

(Wie) wird Erkenntnisgewinnung im Unterricht thematisiert?

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Der Einsatz von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (NDAW), z. B. dem Formulieren von Fragen, dem Planen von Untersuchungen oder dem Auswerten von Daten (vgl. Rahmenbeitrag Koenen et al. in diesem Band; Nehring et al., 2016) stellt einen wichtigen methodischen Zugang im naturwissenschaftlichen Unterricht dar, mit dem eine Vielzahl von Zielen erreicht werden sollen. So können beispielsweise Lehrer- oder Schülerexperimente dazu eingesetzt werden, um bei Schülerinnen und Schülern (SuS) fachinhaltliche Kenntnisse aufzubauen, ihre Team- und Problemlösefähigkeit zu fördern oder sie zu motivieren (Welzel et al., 1998; Hofstein & Lunetta, 2004). Die zentrale Stellung von NDAW als Methode im naturwissenschaftlichen Unterricht lässt sich exemplarisch in mehreren Studien zum Einsatz von Experimenten im Physikunterricht zeigen. So ergaben z. B. sowohl die Studien von Tesch und Duit (2004) als auch die Arbeiten von Börlin und Labudde (2014), dass die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung von Demonstrations- oder Schülerexperimenten im Physikunterricht im Mittel ca. zwei Drittel der Unterrichtszeit einnimmt. NDAW sind jedoch nicht nur eine zentrale Methode, sondern spätestens seit der Einführung der Bildungsstandards auch ein wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts. SuS sollen neben fachinhaltlichen Kompetenzen auch Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten aufbauen (z. B. KMK, 2005; Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung). Befunde fachdidaktischer und entwicklungspsychologischer Forschung zeigen deutlich, dass der Aufbau solcher Kompetenzen erfordert, dass NDAW im Unterricht explizit thematisiert werden, u. a. indem SuS entsprechende Regeln (z. B. zur Variablenkontrolle) mitgeteilt und deren Bedeutung und Anwendung mit ihnen besprochen und geübt wird (u. a. Kalthoff, Theyßen & Schreiber, 2018; Vorholzer, von Aufschnaiter & Boone, 2018; zsf. in Lazonder und Harmsen, 2016). Jedoch scheint eine solche explizite Thematisierung in der Unterrichtspraxis nur selten stattzufinden. Duit (2005) berichtet hierzu im Kontext der IPN-Videostudie: Es „dominiert der Unterricht über die ‚klassischen‘ Inhalte [...]. Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen [...] werden nur sehr selten ausdrücklich angesprochen“ (Duit, 2005, S. 12). Es scheint jedoch bisher nicht systematisch untersucht zu sein, in welchem Umfang und wie Kompetenzen zu NDAW im aktuellen naturwissenschaftlichen Unterricht thematisiert werden. Dieser Fragestellung soll im vorgestellten Projekt nachgegangen werden.

Methodische Vorgehen

Ausgangspunkt der Analyse bilden Videoaufzeichnung von sieben 90-minütigen Unterrichtsstunden (3 Biologie, 4 Chemie), die bereits im Hinblick auf die im Unterricht eingesetzten naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen vorkodiert wurden (Basiskodierung). Die Basiskodierung baut auf der modifizierten Version eines Modells von Nehring und anderen (2016) auf, welches sechs Denk- (Fragen, Hypothesen, Planung, Durchführung, Auswertung, Reflexion) und drei Arbeitsweisen (Modelle nutzen, Experimentieren, Beobachten/Vergleichen/Ordnen) umfasst und im Klammerbeitrag (vgl. Koenen et al. in diesem Band) ausführlich beschrieben wird. Die durch die Basiskodierung definierten Phasen (z. B. „Experiment – Planung“, „Experiment – Auswertung“, etc.) wurden anschließend in einem zweistufigen Verfahren im Hinblick auf die Thematisierung von NDAW analysiert. Im *ersten Schritt* wurde mit Hilfe eines deduktiv aus in der Literatur beschriebenen Merkmalen expliziter Thematisierung (z. B. Kalthoff, Theyßen & Schreiber, 2018; Vorholzer, von

