ihnen naturwissenschaftliche Erkenntnisse nützlich sein können. Beide Ziele entsprechen den Forderungen nach einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (scientific literacy). Nach Roberts (2007) beinhaltet diese zwei Visionen: Laut Vision I vermittelt Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern Fachinhalte und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften. Gemäß Vision II arbeitet der Unterricht die Bedeutung der Naturwissenschaften für lebensbezogene Fragen des Individuums und der Gesellschaft heraus (Übersicht in Fischler et al., 2018).

◀ **Lerngelegenheiten nutzen.** Durch eigene Forschungsvorhaben lernen Schülerinnen und Schüler, eigenständige Entscheidungen zu treffen und diese zu reflektieren.

Kompetenzen: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Bewertung

Um diese Ziele zu erreichen, soll der Unterricht ein authentisches Bild der Naturwissenschaften vermitteln (Stamer et al., 2021). Dazu gehört, die Denk- und Arbeitsweisen naturwissenschaftlicher Forschung möglichst umfassend darzustellen. Dieses authentische Bild kann die spätere Berufswahl von Lernenden beeinflussen und sie befähigen, die Bedeutung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für lebensbezogene Fragen einzuschätzen – sowohl in formellen (z. B. dem Unterricht) als auch in informellen Kontexten (z. B. den Medien). Um den großen Herausforderungen wie dem Klimawandel, Pandemien und dem Verlust von Biodiversität entgegenzutreten, brauchen Lernende nicht nur Kompetenzen zum Umgang mit fachlichen Themen (Kompetenzbereich Fachwissen), sondern auch Kompetenzen in solchen Prozessen, mit denen naturwissenschaftliche Forschung zu Erkenntnissen gelangt (Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung) sowie Kompetenzen zum Bewerten naturwissenschaftlicher Erkenntnisse in verschiedenen Kontexten (Kompetenzbereich Bewertung).

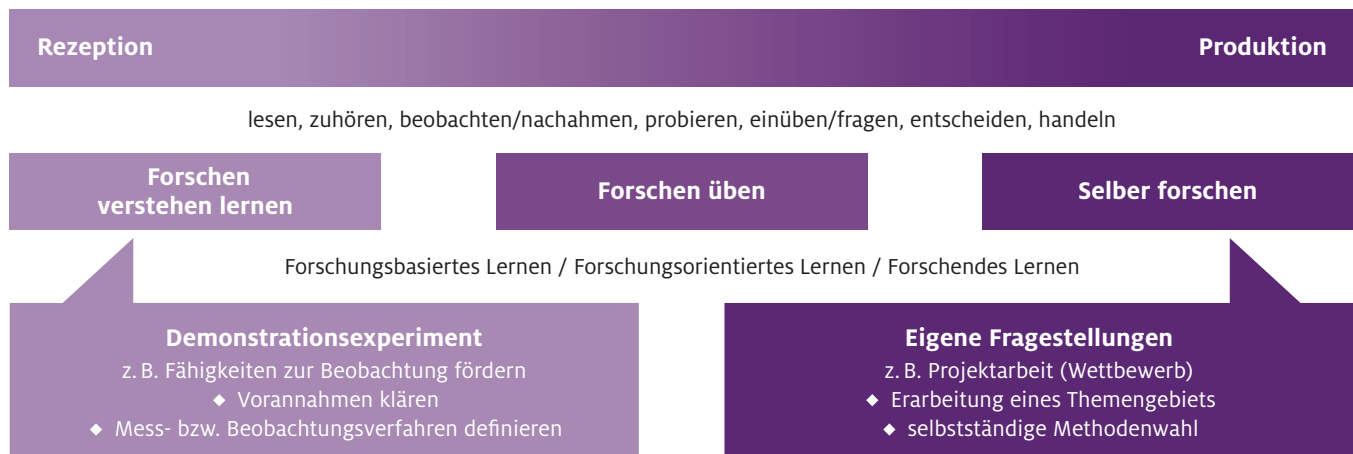
Forschen in der Schule: ein authentisches Bild?

