

Fächerübergreifender Transfer naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen

Motivation

Der Aufbau von Kompetenzen im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (NDAW) ist ein wichtiges fächerübergreifendes Ziel des Biologie-, Chemie- und Physikunterrichts (s. Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung in KMK 2005a; 2005b; 2005c). In fachdidaktischen Modellierungen von NDAW werden typischerweise mindestens die drei Teilkompetenzen *Fragestellungen und Hypothesen entwickeln*, *Untersuchungen planen* und *Daten auswerten und interpretieren* unterschieden (z. B. Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, 2016; Zfg. in Emden, 2011). Diese Teilkompetenzen finden sich in ähnlicher Weise auch in den Bildungsstandards der Naturwissenschaften. Bezüglich des Aufbaus dieser Teilkompetenzen ist allerdings unklar, ob diese fächerübergreifend oder fachspezifisch aufgebaut werden können. Damit einher geht auch die Frage, inwiefern den Lernenden ein Transfer – d. h. die erfolgreiche Anwendung von in einer Situation aufgebauten (Teil-)Kompetenzen in einer neuen Situation (vgl. Brand et al., 2007; Wünnemann, 2012) – dieser Teilkompetenzen zwischen verschiedenen Naturwissenschaften gelingt. Für das Gelingen eines fächerübergreifenden Transfers von NDAW bzw. für den fächerübergreifenden Aufbau dieser spricht die Annahme, dass es sich bei diesen Kompetenzen um bereichsspezifische aber „über ähnliche Situationen generalisierbar[e]“ (Hartig & Klieme, 2006, S. 129) Fähigkeiten und Fertigkeiten handelt. Gleichzeitig ist aber auch davon auszugehen, dass die erfolgreiche Entfaltung von NDAW fach- bzw. kontextspezifisches Vorwissen erfordert (vgl. Hamman, Phan & Bayrhuber, 2007). Aus dem skizzierten Spannungsfeld ergibt sich die erste Forschungsfrage (FF):

FF 1: Inwiefern gelingt es Schüler*innen eine in einer Naturwissenschaft aufgebaute Teilkompetenz der NDAW auf andere naturwissenschaftliche Fächer und in andere fachspezifisch Kontexte zu transferieren?

Im Sinne der Bildungsstandards sollen die NDAW als Teil naturwissenschaftlicher Bildung den Schülerinnen und Schüler (S*S) u. a. „eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung“ (KMK, 2005c, S. 6) ermöglichen. Somit stellt sich zudem folgende Frage:

FF 2: Inwiefern gelingt S*S der Transfer der drei Teilkompetenzen auf alltägliche Situationen?

Methodisches Vorgehen

Den Ausgangspunkt der Studie bildet der Projekttag eines Oberstufengymnasiums, an dem S*S in biologischen, chemischen und physikalischen Kontexten jeweils ausgewählte Teilkompetenzen der NDAW aufbauen sollen (*Fragestellungen und Hypothesen entwickeln* in Chemie, *Untersuchungen planen* in Biologie und *Daten auswerten und interpretieren* in Physik). Die am Projekttag eingesetzten Lernmaterialien wurden in Kooperation mit den Autor*innen entwickelt, die Umsetzung und Durchführung des Projekttags erfolgte jedoch ausschließlich durch die Lehrkräfte der Schule. Ca. 18 Wochen nach dem Projekttag wurden die S*S, die am Projekttag teilgenommen haben, aufgefordert, ein von uns entwickeltes Testinstrument zu bearbeiten, das die drei Teilkompetenzen der NDAW erfasst. Um zu untersuchen, inwiefern den S*S der Transfer der Teilkompetenzen zwischen den Fächern gelingt (FF1), wurden drei Varianten des Testinstruments (Testheft A, B und C) mit

parallelisierten Aufgaben entwickelt, die sich nur in der kontextuellen Einkleidung unterscheiden (vgl. Abb. 1):

- Testheft **A** enthält Aufgaben, die die drei Teilkompetenzen in den **gleichen Fachkontexten** prüfen, in denen sie am Projekttag aufgebaut wurden (z. B. „Redoxreaktionen“ in Chemie, in denen Fragestellungen entwickelt werden sollten; „Fallbewegungen“ in Physik, in denen zwischen Beobachtung und Deutung unterschieden werden sollte).
- Testheft **B** enthält die gleichen Aufgabenstellungen wie Testheft A (z. B. „Formulieren Sie eine Fragestellung zu...“), die Aufgaben sind jedoch in einen **neuen Kontext aus dem gleichen Fach** eingekleidet (z. B. wurde der chemische Kontext „Redoxreaktionen“, mit dem chemischen Kontext „Neutralisation“ ersetzt).
- Testheft **C** enthält die gleichen Aufgabenstellungen wie die Testhefte A und B, nutzt jedoch jeweils **Kontexte aus einem anderen Fach**, indem die entsprechende Teilkompetenz am Projekttag *nicht* aufgebaut wurde (z. B. wurde der physikalische Kontext „Fallbewegungen“ mit dem chemischen Kontext „Neutralisation“ ersetzt).

