

Experimentierend zu mehr Selbstbestimmung: Der *Basiskurs Naturwissenschaften*

Theoretische Leitlinien und empirische Hinweise

Cornelia Stiller^{1,*}, Stefan Hahn²,
Andreas Stockey³ & Matthias Wilde¹

¹ Universität Bielefeld

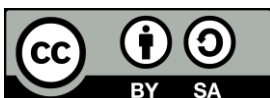
² Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung (IfBO), Hamburg

³ Oberstufen-Kolleg an der Universität Bielefeld

* Kontakt: Universität Bielefeld, Fakultät für Biologie / Biologiedidaktik,
Universitätsstr. 25, 33615 Bielefeld
cornelia.stiller@uni-bielefeld.de

Zusammenfassung: Mit dem Begriff *Scientific Literacy* wird die Forderung verbunden, Schule solle Schüler*innen naturwissenschaftliches Wissen und jene Kompetenzen vermitteln, durch die sie in die Lage versetzt werden, naturwissenschaftliches Wissen anwenden zu können. In Auseinandersetzung mit Konzepten zur *Scientific Literacy* und empirischen Erkenntnissen aus Fachdidaktiken und Bildungsforschung wurde von einer interdisziplinär zusammengesetzten Gruppe aus Lehrenden, Erziehungswissenschaftler*innen und Fachdidaktiker*innen ein naturwissenschaftliches Curriculum für die Eingangsphase der gymnasialen Oberstufe entwickelt und erprobt. Das Kurskonzept legt dabei den Schwerpunkt auf *Scientific Inquiry* mit dem Experiment als einer methodischen Grundform der Erkenntnisgewinnung. Der Erkenntnisprozess beim Experimentieren wird in einzelne Schritte unterteilt. Durch eine schrittweise Steigerung der Selbststeuerung beim Experimentieren soll es ermöglicht werden, dass der metakognitive Anforderungsgehalt von den Schüler*innen bewältigt werden kann und ihnen sowohl das Erleben von Autonomie als auch von Kompetenz ermöglicht wird. Ein weiterer Fokus im Kurskonzept liegt auf *Data Literacy*, die durch eine stetige Auseinandersetzung und Reflexion der Schüler*innen mit den von ihnen erhobenen Daten im gesamten Forschungsprozess gefördert werden soll. Analog zu den Schritten beim Experimentieren werden die dafür notwendigen mathematischen und statistischen Kompetenzen zunächst lehrerzentriert eingeführt und dann immer weiter in die Hände der Schüler*innen gelegt. Empirische Hinweise deuten darauf hin, dass durch die Kurskonzeption für Schüler*innen lernförderliche Lernumgebungen geschaffen werden können. Im Rahmen dieses Beitrags sollen die Grundlagen des Curriculumskonzeptes des *Basiskurses Naturwissenschaften* vorgestellt werden und so interessierten Lehrenden die Möglichkeit gegeben werden, Anregungen für ihren eigenen Unterricht zu finden.

Schlagwörter: Scientific Literacy, Experimentieren, Curriculum



© Die Autor*innen 2020. Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 Deutschland (CC BY-SA 4.0 de).

URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>

1 Einleitung

Mit dem Begriff *Scientific Literacy* wird die Forderung verbunden, Schule solle Schüler*innen naturwissenschaftliches Wissen und jene Kompetenzen vermitteln, durch die sie in die Lage versetzt werden, naturwissenschaftliches Wissen anwenden zu können (NRC, 1996). Die Bedeutung einer im Sinne der *Scientific Literacy* verstandenen naturwissenschaftlichen Grundbildung wird auch in den Kernlehrplänen der Fächer Biologie, Chemie und Physik deutlich (MSB NRW, 2008a, 2008b, 2008c).

In Auseinandersetzung mit Konzepten zur *Scientific Literacy* und empirischen Erkenntnissen aus Fachdidaktiken und Bildungsforschung wurde von einer interdisziplinär zusammengesetzten Gruppe aus Lehrenden, Erziehungswissenschaftler*innen und Fachdidaktiker*innen ein naturwissenschaftliches Curriculum für die Eingangsphase der gymnasialen Oberstufe entwickelt und erprobt. In regelmäßigen Projektsitzungen wurde der Unterricht gemeinsam geplant und unter der Leitfrage *What works best?* gemeinsam reflektiert. Das Ergebnis dieses Entwicklungsprozesses ist das Curriculumskonzept *Basiskurs Naturwissenschaften*.

Im Rahmen dieses Beitrags sollen die konzeptionellen Grundlagen des *Basiskurses Naturwissenschaften* vorgestellt werden und soll so interessierten Lehrenden die Möglichkeit gegeben werden, Anregungen für ihren eigenen Unterricht zu finden.