Im naturwissenschaftlichen Unterricht sind Experimente das Mittel der Wahl, um Inhalte oder Methoden zu veranschaulichen. Aber das reicht häufig nicht aus, um naturwissenschaftliche Forschungsprozesse abzubilden und ein authentisches Bild entstehen zu lassen, und zwar aus den folgenden Gründen (Höttecke & Rieß, 2015):

- ◆ Fokus auf manuelle Tätigkeiten ohne Reflexion des Erkenntnisprozesses
- ◆ Produktion von Effekten, die nicht hinsichtlich ihres Entstehungsprozesses (Entscheidungen über Methoden) reflektiert werden
- ◆ Ausschluss von unerwarteten Daten, die dem gewünschten Ergebnis widersprechen
- ◆ Fokus auf Daten statt auf Evidenz, welche auf der Aushandlung von theoretischen Annahmen beruht

Wenn Denk- und Arbeitsweisen nicht explizit thematisiert und reflektiert werden, sondern „nur“ Fachwissen vermitteln, dann werden Lerngelegenheiten zum naturwissenschaftlichen Forschungsprozess ausgelassen. Häufig ist es dann so, dass die Lernenden zwar mit Materialien umgehen und diese manipulieren können, aber nicht wissen, welches Ziel durch diesen Umgang verfolgt wird. Dabei ist neben dem Hands-on, also dem Umgang mit Materialien und Geräten, das Minds-on, also das Reflektieren über Arbeitsschritte, genauso wichtig.

Das Experimentieren (d. h. ein hypothetisch-deduktives Vorgehen) ist erst einmal nur eine der vielen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, neben beispielsweise dem Modellieren oder dem Kategorisieren und Klassifizieren (Kind & Osborne, 2017). Im Unterricht erfüllen Experimente unterschiedliche Zwecke. Sie dienen etwa als Demonstrationsexperiment, wenn ein Inhalt oder eine Methode veranschaulicht werden soll. Lernende, die selbst forschen, können durch Experimente aber auch einer eigenen Fragestellung nachgehen und authentischer Forschung so ein Stück näherkommen. Der Forschungsprozess bietet Lerngelegenheiten, in denen (theoretische) Annahmen zum Phänomen, methodische Herangehensweisen, Daten und Analysen aufeinander bezogen werden (Höttecke & Rieß, 2015). Die Offenheit des Prozesses verlangt Entscheidungen der Lernenden und ihre Reflexion über diese Entscheidungen. Das Forschen in der Schule bietet so Gelegenheiten, die Schülerinnen und Schüler von einem eher routinierten Umgang mit Materialien und Geräten zur Produktion von Effekten, zu eigenständigen Entscheidungen über Fragestellung und Methoden zu führen. Wie das Experiment genutzt wird, zur Demonstration oder als Arbeitsweise, hängt davon ab, wie forschungsnaher Unterricht umgesetzt wird (vgl. S. 9). ▶



▲ Forschen in der Schule ist ein Kontinuum, das Lernende bis zum Selberforschen führt (Reinmann, 2015, S.127; eigene Darstellung).

Forschungsnahes Lernen: ein Kontinuum

Forschen in der Schule kann als ein Ende des Kontinuums zum forschungsnahen Lernen gesehen werden, das von „Forschen verstehen lernen“ bis zu „selber forschen“ reicht (s. Abb. oben; Reinmann, 2015). Dabei sollte naturwissenschaftlicher Unterricht nicht in der „polarisierenden Diskussion [...] zwischen ‚offen‘ und ‚angeleitet‘“ stecken bleiben (Baur et al., 2020, S.127), sondern die Potenziale beider Lernformen nutzen. Durch stärker angeleitete Lernformen können Schülerinnen und Schüler das Forschen besser verstehen, indem beispielhaft Methoden eingeführt und so Erkenntnisprozesse rezipiert werden. Geöffnete Lernformen fördern das „Forschen üben“, indem ausgewählte Tätigkeiten im Erkenntnisprozess selbstständig ausprobiert und dann routiniert angewendet werden. Hier sollte naturwissenschaftlicher Unterricht, der das Ziel offener Lernformen zum Selberforschen verfolgt, aber nicht stehen bleiben: Forschendes Lernen bezieht Schülerinnen und Schüler aktiv in die (Mit-)Gestaltung von Erkenntnisprozessen ein (siehe Beispiele 1–3) und generiert einen Erkenntnisgewinn, der auch potenziell für Dritte relevant ist (Reinmann, 2015). Auf Seite 23 dieser Publikation finden Sie Websites mit Beispielen für Schülerforschungsprojekte.