Aufschnaiter & Boone, 2018) abgeleiteten Kategoriensystems untersucht, inwiefern in einer *gesamten Phase* Elemente expliziter Thematisierung zu erkennen sind. Hierbei wurde z. B. erfasst, ob und von wem in einer Phase Konzepte (Regeln, Strategien, etc.) zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten verbal geäußert (Tab. 1, Kategorie A) und/oder in Form von Merksätzen gesichert wurden (Tab. 1, B). Darüber hinaus wurde kodiert, ob in der Phase Fragen oder Aufgaben an die SuS gestellt wurden, die ein hohes Potential für die Anwendung von Konzepten zu NDAW haben (Tab. 1, C1). Ein Beispiel für eine Aufgabe mit hohem Potential wäre der Auftrag „Erstellen Sie ein Diagramm zum eben durchgeführten Versuch“, da hierbei eine Auseinandersetzung mit den Regeln für das Erstellen von Diagrammen (z. B. dazu, welche Variable auf welcher Achse notiert wird, wie die Achsen zu skalieren sind, etc.) naheliegend ist. Die Frage „Welche Art von Reaktion ist hier gerade abgelaufen?“ weist im Gegensatz dazu z. B. nur ein sehr geringes Potential auf, da sie vermutlich vor allem die Auseinandersetzung mit fachinhaltlichen Aspekten anregt. Werden im Kontext einer Aufgabe mit hohem Potential außerdem auf NDAW bezogene Aspekte zum Gegenstand des Unterrichts gemacht (z. B. indem die Lehrkraft den SuS erklärt, *wie* man ein Diagramm skaliert), wird zudem „NDAW Potential genutzt“ kodiert (C2). Um detaillierte Erkenntnisse über die Anzahl und den Inhalt der *innerhalb einer Phase* geäußerten NDAW-Konzepte und der Aufgaben mit hohem fachmethodischen Potential zu erhalten, wurden entsprechende verbale Äußerungen in einem *zweiten Schritt* eventbasiert kodiert. Zudem wurden die Zeitintervalle innerhalb einer Phase kodiert, die für die Thematisierung von NDAW verwendet wurden. Zur Bestimmung der Beurteilerübereinstimmung wurden zwei Unterrichtsvideos von zwei Kodierern unabhängig voneinander kodiert und die Intercoder-Übereinstimmung berechnet. Hierbei ergab sich für die Kodierungen auf Ebene der gesamten Phasen (1. Kodierschritt) eine gute ($.88 < \kappa < .89$) und für die eventbasierte Kodierung der einzelnen Fragen und Aussagen (2. Kodierschritt) eine befriedigende Beurteilerübereinstimmung ($.52 < \kappa < .69$). Dass die Übereinstimmung bei der eventbasierten Kodierung geringer ausfällt, ist kaum verwunderlich, da hier – im Gegensatz zum ersten Kodierschritt – die Grenzen einer Kodierung von den Kodierern selbst identifiziert werden müssen.

Vorläufige Ergebnisse

Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren auf der Analyse von sieben Unterrichtsstunden, in denen im Zuge der Basiskodierung insgesamt 51 Phasen, die NDAW enthalten, identifiziert wurden. Die Analyse der Thematisierung von NDAW auf Ebene der Phasen (1. Kodierschritt; Tab. 1) ergab, dass 4 von 7 untersuchten Unterrichtsstunden mindestens eine Phase enthalten, in der Konzepte zu NDAW verbalisiert wurden (A). Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass diese Verbalisierung jedoch aus nur ca. 20 % aller Unterrichtsphasen stammen. Die eventbasierte Kodierung der einzelnen geäußerten Konzepte (2. Kodierschritt; nicht in Tab. 1 dargestellt) ergab zudem, dass über die Hälfte aller beobachteten Verbalisierungen (12 von insg. 22) in einer einzelnen Unterrichtsstunde („Bio3“ in Tab. 1) stattfanden. Bemerkenswert ist hierbei, dass in keiner der 7 Stunden bzw. 51 Phasen die verbalisierten Konzepte zu NDAW schriftlich gesichert wurden (B). Fast alle Stunden und insgesamt ca. 45 % aller Phasen enthalten Aufgaben mit hohem Potential zur Anwendung von NDAW-Konzepten (C1), diese Potential wird jedoch in nur 3 von 7 Stunden bzw. 20 % aller Phasen mindestens einmal tatsächlich genutzt. Die Gesamteinschätzung der Phasen (D) zeigte zudem, dass in lediglich 4 der 51 Phasen (die auf die 2 Unterrichtsstunden Bio3 und Ch2 entfallen) der Aufbau von Kompetenzen zu NDAW eine erkennbar zentrale Rolle zu spielen scheint. Mit Hilfe der eventbasierten Kodierungen konnte zudem eine erste Abschätzung für den zeitlichen Umfang der in den vier identifizierten Phasen stattfindenden Thematisierung von NDAW getroffen werden. In der Stunde „Bio3“ entfielen insgesamt knapp 30 Minuten der Unterrichtszeit auf die Thematisierung von NDAW, in der Stunde Ch2 immerhin knapp 10 Minuten.