2 Ein Kurskonzept zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

2.1 Theoretische Rahmenbedingungen zum Kurskonzept

Scientific Literacy betont die wissenschaftsorientierte Vermittlung sowohl von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen als auch von Konzepten, die explizit das Verständnis und die Reflexion der Wege betonen, auf denen diese Erkenntnisse gewonnen werden (Bybee, 2002). International werden diese Konzepte als *Scientific Inquiry* und *Nature of Science* bezeichnet (NRC, 1996; DFES & QCA, 1999).

Nature of Science umfasst ein aufgeklärtes Verständnis über das Zustandekommen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und die dem naturwissenschaftlichen Wissen zugrundeliegenden erkenntnistheoretischen Annahmen, d.h., dass Wissen in den Naturwissenschaften als vorläufig und stetig veränderbar zu verstehen ist (Urhahne, Kremer & Mayer, 2008).

Unter dem Begriff *Scientific Inquiry* werden die Durchführung und das Verständnis wissenschaftlicher Untersuchungen zur Lösung eines naturwissenschaftlichen Problems zusammengefasst (NRC, 2000). *Scientific Inquiry* kann mit dem von Klahr (2000) entwickelten SDDS-Modell (*Scientific Discovery as Dual Search-Model*) analog zu einem Problemlöseprozess modelliert werden (Mayer, 2007). Im SDDS-Modell (Klahr, 2000) besteht der Prozess der Erkenntnisgewinnung aus den drei Schritten: Suche im Hypothesenraum, Testen von Hypothesen und Analyse von Evidenzen (Klahr, 2000; Hammann, 2007). Bei der „Suche im Hypothesenraum“ wird auf Grundlage von vorhandenem Wissen (Vorwissen) oder von Beobachtungen eine möglichst universale, präzise und überprüfbare Hypothese entwickelt. Diese wird dann im nächsten Schritt, dem „Testen von Hypothesen“, untersucht, indem ein Experiment entwickelt, eine konkrete Vorhersage der Ergebnisse des geplanten Experiments getroffen und das Experiment durchgeführt sowie die Ergebnisse daraus mit den vorhergesagten Ergebnissen verglichen werden. Aus dieser „Suche im Experimentierraum“ ergeben sich Belege für oder gegen die Hypothese. Diese Belege bilden die Grundlage für den nächsten Schritt, die „Analyse von Evidenzen“, bei der entschieden wird, ob die Hypothese akzeptiert, zurückgewiesen oder weiter geprüft wird.

Das Experimentieren im Unterricht stellt eine Möglichkeit dar, um Schüler*innen ein Verständnis für *Nature of Science* und *Scientific Inquiry* zu ermöglichen. Durch eigenständiges Experimentieren sollen Schüler*innen den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgang nachvollziehen und so zu einem Verständnis der wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweise gelangen (Mayer & Ziemek, 2006; Wirth, Thillmann, Künsting, Fischer & Leutner, 2008). Lehrende teilen diese Zielsetzung des Unterrichts und weisen Schalexperimenten darüber hinaus eine motivations- und interessensförderliche Wirkung zu, um so deren Einsatz im Unterricht zu begründen (Hodson, 1990; Johnstone & Al-Shuali, 2001; Welzel et al., 1998).

Nimmt man *Scientific Literacy* als Bildungsziel ernst, genügt es im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht, Experimente lediglich kochrezeptartig durchzuführen, wie es häufig im Unterricht geschieht (Abrahams & Millar, 2008; Abrahams & Reiss, 2012). Vielmehr müssen Schüler*innen beim Experimentieren die Möglichkeit bekommen, die erkenntnistheoretischen Schritte nachzuvollziehen (Hofstein & Lunetta, 2004; Höttecke & Rieß, 2015). Dies gelingt allerdings kaum, wenn Experimente einfach nach den engen Vorgaben einer Bedienungsanleitung durchgeführt werden, wie Studien zum Experimentieren in der Schule zeigen (Abrahams, 2011; Abrahams & Millar, 2008; Hammann, 2004; Harlen, 1999; Hodson, 1990; Gunstone, 1991). Die Ergebnisse dieser Studien legen den Schluss nahe, dass Schüler*innen beim Experimentieren theoretische Inhalte kaum mit der Praxis verknüpfen können (Abrahams, 2011; Abrahams & Millar, 2008), sie die praktische Durchführung des Experiments als sehr komplex erleben und kaum noch über Kapazitäten zum Durchdenken des Experiments verfügen (Harlen, 1999). In der Konsequenz werden häufig falsche Vorstellungen vom Forschungsprozess vermittelt (Gunstone, 1991; Hammann, 2004), und die experimentelle Tätigkeit wird von Schüler*innen nicht selten als demotivierend erlebt (Harlen, 1999; Hodson, 1990). Demgegenüber kann selbstständiges Experimentieren ebenfalls mit einigen Problemen verbunden sein, da häufig von Lehrenden ungünstige Zielvorgaben festgelegt werden, sodass sich Schüler*innen beim Experimentieren überfordert fühlen, weil das selbstständige Experimentieren zu hohe metakognitive Anforderungen an sie stellt (Wirth et al., 2008). Um das Potential von Schülerexperimenten im Unterricht ausschöpfen zu können, müssen Experimente demnach so in den Unterricht integriert werden, dass der Anforderungsgehalt die Schüler*innen weder unter- noch überfordert. Im Sinne einer *Scientific Literacy* erscheint es demnach naheliegend, den Fokus beim Experimentieren auf den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu legen und die Durchführung und Reflexion einzelner Schritte dieses Prozesses zu unterstützen.