Beim Selberforschen ist ein gewisser Grad an Unterstützung notwendig, wie er beispielsweise durch Scaffolding-Maßnahmen realisiert werden kann. Schülerinnen und Schüler bekommen eine

Art Gerüst als Unterstützung, das ihrem Kenntnisstand entsprechend auf- und wieder abgebaut werden kann (Arnold et al., 2017). So können etwa gestufte Lernhilfen zu den verschiedenen Schritten im Erkenntnisprozess den Lernenden helfen, eigene Lösungen zu finden und diese mit Beispiellösungen abzugleichen (Bruckermann et al., 2017).

Wie lässt sich Forschung in den Schulalltag integrieren?

In der Schule zu forschen kann als Projektarbeit vom Phänomen bis zu seiner naturwissenschaftlichen Erklärung reichen; außerdem können Ausschnitte des Forschungsprozesses in Unterrichtsstunden zum (Mit-)Forschen animieren. Drei Beispiele auf Seite 9 zeigen, wie Forschung in den Unterricht integriert und welche Lernziele dabei erreicht werden können. Die weiteren Beiträge in diesem Heft geben Anregungen und Hilfestellungen, wie eine konkrete Umsetzung im Unterricht aussehen kann. ■



◀ **Prof. Dr. Till Bruckermann** forschte an der Universität zu Köln sowie dem IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik. Derzeit ist er Professor für Lehr-Lernforschung an der Leibniz Universität Hannover und beschäftigt sich mit innovativen, außerschulischen Lern- und Entwicklungsräumen.



Wie Forschung auf den Lehrplan passt

Beispiel 1

Projektwettbewerbe in den Naturwissenschaften

Schülerinnen und Schüler bearbeiteten in Wettbewerben eine für sie relevante Fragestellung. Dies kann in Form einer Projektarbeit zu einem fächerübergreifenden Thema, zum Beispiel Nachhaltigkeit, geschehen. Bei sogenannten sozio-wissenschaftlichen Problemstellungen erweitern sie die deskriptive, naturwissenschaftliche Perspektive, indem sie mögliche Lösungen auch aus einer normativen, gesellschaftlichen Perspektive unter Rückgriff auf Überzeugungen und Werte beurteilen (Garrecht et al., 2020). Dadurch wird eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne der Vision II gefördert, die Schülerinnen und Schülern ermöglicht zu erkennen, wann und wie ihnen naturwissenschaftliche Erkenntnisse bei alltäglichen Fragen helfen können. Beispiele für Projektwettbewerbe finden Sie auf Seite 23 dieser Publikation.

► Lernziele

Dadurch werden insbesondere Kompetenzen im Bereich der Bewertung gefördert, sodass die Schülerinnen und Schüler zum Beispiel

- ◆ im Physikunterricht „alternative technische Lösungen auch unter Berücksichtigung physikalischer, ökonomischer, sozialer und ökologischer Aspekte [vergleichen und bewerten]“ können (B2);
- ◆ im Biologieunterricht „Handlungsoptionen einer umwelt- und naturverträglichen Teilhabe im Sinne der Nachhaltigkeit [erörtern]“ können (B7).

