

Claudia v. Aufschnaiter¹
 Rita Wodzinski²
 Andreas Vorholzer¹

¹Justus-Liebig-Universität Gießen
²Universität Kassel

Stufenübergreifender Aufbau prozessbezogener Kompetenzen

Die Entwicklung von Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeits- und Denkweisen (NAD) wird, neben dem Aufbau fachinhaltlicher Kompetenzen, als ein zentrales Ziel schulischer Bildungsprozesse angesehen (z. B. KMK, 2005). Wie auch für fachinhaltliche Kompetenzen ist es dabei wünschenswert, dass Lerngelegenheiten zu NAD in systematischer Weise über Bildungsstufen hinweg angelegt werden, um einen kumulativen Kompetenzaufbau zu unterstützen. Insbesondere gilt es auf der einen Seite systematisch im Anforderungsniveau steigende Übungsgelegenheiten für zuvor etablierte Kompetenzen zu geben, auf der anderen Seite aber auch das Kompetenzprofil selbst nach und nach auszubauen. Am Beispiel des Themenfeldes Magnetismus wurde von C. v. Aufschnaiter (Uni Gießen), K. Möller et al. (Uni Münster), I. Hardy (Uni Frankfurt), M. Steffensky (IPN Kiel) und R. Wodzinski (Uni Kassel) ein stufenübergreifendes Spiralcurriculum (SP) entwickelt (vgl. Möller in diesem Band), das sowohl inhaltsbezogene Kompetenzen (vgl. Steffensky et al. in diesem Band) als auch prozessbezogene Kompetenzen (NAD) adressiert. Der vorliegende Beitrag skizziert die Entwicklungsschritte für den Bereich der NAD.

Naturwissenschaftliche Arbeits- und Denkweisen als Lerngegenstand

In einem ersten Entwicklungsschritt wurde der Stand der Forschung und nationale sowie internationale Bildungsvorgaben gesichtet, um einen Überblick über dort beschriebene NAD zu erhalten (z. B. Emden, 2011; KMK, 2005; NRC, 2012). Auffällig dabei war, dass sich die in unterschiedlichen Quellen aufgeführten NAD unterscheiden und auch deren Relevanz für schulische Bildungsprozesse verschieden eingeschätzt wird. Aus der Auflistung in Abbildung 1 betont das NRC (2012) z. B. das Argumentieren (sowie das evidenzbasierte Erklären) und Modellieren, Emden (2011) kommt dagegen zu dem Schluss, dass den NAD (1), (2), (4), (5) und (10) besondere Relevanz zukommt. Die unterschiedlichen Gewichtungen kommen möglicherweise auch durch die Unterscheidung der vier Kompetenzbereiche „Fachwissen“, „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ zustande, die einen spezifischen Zuschnitt der NAD generieren, der für andere Länder nicht üblich ist. In diesem Zuschnitt werden manchmal die stark auf das Experiment orientierten NAD aus dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ins Zentrum gerückt. Aus der Sichtung von Standards und des Forschungsstandes wurden für das SP die in Abbildung 1 dargestellten NAD ausgewählt; es ist dabei zu betonen, dass die Auswahl und Gruppierung nur eine mögliche Auflistung darstellt. Die Auflistung in Abbildung 1 suggeriert zudem, dass die NAD in einer spezifischen Abfolge zu sehen sind, ähnlich einer sachlogischen Anordnung von inhaltlichen Themenbereichen (vgl. Steffensky et al. in diesem Band). Eine solche Abfolge wird z. B. im Rahmen von Experimentierkreisläufen vorgeschlagen: Erst Fragen stellen, dann Hypothesen bilden, dann ein Experiment planen

- | |
|---|
| (1) Fragen stellen |
| (2) Vermutungen / Hypothesen bilden |
| (3) Begründen & Argumentieren |
| (4) Eine Untersuchung planen |
| (5) Einen Versuch / ein Experiment aufbauen / durchführen |
| (6) Beobachten |
| (7) Messen |
| (8) Dokumentieren / Protokollieren / Daten aufbereiten |
| (9) Ordnen / Vergleichen / Systematisieren |
| (10) Interpretieren / Schlussfolgern / Generalisieren |
| (11) Modellieren |
| (12) Arbeitsprozesse und -ergebnisse bewerten |

Abb. 1: Auflistung von NAD

usw. Hier ist zu betonen, dass aus unserer Sicht im naturwissenschaftlichen Forschungsprozess, den die NAD umfassen sollen, keine strikte Reihenfolge vorgegeben ist (vgl. Höttecke & Rieß, 2015).