Zur *Scientific Literacy* gehört auch, Schüler*innen dazu zu befähigen, auf Grundlage von wissenschaftlichen Befunden zu argumentieren und auf dieser Grundlage fundierte gesellschaftliche und persönliche Entscheidungen zu treffen (KMK, 2005a, 2005b, 2005c; OECD, 2013). Im alltäglichen Leben sind Schüler*innen, wie auch Erwachsene, mit Informationen konfrontiert, bei denen z.B. in Medien wissenschaftliche Befunde verkürzt dargestellt werden (Till, 2014). Diese Informationen sind allerdings für gesellschaftliche oder persönliche Entscheidungsprozesse von essenzieller Bedeutung. Damit mit derartigen Informationen kompetent und konstruktiv umgegangen werden kann, müssen wissenschaftliche Befunde, aber auch die dahinterliegenden Entstehungsprozesse verstanden werden. In diesem Kontext werden auch Jugendliche mit statistischen Informationen konfrontiert, die ihnen auf verschiedenen Wegen präsentiert werden können, z.B. als geschriebene Texte, im Rahmen von mündlichen Vorträgen oder Diskussionen, in Tabellen oder Graphiken (Gal, 2002). Eine Anforderung an Schüler*innen als mündige Bürger*innen besteht demnach auch darin, dass diese die Planung und die Erhebung statistischer Daten beurteilen und kritisch hinterfragen können (vgl. Eichler & Vogel, 2013, S. 17). Für einen kompetenten, informierten und kritischen Umgang mit Informationen ist ein tieferes Verständnis dafür erforderlich, wie Daten erhoben und präsentiert werden und wie diese ggf. manipuliert werden können (Bowen & Bartley, 2014; Gal, 2002). Das

Planen und Durchführen von Erhebungen durch Schüler*innen kann den Prozess der Aneignung dieser Kompetenzen fördern (vgl. Eichler & Vogel, 2013, S. 17). Kompetenzen, die ein Individuum dazu befähigen, statistische Fakten des alltäglichen Lebens kritisch zu bewerten (Prado & Marzal, 2013; Wolff, Gooch, Montaner, Rashid & Kortuem, 2016), können mit dem Begriff *Data Literacy* beschrieben werden. *Data Literacy* bezieht sich auf den gesamten Forschungsprozess, wie Daten gesammelt und aufbereitet, Erklärungen daraus abgeleitet und Befunde präsentiert werden können (Prado & Marzal, 2013; Wolff et al., 2016). Schüler*innen soll mit diesen Kompetenzen eine kritische Reflexion des Forschungsprozesses ermöglicht werden, weil diese so zu einem Verständnis dafür gelangen können, inwiefern die Auswahl der Analyse und der Visualisierung oder wie eine unsachgemäße Auswahl von Daten Ergebnisse korrekt oder eben verzerrt darstellen können (Wolff et al., 2016). Demnach sollte das Ziel sein, Schüler*innen beim Umgang mit Daten zu befähigen, von der reinen statistischen Ebene zu abstrahieren und die Daten in einem weiteren Kontext zu betrachten (Frank, Walker, Attard & Tygel, 2016).

Bei der Konzeption des *Basiskurses Naturwissenschaften* wurde sowohl auf Experimentieren und *Scientific Inquiry* als auch auf Aspekte von *Data Literacy* fokussiert.