Beispiel 2

Reflexion der Untersuchungsmethode

Projekte zum Mitforschen stellen häufig wissenschaftliche Daten zur Verfügung, die weiterverarbeitet werden sollen. Dadurch bekommen Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, an aktuellen Forschungsprojekten mitzuarbeiten. Dabei müssen sie methodische Fragen des Vorgehens reflektieren, da der Projektfortschritt von einem sauberen Vorgehen abhängt (Bruckermann & Mahler, 2021). Außerdem können im naturwissenschaftlichen Unterricht Fragen zur Validität, Objektivität und Reliabilität von Daten thematisiert werden, die bei Versuchen mit bekanntem Ergebnis häufig nicht gestellt werden (Höttecke & Rieß, 2015). Diese Reflexion ist beispielsweise für das kriterienbezogene Beobachten besonders wichtig, da von theoretischen und methodischen Vorannahmen abhängt, was beobachtet wird.

► Lernziele

Das Mitforschen in wissenschaftlichen Forschungsprojekten kann so Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung fördern und folgende Lernziele ermöglichen:

- ◆ Im Biologieunterricht „ermitteln [die Schülerinnen und Schüler] mithilfe geeigneter Bestimmungsliteratur im Ökosystem häufig vorkommende Arten (E4)“ (Wellnitz et al., 2012, S. 290), indem beispielsweise Tier- und Pflanzenarten bestimmt und dokumentiert werden.
- ◆ Im Physikunterricht „werten [die Schülerinnen und Schüler] gewonnene Daten aus [...] (E9)“ (Wellnitz et al., 2012, S. 290), indem beispielsweise Galaxien bestimmt werden.

Beispiel 3

Datensammlung und Datenanalyse

Naturwissenschaftlicher Unterricht soll Schülerinnen und Schüler befähigen, in Untersuchungen gewonnene Daten auszuwerten. Untersuchungen im Unterricht basieren allerdings oft auf wenigen (Mess-)Daten zu einer Fragestellung, die sich häufig nur auf eine Variable bezieht. Dabei ist das Ergebnis schon bekannt und unerwartete Daten werden ignoriert. Naturwissenschaftliche Untersuchungen sind ungleich komplexer und ihre Ergebnisse unbekannt. Um diese Komplexität adäquater abzubilden, können wissenschaftliche Datensätze aus Bürgerwissenschaftsprojekten analysiert werden (Bruckermann & Mahler, 2021). Diese auch als Citizen-Science-Projekte bezeichneten Vorhaben bieten spannende Ansatzpunkte für den Unterricht (vgl. S. 34).

► Lernziele

Durch die Einbettung von Projekten zum (Mit-)Forschen werden Evidenzen ausgehandelt. Die Reflexion über den Unterschied zwischen Daten und Evidenz macht deutlich, dass Schlussfolgerungen auf Interpretationen und Aushandlungen vor dem Hintergrund theoretischer Annahmen beruhen (Höttecke & Rieß, 2015). Entsprechend können die Lernenden zum Beispiel

- ◆ (empirische) Daten auswerten (Biologie E6; Chemie E6; Physik E9),
- ◆ Aussagekraft und Grenzen der Daten beurteilen (Biologie E8; Physik E10) sowie
- ◆ Daten messbarer Größen zu Systemen sprachlich, mathematisch und bildlich darstellen (Biologie K3).

Literaturangaben

Jennifer Plath und Jenny Meßinger-Koppelt: Forschen im Unterricht

Nerdel, C. (2017). Unterrichtskonzeptionen. In *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7_8

Paul, J., Lederman, N. G., & Groß, J. (2016). Learning experimentation through science fairs. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2367–2387. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1243272>

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.

Till Bruckermann: Mit Schülerinnen und Schülern forschen(d) lernen. Wie kann ein authentisches Bild der Naturwissenschaften entstehen?

Zeitschriftenbeitrag:

Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>

Baur, A., Hummel, E., Emden, M. & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. *MNU Journal*, 2, 125–128.