Tabelle 1: Übersicht über die Häufigkeit bzw. Ausprägung der Merkmale von expliziter Thematisierung in den Phasen der analysierten Doppelstunden (1. Kodierschritt)

	Bio1	Bio2	Bio3	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Σ
A: Konzepte zu NDAW expliziert								
Nein	9	4	12	3	3	5	5	40
Ja, ganze Klasse (Lehrkraft)	1	3	3	0	4	0	0	11
Ja, von SuS	1	0	0	0	3	0	0	4
B: Konzepte zu NDAW gesichert	kommt in keiner Phase vor							
C1: Aufgaben mit NDAW Potential								
Nein	7	2	8	3	2	4	4	29
Ja, für gesamte Klasse	3	5	7	0	5	1	1	22
C2: NDAW Potential genutzt								
Nicht erkennbar	9	4	12	3	3	5	5	40
Ja, durch Lehrkraft	1	3	3	0	4	0	0	11
Ja, durch SuS	1	1	3	0	4	0	0	9
D: Ausrichtung auf Aufbau NDAW								
Nicht erkennbar	10	3	12	3	4	5	5	41
Erkennbar, untergeordnet	0	4	1	0	1	0	0	6
Erkennbar, zentral	0	0	2	0	2	0	0	4

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Kompetenzen und Konzepte zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten auch gut zehn Jahr nach Einführung der Bildungsstandards im naturwissenschaftlichen Unterricht nur selten explizit zum Gegenstand gemacht werden; die von Duit (2005) formulierte Beobachtung (s. o.) scheint somit auch heute noch zutreffend zu sein. Zwar muss bei der Deutung berücksichtigt werden, dass den auf Video aufgezeichneten Lehrkräfte kein bestimmtes Unterrichtsziel (z. B. Aufbau von fachinhaltlichen Kenntnissen oder die Förderung von NDAW) vorgegeben war und uns keine Informationen darüber vorliegen, welches Ziel sie in den gezeigten Stunden angestrebt haben. Dennoch erscheint der Befund bemerkenswert, wenn man bedenkt, dass ausschließlich Stunden analysiert wurden, in den NDAW als Unterrichtsmethode eingesetzt wurden und typischerweise einen großen Zeitanteil einnehmen (vgl. Ergebnisse zur Basiskodierung bei Weber, Tiemann & Upmeyer zu Belzen in diesem Band).

Die vorgestellten Analysen sollen perspektivisch in zweierlei Hinsicht weitergeführt werden. Zum einen ist die Kodierung weiterer Unterrichtsvideos geplant, um zu untersuchen, inwiefern sich die vorläufigen Ergebnisse auch in einer größeren Stichprobe zeigen. Zum anderen sollen die Ergebnisse dieser Studie in Beziehung zu den Befunden anderer Analysen der gleichen Videodaten (vgl. Klammerbeitrag zum Symposium, Koenen et al. in diesem Band) gesetzt werden, um „Querschnittsfragen“ zu untersuchen. So könnte z. B. in Verknüpfung mit den Arbeiten von Weber, Tiemann und Upmeyer zu Belzen (in diesem Band) untersucht werden, inwiefern die von den Lehrkräften verbalisierten (und ggf. gesicherten) Konzepte aus fachlicher Sicht angemessen sind und welche Qualität sie haben. Die Vernetzung mit den Arbeiten von Koenen (in diesem Band) kann u. a. Aufschluss darüber geben, welcher Art die Aufgaben mit hohem fachmethodischen Potential sind und welchen Anteil sie an den insgesamt in einer Stunde bzw. Phase gestellten Aufgaben haben. Beide Zugänge können dazu beitragen, ein holistischeres Bild von Unterricht zu und mit NDAW zu gewinnen und so z. B. Ansatzpunkte für die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften abzuleiten.

Literatur

- Börlin, J. & Labudde, P. (2014). Practical work in physics instruction. An opportunity to learn? In H. E. Fischer, P. Labudde, K. Neumann & J. Viiri (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics. Comparing Finland, Germany and Switzerland* (S. 111–127). Münster: Waxmann.
- Duit, R. (2005). Wie Physikunterricht in der Praxis aussieht. *Plus Lucis*, 9–13.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88, 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Kalthoff, B., Theyssen, H. & Schreiber, N. (2018). Explicit promotion of experimental skills. And what about the content-related skills? *International Journal of Science Education*. doi: 10.1080/09500693.2018.1477262.
- KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Luchterhand.
- Koenen, J. (im Druck). Art der Instruktionen bei Erkenntnisgewinnungsprozessen im Unterricht. In C. Maurer (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Koenen, J., Heinitz, B., Nehring, A., Petermann, V., Tiemann, R., Upmeier zu Belzen, A., Vorholzer, A. & Weber, J. (im Druck). Erkenntnisgewinnung im Unterricht – Analyse aus vier Perspektiven. In C. Maurer (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Lazonder, A. & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning. Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86, 681–718.
- Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22, 77–96.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51–69.
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Boone, W. J. (2018). Fostering upper secondary students' ability to engage in practices of scientific investigation: A comparative analysis of an explicit and an implicit instructional approach. *Research in Science Education*. doi: 10.1007/s11165-018-9691-1.
- Weber, J., Tiemann, R. & Upmeier zu Belzen, A. (im Druck). Erkenntnisgewinnung - Qualität von Lerngelegenheiten. In C. Maurer (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. Regensburg: Universität Regensburg.
- Welzel, M., Haller, K., Bandiera, M., Hammelev, D., Koumaras, P., Niedderer, H. et al. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden - Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4, 29–44.