2.2 Kurskonzept *Basiskurs Naturwissenschaften*

Das Konzept des *Basiskurses Naturwissenschaften* wurde von Lehrenden des Oberstufen-Kollegs Bielefeld sowie von Fachdidaktiker*innen und Bildungswissenschaftler*innen als ein kompetenzorientiertes und fächerübergreifendes Unterrichtskonzept für die Eingangsphase der Oberstufe mit einem Schwerpunkt auf selbstgesteuertem Experimentieren entwickelt (Stiller, Stockey, Hahn, & Wilde, eingereicht). Der Kurs ist für ein ganzes Schuljahr geplant und umfasst insgesamt acht Unterrichtseinheiten, die alle in diesem Heft publiziert sind: hypothetisch-deduktiver Erkenntnisgang: Stiller, Allmers, Habigsberg, Stockey & Wilde, S. 28–39 in diesem Heft; Energieerhaltung: Allmers & Wilde, S. 40–52 in diesem Heft; Dichte: Allmers, Stiller & Wilde, S. 53–66 in diesem Heft; Lösungswärme: Stiller, Beyer-Sehlmeyer, Friedrich, Stockey & Allmers, S. 67–79 in diesem Heft; Ladungstransport: Allmers, Beyer-Sehlmeyer, Schumacher & Wilde, S. 80–96 in diesem Heft; Osmose: Schumacher, Beyer-Sehlmeyer, Henrich, Polte, Stockey & Wilde, S. 97–106 in diesem Heft; Keimung: Haunhorst, Stockey & Wilde, S. 107–116 in diesem Heft; Selektion: Stiller, Bekel-Kastrup & Stockey, S. 117–128 in diesem Heft. Durch dieses Kurskonzept soll den Schüler*innen durch eine sukzessive Steigerung der Selbststeuerung beim wissenschaftlichen Arbeiten ein schrittweiser Kompetenzerwerb ermöglicht werden. Dadurch sollen sie zum selbstständigen experimentellen Arbeiten hingeführt werden. Indem sie das Experimentieren selbst durchdenken und nicht kochrezeptartig die einzelnen Schritte im Experimentierprozess abarbeiten, soll den Problemen, die häufig von Schulexperimenten berichtet werden (Abrahams, 2008; Abrahams & Reiss, 2012; Höttecke & Rieß, 2015), entgegengewirkt werden.

Das Kurskonzept legt den Schwerpunkt auf *Scientific Inquiry* mit dem Experiment als einer methodischen Grundform der Erkenntnisgewinnung. Experimentieren als eine Erkenntnismethode von *Scientific Inquiry* bietet Schüler*innen die Möglichkeit, wissenschaftliche Ideen auf Ebene der Phänomene zu erfahren. Allerdings ist es auch wichtig, nicht auf dieser Ebene zu bleiben, sondern den Schüler*innen Gelegenheiten zu bieten, die wissenschaftliche Idee hinter dem Experiment nachzuvollziehen, indem beides eng miteinander verbunden wird (Osborne, 2015). Die Schüler*innen sollten die Möglichkeit haben, sich mit einer wissenschaftlichen Idee aus unterschiedlichen Perspektiven auseinandersetzen zu können, d.h., sie sollten Gelegenheit bekommen, Wissenschaft *hands-on* durchzuführen, darüber zu sprechen, zu schreiben, zu lesen sowie sich wissenschaftlich zu positionieren (Osborne, 2015). Um Experimentieren als erfolgreichen Lernprozess wahrnehmen zu können, müssen sie jedoch aktiv in den gesamten Experimentierprozess eingebunden sein, d.h., von der Entwicklung einer Forschungsfrage bis hin zur Schlussfolgerung aus ihren Erkenntnissen eine aktive Rolle einnehmen (Osborne, 2015).

Notwendig für Lernprozesse in diesem Sinne ist ein gewisser Grad an Anleitung beim Experimentieren (Jong, 2005; Mayer, 2004), z.B. indem das Experimentieren durch instruktionspsychologische Maßnahmen unterstützt wird (Wirth et al., 2008). Im Kurskonzept des Basiskurses wird der Erkenntnisprozess beim Experimentieren in einzelne Schritte gegliedert, die nach einer Einführung durch die Lehrkraft in nachfolgenden Experimenten zunehmend selbstgesteuert von den Schüler*innen ausgeführt werden (vgl. Abb. 1).