In einem SP von zeitlich begrenzter Dauer (z. B. ca. 10 Schulstunden in der frühen Sek. I) können nicht alle NAD *explizit* adressiert werden (für die Notwendigkeit expliziter Adressierung vgl. Vorholzer, 2015). Es stellte sich deshalb im weiteren Entwicklungsprozess die Frage, welche NAD für Kinder aller Bildungsstufen relevant sind und sich auf unterschiedlichen Niveaus erarbeiten lassen. Darüber hinaus wurde geprüft, welche NAD sich besonders gut im Themenfeld „Magnetismus“ anstreben lassen. Für die Sek. I wurde im Anschluss an die anderen Bildungsstufen besonderer Fokus auf (1), (2), (4) und (11) (aus Abb. 1) gesetzt. Diese NAD lassen sich sehr gut zunächst isoliert betrachten und dann schrittweise mit anderen NAD vernetzen, was einem Lernen von schmalen zu breiten Konzepten entspricht (vgl. v. Aufschnaiter, 2003). Die Auswahl spezifischer NAD ist für deren Adressierung im SP, selbst innerhalb nur einer Bildungsstufe, noch nicht ausreichend. Es müssen zu den „Schlagwörtern“ aus Abbildung 1 zunächst die Kompetenzen explizit ausformuliert werden, um einen genauen Zielhorizont zu beschreiben. Solche Kompetenzen sind im SP für die Klassen 5-7 z. B.: (I) Die Schülerinnen und Schüler formulieren Fragen, die sich mit naturwissenschaftlichen Verfahren untersuchen lassen (Abb. 1, (1)). (II) Sie entwerfen selbstständig kontrollierte Experimente (Abb. 1., (4)). (III) Sie erklären Beobachtungen durch Modelle (Abb. 1, (11)). Gerade in Forschungszusammenhängen beobachten wir, dass die explizite Ausformulierung der mit NAD einhergehenden Kompetenzen häufig fehlt und sich deshalb eingesetzte Tests und zugehörige Befundlagen nur schwer aufeinander beziehen lassen (vgl. Vorholzer, v. Aufschnaiter & Kirschner, 2015). Selbst wenn Kompetenzbeschreibungen im Sinne von Zielperspektive vorliegen, beschreiben sie nicht hinreichend, was genau die Schüler/-innen verstanden haben müssen, um im Sinne dieser Ziele „kompetent“ zu agieren: Was kennzeichnet ein/e naturwissenschaftliche Frage/Verfahren? (I) Worauf muss bei der Kontrolle von Experimenten geachtet werden? (II) Nach welchen Merkmalen wird ein Modell zur Erklärung ausgewählt? (III) Diese und andere Fragen müssen die Schüler/-innen beantworten können oder zumindest intuitiv zugehörige Antworten erfasst haben, damit ihr Handeln zielgerichtet erfolgen kann. In diesem Zusammenhang beschreiben die NRC (2012) „Scientific Practices“, die Fähigkeiten und Wissen umfassen. Kompetenzen beinhalten somit immer auch Wissensbestände (Konzepte), die für die Planung von Unterricht (re-)konstruiert werden müssen (vgl. v. Aufschnaiter & Hofmann, 2014). Für (II) ist ein zugehöriges Konzept, das im SP für die Klassen 5-7 (Sequenz 2) thematisiert wird, „Naturwissenschaftliche Experimente, in denen immer nur eine Variable verändert wird, nennt man fair.“ Im SP werden, wie auch für die fachinhaltlichen Kompetenzen, immer beide Aspekte von Kompetenz aufgeführt – Wissensbestände, als Fließtext formuliert, und Fähigkeiten, als „Kompetenzen“ bezeichnet (vgl. z. B. v. Aufschnaiter & Wodzinski, 2013, Kapitel 3 sowie die Auflistungen vor jeder Unterrichtssequenz).

Graduierung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen

Im Rahmen eines SP kommt der Graduierung bzw. dem schrittweisen Aufbau von Kompetenzen eine besondere Bedeutung zu (vgl. auch Ansatz der Learning Progressions, u. a. Alonzo, 2012). Es können dabei drei Graduierungsoptionen unterschieden werden (s. a. Diskussion in Vorholzer, v. Aufschnaiter & Kirschner, 2015): (A) Die bereits in einer früheren Bildungsstufe thematisierten NAD werden um andere NAD ergänzt, z. B. wird erst die Beobachtung thematisiert und später das Stellen von Fragen. (B) Gleiche NAD werden in späteren Bildungsstufen erweitert, z. B. müssen die Schüler/-innen zunächst aus Vorgaben auswählen und/oder Fehler darin finden, später dann selbstständig zugehörige Aspekte entwickeln. (C) Die Komplexität der NAD bzw. ihrer Anwendung wird erhöht, z. B. müssen