Garrecht, C., Bruckermann, T. & Harms, U. (2018). Students' Decision-Making in Education for Sustainability-Related Extracurricular Activities: A Systematic Review of Empirical Studies. *Sustainability*, 10(11), 3876. <https://doi.org/10.3390/su10113876>

Höttecke, D. & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 127–139. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0030-z>

Kind, P. & Osborne, J. (2017). Styles of scientific reasoning: A cultural rationale for science education? *Science Education*, 101(1), 8–31. <https://doi.org/10.1002/sc.21251>

Stamer, I., David, M. A., Höffler, T., Schwarzer, S. & Parchmann, I. (2021). Authentic insights into science: Scientific videos used in out-of-school learning environments. *International Journal of Science Education*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1891321>

Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H. A. et al. (2012). Evaluation der Bildungsstandards: Eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 261–291.

Beitrag in Herausgeberwerk:

Bruckermann, T., Arnold, J., Kremer, K. & Schlüter, K. (2017). Forschendes Lernen in der Biologie. In T. Bruckermann & K. Schlüter (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Experimentalpraktikum Biologie* (S. 11–26). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum https://doi.org/10.1007/978-3-662-53308-6_2

Bruckermann, T. & Mahler, D. (2021). Online-Citizen-Science-Plattformen zum Mitforschen. In J. Maxton-Küchmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Naturwissenschaften digital – Toolbox für den Unterricht* (Band 2, S. 60–63). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Fischler, H., Gebhard, U. & Rehm, M. (2018). Naturwissenschaftliche Bildung und Scientific Literacy. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 11–29). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_2

Reinmann, G. (2015). Heterogenität und forschendes Lernen: Hochschuldidaktische Möglichkeiten und Grenzen. In B. Klages, M. Bonillo, S. Reinders & A. Bohmeyer (Hrsg.), *Gestaltungsraum Hochschullehre* (S. 121–137). Opladen: Budrich UniPress.

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/Science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 729–780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Jürgen Paul: Kleine Fragen – große Erkenntnisse. Lernende beim Forschen inspirieren, unterstützen und begleiten

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223–238.

Höttecke, D., & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung: Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 127–139. Vgl.: https://www.pedocs.de/volltexte/2017/11173/pdf/ZfPaed_1993_2_Deci_Ryan_Die_Selbstbestimmungstheorie_der_Motivation.pdf

Paul, J., Lederman, N. G. & Groß, J. (2016). Learning experimentation through science fairs. *International Journal of Science Education*, 38(15), 2367–2387. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1243272>

Paul, J. & Groß, J. (2017). How Science Fairs Foster Inquiry Skills and Enrich Learning. *School Science Review*, 99(367), 115–121.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61.

Christine Köhler: Das Forschen im Blick. Unterstützendes Material für Schülerinnen und Schüler konzipieren

Höttecke, D. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 271–287). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2_13

Paul, J. & Groß, J. (2016). Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik: Nature of Science (NoS) und Forschendes Lernen im Wettbewerb Jugend forscht. In U. Gebhard & M. Hammann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Bd. 7, S. 57–73). Innsbruck: Studienverlag.

Julia Lorke: Wissenschaft zum Mitforschen. Citizen Science für die Schulpraxis

Haklay, M., Fraisl, D., Greshake Tzovaras, B., Hecker, S., Gold, M., Hager, G., Ceccaroni, L., Kieslinger, B., Wehn, U., Woods, S., Nold, C., Balazs, B., Mazzonetto, M., Rüfenacht, S., Shanley, L., Wagenknecht, K., Motion, A., Sforzi, A., Riemenschneider, D., ... & Vohland, K. (2021). Contours of citizen science: A vignette study. *Royal Society Open Science*, 8(8). <https://doi.org/10.1098/rsos.202108>

Harris, E. M. & Ballard, H. L. (2021). Examining student environmental science agency across school science contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 1–12. <https://doi.org/10.1002/tea.21685>

Peter, M., Diekötter, T. & Kremer, K. (2019). Participant Outcomes of Biodiversity Citizen Science Projects: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 11, 2780. <https://doi.org/10.3390/su11102780>

Shirk, J. L., Ballard, H. L., Wilderman, C. C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B. V., Krasny, M. E., & Bonney, R. (2012). Public Participation in Scientific Research: A Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society*, 17(2). <https://doi.org/10.5751/es-04705-170229>