| Schülereperiment zur jeweiligen Unterrichtseinheit (UE) Methodenbaustein (<i>Zuordnung zu den Schritten nach KLAHR, 2000</i>) | UE1a Kindbettfieber* | UE1b Fadenpendel | UE2 Energieerhaltung | UE3 Dichte | UE4 Lösungswärme | UE5 Ladungstransport | UE6 Zellsaftkonzentration | UE 7 Keimung und Wachstum | UE8 Selektion |
|--|----------------------|------------------|----------------------|------------|------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| Festlegung der grundlegenden Herangehensweise (<i>SiE</i>) | L | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | S |
| Identifikation und Kontrolle relevanter Variablen (<i>SiE</i>) | L | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | S |
| Festlegung der abhängigen Variable und des Verfahren des Messung (<i>SiE</i>) | L | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | S | S |
| Aufstellen und Begründen von Hypothesen (<i>SiH</i>) | L | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | S | S |
| Festlegung von Abstand und Anzahl der Messintervalle (<i>SiE</i>) | L | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | S | S | S |
| Formulierung einer präzisen Fragestellung (<i>SiH</i>) | L | L/S | L/S | L/S | L/S | L/S | S | S | S |
| Formulierung der Schlussfolgerung (<i>AvE</i>) | L | L/S | L/S | L/S | L/S | S | S | S | S |
| Festlegung des Untersuchungsspektrum (<i>SiE</i>) | L | L/S | L/S | L/S | L/S | S | S | S | S |
| Festlegung der unabhängigen Variable (<i>SiE</i>) | L | L/S | L/S | L/S | S | S | S | S | S |
| Formulierung der Interpretation (<i>AvE</i>) | L | L/S | L/S | L/S | S | S | S | S | S |
| Festlegung der Anzahl der Stichproben und der Messwiederholungen (<i>SiE</i>) | L | L/S | L/S | S | S | S | S | S | S |
| Beschreibung der Ergebnisse (<i>AvE</i>) | L | L/S | L/S | S | S | S | S | S | S |

Abbildung 1: Darstellung der Kompetenztreppe: SiH = Suche im Hypothesenraum, SiE = Suche im Experimentierraum, AvE = Analyse von Evidenzen. * kein Schülereperiment, L = vom Lehrenden eingeführt/stark angeleitet, L/S = vom Lehrenden und den Schüler*innen gemeinsam erarbeitet, S = von den Schüler*innen selbstständig angewendet (adaptiert nach Stiller, Stockey et al., eingereicht)

Durch eine schrittweise Steigerung der Selbststeuerung beim Experimentieren soll es ermöglicht werden, dass der metakognitive Anforderungsgehalt für die Schüler*innen bewältigbar wird. Des Weiteren können dadurch die verschiedenen Teilkompetenzen der Erkenntnisgewinnung schrittweise erlangt und sinnvoll aufeinander bezogen werden. Durch eine angemessene Forderung der Schüler*innen beim Experimentieren – d.h., die Schüler*innen sollten weder Über- noch Unterforderung erleben – soll eine Unterrichts-umgebung geschaffen werden, die von den Schüler*innen als kompetenzunterstützend wahrgenommen werden kann. Darüber hinaus experimentieren die Schüler*innen im Kurs überwiegend selbstständig, angepasst an ihre bestehenden Kompetenzen, sodass davon auszugehen ist, dass der Unterricht autonomieunterstützend erlebt wird. Das Erleben von Autonomie und Kompetenz wird als psychologische Voraussetzung für motiviertes Handeln angesehen (Deci, Ryan & Williams, 1996; Ryan & Deci, 2017). Es ist daher anzunehmen, dass sich eine autonomie- und kompetenzunterstützende Lernumgebung wie im Konzept des *Basiskurses Naturwissenschaften* positiv auf die Lernmotivation der Schüler*innen auswirkt. Eine kompetenz- und autonomieunterstützende Lehr- und Lernumgebung, in der die Schüler*innen in vielen experimentierenden Tätigkeiten im Sinne des Nachvollziehens des naturwissenschaftlichen Erkenntnisganges involviert sind, soll dazu beitragen, dass den Schüler*innen ein Verständnis der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zugänglich wird. Auch wenn der gewählte Fokus auf das Experimentieren notwendigerweise mit einer Reduktion fachlicher Inhalte einhergehen muss, ist zu erwarten, dass die Schüler*innen aufgrund der motivations- und interessenförderlichen Lernumgebung und der aktiven Rolle im Unterricht dennoch das fachliche Wissen erlangen und verfestigen.