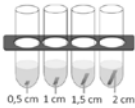

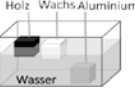
Testheft A	<p>Peter und Linda führen einen zweiten Versuch durch. Für diesen Versuch verwenden sie vier Reagenzgläser, die sie alle mit 2 ml verdünnter Salzsäure füllen. In jedes Reagenzglas geben sie je ein Magnesiumband mit unterschiedlicher Länge (0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm und 2 cm).</p> <p>A1.3: Formulieren Sie <u>zwei präzise Fragestellungen</u>, denen Peter und Linda mit ihrem Versuch nachgehen könnten.</p>	
Testheft B	<p>Peter und Linda führen einen zweiten Versuch durch. Sie füllen je einen Messzylinder mit 5 ml, mit 10 ml und mit 15 ml Wasser. In jeden Zylinder geben sie außerdem einige Tropfen Universalindikator (UI). Danach geben sie in jeden Messzylinder 3 Tropfen verdünnte Natronlauge und beobachten, was passiert.</p> <p>B1.3: Formulieren Sie <u>zwei präzise Fragestellungen</u>, denen Peter und Linda mit ihrem Versuch nachgehen könnten.</p>	
Testheft C	<p>Peter und Linda führen einen zweiten Versuch durch. Sie füllen ein Glasbecken mit Wasser. Anschließend legen sie drei gleich große Würfel aus Holz, Wachs und Aluminium in das Wasser und beobachten, was passiert.</p> <p>C1.3: Formulieren Sie <u>zwei präzise Fragestellungen</u>, denen Peter und Linda mit ihrem Versuch nachgehen könnten.</p>	

Abb. 1: Beispiel für parallelisierte Aufgaben

Zusätzlich zu den Items aus verschiedenen fachlichen Kontexten enthält jedes Testheft zwei in allen Heften identische Aufgaben aus einem alltäglichen Kontext, um zu untersuchen, inwiefern den S*S der Transfer auf solche Kontexte gelingt (FF2). Die Testhefte beinhalteten jeweils Aufgaben zum Identifizieren, Anwenden und Angeben von Regeln zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten. Die Aufgaben zum Identifizieren sind geschlossen, alle weiteren Aufgaben offen formuliert. Die Bearbeitung der Testhefte dauerte ca. 30 Minuten und fand im regulären Physikunterricht statt. Die drei Varianten des Testheftes wurden randomisiert an alle S*S verteilt, die am Projekttag teilgenommen haben und am Tag der Testung anwesend waren. Da jedoch nicht alle S*S einer Auswertung der Daten zugestimmt haben, variiert die tatsächliche Größe der Gruppen, die die verschiedenen Testhefte bearbeitet haben (Gruppe A: $N = 58$, Gruppe B: $N = 65$, Gruppe C: $N = 38$).

Um zu untersuchen, inwiefern in einem Fach und Kontext aufgebaute NDAW auf andere Kontexte bzw. Fächer transferiert werden, wurde der mittlere Gesamtscore aller S*S einer Gruppe ermittelt und anschließend ein paarweiser Vergleich zwischen den Gruppen mit einem Whitney-U-Test durchgeführt. Diesem Vergleich liegt die Annahme zu Grunde, dass durch die randomisierte Zuordnung von S*S zu Testheften die Ausprägungen der Teilkompetenzen in allen drei Gruppen (A, B, C) gleich verteilt sind. Zusätzlich zum Vergleich des Gesamtscores der Gruppen wurde analysiert, ob sich Unterschiede zwischen den Aufgaben zu den Teilkompetenzen zeigen.

Ergebnisse

Insgesamt haben die S*S in allen Gruppen einen relativ hohen Gesamtscore erreicht ($MW: 17.15$, $SD: 3.79$, maximaler Score 25 Punkte). Zwischen den Gesamtscores der Gruppen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede ($Z_{AB} = -1.86$, $p = .06$, $r = .18$; $Z_{AC} = -1.55$, $p = .12$, $r = .16$; $Z_{BC} = -0.01$, $p = .99$, $r = .00$; vgl. Abb. 2).