zunehmend mehr Variablen kontrolliert werden oder der Grad der Unterstützung (auch zusätzliche Hilfen) verringert sich. Im Rahmen des SP wurden Progressionen über die Bildungsstufen hinweg sowohl mit Bezug auf (B) als auch mit Bezug auf (C) angelegt. Auf eine Progression, wie sie in (A) beschrieben wird, wurde verzichtet. Die Beispiele in Tabelle 1 zeigen exemplarisch, wie die Progression für einzelne prozessbezogene Kompetenzen aus dem SP angelegt wurde. Während PK 2 (Abb. 1, (2)) in der Tendenz eher (C) folgt, ist PK 5 (Abb. 1, (5)) eher (B) zuzuordnen. Die Darstellung zeigt aber auch, dass die Graduierung noch nicht ganz systematisch den zuvor genannten Überlegungen folgt, und deshalb sowohl die Modellierung als auch die Umsetzung und empirische Prüfung weiter ausgebaut werden müssen.

Nr.	Kompetenzen Elementarbereich	Zusätzliche Kompetenzen Grundschulbereich	Zusätzliche Kompetenzen Klasse 5-7
PK 2	Die Kinder ... • äußern Ideen und einfache Vermutungen über ein zu erwartendes Ereignis.	Die Schülerinnen und Schüler ... • formulieren Vermutungen zu Fragen oder Beobachtungen; • unterscheiden zwischen Vermutung und einfachem Raten.	Die Schülerinnen und Schüler ... • geben selbstständig angemessene Begründungen für Vermutungen und Hypothesen an.
PK 5	• führen einfache Versuche nach Anleitung durch.	• bauen einfache Versuche oder Experimente nach Plan auf; • führen einfache Versuche oder Experimente durch.	• wählen Versuchsmaterial und Geräte sachgerecht aus; • bauen einen geplanten Versuch bzw. ein geplantes Experiment sachgerecht auf; • führen einen Versuch/ein Experiment sachgerecht durch.

Tab. 1: Beispiele für Graduierung prozessbezogener Kompetenzen im Spiralcurriculum (aus v. Aufschnaiter & Wodzinski, 2013, S. 24f.)

Nature of Science

Im Spiralcurriculum liegt der Schwerpunkt auf den NAD in der Annahme, dass Schüler/-innen diese zumindest in Ansätzen aufbauen müssen, bevor deren Relevanz in den Naturwissenschaften im Sinne von „Nature of Science (NOS)“ thematisiert werden kann. Ähnlich dem Vorgehen für die NAD wurden dennoch zentrale Aspekte von NOS in der Literatur gesichtet und für das Spiralcurriculum beschrieben (u. a. in Anlehnungen an Ledermann, 2007; Neumann & Kremer, 2013). Das Ziel des Spiralcurriculums ist dabei, zumindest punktuell einen Beitrag zu NOS zu leisten, auf eine systematische Graduierung wurde jedoch verzichtet.

Literatur

- Alonzo, A. C. (2012). Learning progressions: significant promise, significant challenge. *ZfE*, 15 (1), 95–109.
- Aufschnaiter, C. v. (2003). Prozessbasierte Detailanalysen der Bildungsqualität von Physik-Unterricht: Eine explorative Studie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 105-124
- Aufschnaiter, C. v. & Hofmann, J. (2014). Kompetenz und Wissen – Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. *MNU*, 67 (1), 10-16
- Aufschnaiter, C. v. & Wodzinski, R. (2013). Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 3: Sekundarbereich. In der Reihe: Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7. Klasse. Herausgegeben von K. Möller. Seelze: Friedrich
- Emden, M. (2011). Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I. Berlin: Logos
- Höttecke, D., & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *ZfDN*, 1-13. doi: 10.1007/s40573-015-0030-z
- KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates, 831–879
- Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. *ZfDN*, 19, 209–232
- NRC. (2012). *A framework for K-12 science education. Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, D.C: National Academies Press
- Vorholzer, A., Aufschnaiter, C. v. & Kirschner, S. (2015). Entwicklung und Pilotierung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *ZfDN* – im Druck
- Vorholzer, A. (2015). Kompetenzmessung und Kompetenzaufbau im Bereich der experimentellen Denk- und Arbeitsweisen. Dissertation am FB 07 der JLU Gießen, zur Einreichung vorbereitet