Ein weiterer Fokus im Kurskonzept liegt auf *Data Literacy* (vgl. dazu Stiller, Allmers, Stockey & Wilde, eingereicht), die durch eine stetige Auseinandersetzung und Reflexion der Schüler*innen mit den von ihnen erhobenen Daten im gesamten Forschungsprozess gefördert werden soll. Dieses geschieht durch Berücksichtigung der fünf Wissensdimensionen der *Statistical Literacy* nach Gal (2002): (1) *Literacy*-Fähigkeiten, (2) Statistisches Wissen, (3) Mathematisches Wissen, (4) Kontextwissen und (5) Kritische Reflexionsfähigkeit. Diese Wissensdimensionen werden im Verlauf des Kurskonzeptes aufgebaut. Darüber hinaus fokussiert das Kurskonzept im Sinne einer *Data Literacy* neben dem Aufbau mathematischer und/oder statistischer Kompetenzen insbesondere den Aufbau einer Grundvorstellung über Daten und deren Entstehung unter Berücksichtigung des gesamten Forschungsprozesses. Schüler*innen sollen Strategien und Intuitionen entwickeln, mit denen sie ihnen präsentierte Daten angemessen beurteilen können (Sproesser, 2014). Für *Data Literacy* wurde korrespondierend zu der Kompetenztreppe zum Experimentieren eine analoge Kompetenztreppe entwickelt (vgl. Abb. 2 auf der folgenden Seite), die ausgewählte grundlegende Kompetenzen einer *Statistical Literacy* nach Gal (2002) beinhaltet. Dazu zählen mathematische und statistische Kompetenzen sowie Kompetenzen zum Umgang mit Kontextwissen, die zunächst lehrerzentriert eingeführt und dann immer weiter in die Hände der Schüler*innen gelegt werden (vgl. Abb. 2). Kompetenzen bezogen auf *Literacy*-Fähigkeiten und eine kritische Reflexion werden während des Unterrichts implizit jeweils mitgefördert, indem die mathematischen und statistischen Grundfertigkeiten nicht einfach nur eingeübt werden, sondern sich die Schüler*innen reflektiert mit diesen auseinandersetzen und so ein Verständnis für geschriebene, gesprochene oder in Tabellen oder graphischen Abbildungen verpackte Informationen (Gal, 2002) gefördert wird. Die Förderung dieser Kompetenzen bleibt allerdings nicht im Sinne einer *Statistical Literacy* auf Ebene der kritischen Prüfung von statistischen Daten zur Beurteilung der Validität, um damit argumentieren zu können und Entscheidungen zu treffen (Wolff et al., 2016). Vielmehr werden systematisch Anlässe geschaffen, um den gesamten Forschungsprozess vom Sammeln der Daten und deren Aufbereitung über das Ableiten von Erklärungen bis hin zur Präsentation von Daten im Sinne einer *Data Literacy* (Prado & Marzal, 2013; Wolff et al., 2016) zu reflektieren.

| Schülerexperiment zur jeweiligen Unterrichtseinheit (UE) | UE1a Kindbettfieber* | UE1b Fadenpendel | UE2 Energieerhaltung | UE3 Dichte | UE4 Lösungswärme | UE5 Ladungstransport | UE6 Zellsaftkonzentration | UE7 Keimung und Wachstum | UE8 Selektion |
|--|----------------------|------------------|----------------------|------------|------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|---------------|
| Data Literacy-Kompetenzen | | | | | | | | | |
| Signifikanzprüfung (mit Konfidenzintervallen, t-Test oder r_s -Test) | | | | | | | L | L/S | S |
| Ermitteln eines funkt. Zusammenhangs (Aufstellen einer lin. Funktionsgleichung, weitere Funktionsklassen zum mathematischen Modell, Korrelation, Regressionsrechnung) | | | | | | L | L/S | L/S | S |
| Umgang mit Literaturwerten (Recherche und Diskussion) | | | | L | L | L/S | L/S | S | S |
| Streuung (Streuungsparameter: Standardabweichung (SD), Standardfehler (SEM); Berechnung u. Fehlerkreuze in Diagrammen, Bedeutung der SD/SEM und statistischer Fehler vs. systematischer Fehler) | | | | L | L/S | L/S | S | S | S |
| Messungenaugigkeiten (Benennen und Berücksichtigen von Messungenaugigkeiten und Angabe von signifikanten Ziffern) | | | L | L/S | L/S | S | S | S | S |
| Beschreiben und Interpretieren von Diagrammen (ausgleichende Kurven) | | L | L/S | L/S | S | S | S | S | S |
| Mittelwerte (Berechnung v. Mittelwerten, Thematisierung v. Ausreißerempfindlichkeit für arithmetisches Mittel und Median) | | L | L/S | L/S | S | S | S | S | S |
| Wertetabelle (Erstellen einer Wertetabelle) | | L | L/S | S | S | S | S | S | S |
| Erstellen von Diagrammen (abhängige und unabhängige Größen; Säulen- vs. Streudiagramme) | L | L/S | L/S | S | S | S | S | S | S |

Abbildung 2: Darstellung der Kompetenztreppe zur *Data Literacy* mit den einzelnen Modulen. * kein Schülerexperiment, L = vom Lehrenden eingeführt/stark angeleitet, L/S = vom Lehrenden und den Schüler*innen gemeinsam erarbeitet, S = von den Schüler*innen selbstständig angewendet (adaptiert nach Stiller, Allmers et al., eingereicht).