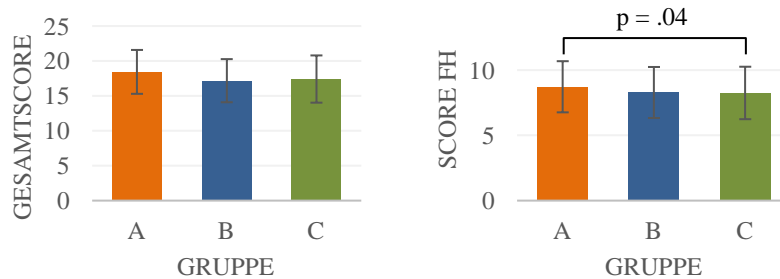


Abb. 2: Mittelere Gesamtscore der Gruppen A, B und C (links) und mittlere Score der Gruppen zur Teilkompetenz *Fragestellungen und Hypothesen entwickeln* (rechts). Fehlerbalken: ± 1 Standardabweichung.

Bei der Betrachtung der Aufgaben zu den einzelnen Teilkompetenz zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen A und C für die Teilkompetenz *Fragestellungen und Hypothesen entwickeln*. Die Aufgaben wurden im Kontext „Schwimmen und Sinken“ (Gruppe C) weniger häufig richtig gelöst als im Kontext „Redoxreaktionen“ (Gruppe A). Dieser Unterschied ist auf einem 5 %-Niveau signifikant und entspricht einem kleinen Effekt ($Z_{FH(AC)} = -2.02$, $p = .04$, $r = .21$; vgl. Abb. 2). Es finden sich keine weiteren signifikanten Unterschiede im Vergleich zwischen den Gruppen A, B und C. Die beiden in allen Testheften identischen Aufgaben, die in einen alltäglichen Kontext eingebettet sind, wurden relativ häufig richtig gelöst ($MW: 2.12 \pm 1.69$; maximaler Score 3 Punkte).

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass den S*S der Transfer der untersuchten Teilkompetenzen der NDAW auf andere Kontexte und Fächer überwiegend gelingt. Sie liefern zudem erste Hinweise darauf, dass ein fächerübergreifender Aufbau von Kompetenzen zu NDAW grundsätzlich möglich ist. Einen signifikanten Unterschied gab es bei Betrachtung der Teilkompetenz *Fragestellungen und Hypothesen entwickeln* zwischen den Gruppen A und C. Dies könnte ein erster Hinweis darauf sein, dass den S*S der Transfer dieser Teilkompetenz zwischen den Fächern schwerer fällt als der Transfer der anderen Teilkompetenzen. Eine mögliche Ursache dafür könnte sein, dass das Formulieren von Fragen und Hypothesen vergleichsweise stark vom Vorwissen abhängt (vgl. Hammann, Phan & Bayrhuber, 2007; Mayer et al., 2008; Wellnitz, 2017). Da die Aufgaben sich jedoch nicht nur in der Teilkompetenz, sondern auch im Kontext und Aufgabenformat unterscheiden, müsste dies in zukünftigen Untersuchungen noch einmal systematisch geprüft werden.

Die Ergebnisse zum Transfer in den Alltag liefern erste Hinweise darauf, dass die S*S in der Lage sind, einen solchen Transfer zu leisten. Zu klären bleibt allerdings, ob dieser Transfer auch dann gelingt, wenn die S*S nicht durch vorherige Aufgaben „gepromtet“ werden, sondern NDAW von sich aus nutzen müssen, z. B. um die Aussagekraft einer in den Medien gezeigten Studie einzuschätzen. Im weiteren Verlauf des Projekts soll der Fokus verstärkt darauf gerichtet werden, zu untersuchen, inwiefern S*S ein solcher *eigenständiger* Transfer von NDAW in alltägliche Kontexte gelingt und von welchen Situations- und Personenmerkmalen das Gelingen dieses Transfers abhängt.

Literatur

- Brand, S., Reimer, T. & Opwis, K. (2007). How do we learn in a negative mood? Effects of a negative mood on transfer and learning. *Learning and Instruction* 17(1), 1–16.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 118). Berlin: Logos.
- Hamman, M., Phan, T. T. H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik* (S. 33-49). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hartig, J. & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 127-143). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Handbuch der Theorien in der biologiedidaktischen Forschung – Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 178-186). Berlin: Springer.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangstufe 10)*. München: Luchterhand.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangstufe 10)*. München: Luchterhand.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangstufe 10)*. München: Luchterhand.
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C., Kirschner, S. (2016). Entwicklung und Pilotierung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 25-41.
- Wellnitz, M., Hecht, M., Heitmann, P., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2017). Modellierung des Kompetenzteilbereichs naturwissenschaftliche Untersuchungen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 20(4), 556-584.
- Wünnemann, M. (2012). *Bedingungen von Transfer beim Lernen von Gleichgewichtsaufgaben*. Dissertation, Universität Paderborn. Paderborn.