3 Empirische Hinweise zur Wirksamkeit des Kurskonzeptes

Das Kurskonzept zum *Basiskurs Naturwissenschaften* ist über mehrere Schuljahre in einem multiprofessionellen Team aus Wissenschaftler*innen und Lehrenden entwickelt, erprobt und weiterentwickelt worden. Die Evaluation eines halbjährigen Vorgängerkurses, der auf denselben theoretischen und didaktischen Grundlagen beruht, konnte zeigen, dass insbesondere leistungsschwächere Schüler*innen vom Kurskonzept profitieren und bei dem Niveau der leistungsstärkeren Schüler*innen im Bereich der *Scientific Inquiry* mithalten (Hahn, Stiller, Stockey & Wilde, 2013).

Eine Interviewstudie, in der Schüler*innen mit einem im Kursverlauf gestiegenen naturwissenschaftlichen Interesse und Schüler*innen mit einem im Kursverlauf gesunkenen naturwissenschaftlichen Interesse untersucht wurden, zeigte interessante Befunde betreffend der Wahrnehmung des einjährigen Kurses (Stiller, Kurth, Petersmeyer, Hahn & Wilde, 2013; Stiller, Stockey et al., eingereicht). So wurden von Schüler*innen mit gestiegenem Interesse das praktisch-experimentelle Arbeiten und die größeren Mitbestimmungsmöglichkeiten im Kurs positiv hervorgehoben. Beides sind Aspekte, auf denen im Kurskonzept ein Fokus liegt. Auffällig war allerdings, dass beide Schüler*innengruppen gleiche Aspekte anscheinend subjektiv unterschiedlich wahrnahmen. Möglicherweise war diese Wahrnehmung davon beeinflusst, welchen naturwissenschaftlichen Unterricht die Schüler*innen vorher erlebt haben. Im Gegensatz zu den Schüler*innen mit Interessenanstieg kritisierten Schüler*innen mit Interessenabfall z.B. zu wenig Mitbestimmung im Kurs. Insgesamt deuten die Befunde aus dieser Studie darauf hin, dass es durch das Kurskonzept gelingen kann, wenig interessierte Schüler*innen für Naturwissenschaften mehr zu interessieren.

Die Evaluation des einjährigen Vorgängerkurses (Hahn, Stockey & Wilde, 2011) zeigte, dass die Kurskonzeption sowohl zu positiven Effekten bezüglich der Unterrichtswahrnehmung als auch bezüglich kognitiver und motivationaler Variablen bei den Schüler*innen führt (Hahn et al., 2014). Die Schüler*innen, die nach dem Kurskonzept unterrichtet wurden, gaben an, dass sie mehr in forschende Aktivitäten eingebunden waren als in ihrem bisherigen naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Schüler*innen erhielten demnach durch das Kurskonzept mehr Möglichkeiten, als sie es bisher gewöhnt waren, naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse nachvollziehen zu können. Ebenfalls nahmen sie den Unterricht kompetenz- und autonomieunterstützender wahr, und sie empfanden mehr soziale Eingebundenheit als in ihrem bisherigen naturwissenschaftlichen Unterricht. Demnach wurden entscheidende Aspekte des Unterrichts und der Kurskonzeption von den Schüler*innen positiv wahrgenommen. Auf motivationaler und kognitiver Ebene profitierten die Schüler*innen vom Kurskonzept. Kognitiv verzeichneten Schüler*innen, die nach dem Kurskonzept unterrichtet wurden, eine positive Entwicklung. Sowohl in einem Test zur *Scientific Inquiry* als auch in einem Test zur naturwissenschaftlichen Kompetenz schnitten sie am Ende des Schuljahres besser ab als zu Beginn. Auf motivationaler Ebene wiesen diese Schüler*innen ein höheres Interesse an Naturwissenschaften, ein höheres naturwissenschaftsbezogenes Fähigkeitsselbstkonzept und eine selbstbestimmtere lernbezogene Motivationsqualität am Ende des Kurses auf als noch zu Beginn.

Literatur und Internetquellen

- Abrahams, I. (2011). *Practical Work in Secondary Science. A Minds-on Approach*. London: Continuum.
- Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the Effectiveness of Practical Work as a Teaching and Learning Method in School Science. *International Journal of Science Education*, 30 (14), 1945–1969. <https://doi.org/10.1080/09500690701749305>
- Abrahams, I., & Reiss, M.J. (2012). Practical Work: Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (8), 1035–1055. <https://doi.org/10.1002/tea.21036>
- Allmers, T., Beyer-Sehlmeyer, G., Schumacher, F., & Wilde, M. (2020). Ionenwanderungen in Kochsalzlösungen: Ein Schülerexperiment zur Bestimmung des elektrischen Leitwerts von Kochsalzlösungen. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innen-Bildung*, 2 (2), 80–96. <https://doi.org/10.4119/pflb-3306>
- Allmers, T., Stiller, C., & Wilde, M. (2020). Quantitative Konzentrationsbestimmung von Kochsalzlösungen: Ein Vergleich zwischen verschiedenen Methoden. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innen-Bildung*, 2 (2), 53–66. <https://doi.org/10.4119/pflb-3304>
- Allmers, T., & Wilde, M. (2020). Energie und Energieerhaltung am Beispiel des Fadenpendels. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innen-Bildung*, 2 (2), 40–52. <https://doi.org/10.4119/pflb-3303>
- Bowen, M., & Bartley, A. (2014). *The Basics of Data Literacy. Helping Your Students (and You!) Make Sense of Data*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Bybee, R.W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21–43). Opladen: Leske + Budrich. https://doi.org/10.1007/978-3-322-80863-9_2
- Deci, E.L., Ryan, R.M., & Williams, G.C. (1996). Need Satisfaction and the Self-Regulation of Learning. *Learning and Individual Differences*, 8 (3), 165–183. [https://doi.org/10.1016/S1041-6080\(96\)90013-8](https://doi.org/10.1016/S1041-6080(96)90013-8)
- Eichler, A., & Vogel, M. (2013). *Leitidee Daten und Zufall. Von konkreten Beispielen zur Didaktik der Stochastik*. Wiesbaden: Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-00118-6>
- Frank, M., Walker, J., Attard, J., & Tygel, A. (2016). Data Literacy – What Is It and How Can We Make It Happen? *The Journal of Community Informatics*, 12 (3), 4–8.
- Gal, I. (2002). Adults' Statistical Literacy. Meanings, Components, Responsibilities. *International Statistical Review*, 70 (1), 1–25. <https://doi.org/10.2307/1403713>
- Gunstone, R.F. (1991). Reconstructing Theory from Practical Experience. In B.E. Woolnough (Hrsg.), *Practical Science. The Role and Reality of Practical Work in School Science* (S. 67–77). Milton Keynes: Open University Press.
- Hahn, S., Allmers, T., Bekel-Kastrup, H., Beyer-Sehlmeyer, G., Friedrich, G., Habigberg, A., et al. (2014). Naturwissenschaftsdidaktische Praxisforschung im Spannungsfeld von Theorie, Empirie und institutionellen Bedingungen der Praxis: Die Entwicklung des Basiskurses Naturwissenschaften. In G. Klewin, S. Hahn & M. Heinrich (Hrsg.), *Forschung und Entwicklung am Oberstufen-Kolleg. Rückblick – Bestandsaufnahme – Ausblick* (S. 215–269). Münster: Monsenstein & Vannerdat.
- Hahn, S., Stiller, C., Stockey, A., & Wilde, M. (2013). Experimentierend zur naturwissenschaftlichen Grundbildung – Entwicklung und Evaluation eines kompetenzorientierten Kurses für die Eingangsphase der Oberstufe. *ZfDN – Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7–15.

- Hahn, S., Stockey, A., & Wilde, M. (2011). Basiskurs „Naturwissenschaften“. Anleitung zur selbstgesteuerten Erarbeitung zentraler Methoden und Basiskonzepte der Naturwissenschaften in der Eingangsphase der Oberstufe. *MNU – Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 64 (1), 47–52.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *MNU – Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57 (4), 196–203.
- Hammann, M. (2007). Das Scientific Discovery as Dual Search-Modell. In D. Krüger (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 187–196). Berlin et al.: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_17
- Harlen, W. (1999). *Effective Teaching of Science. A Review of Research* (Using Research Series, 21). Edinburgh: Scottish Council for Research in Education.
- Haunhorst, D., Stockey, A., & Wilde, M. (2020). Die Ökologische Nische: Ein Dosis-Wirkungs-Experiment zur Ermittlung des physiologischen Spektrums verschiedener Getreidearten. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (2), 107–116. <https://doi.org/10.4119/pflb-3308>
- Hodson, D. (1990). A Critical Look at Practical Work in School Science. *School Science Review*, 71 (256), 33–40.
- Höttecke, D., & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *ZfDN – Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21 (1), 127–139. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0030-z>
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The Laboratory in Science Education. Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88 (1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Johnstone, A.H., & Al-Shuali, A. (2001). Learning in the Laboratory. Some Thoughts from the Literature. *University Chemistry Education*, 5 (2), 42–50.
- Jong, T. de (2005). The Guided Discovery Principle in Multimedia Learning. In R.E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 215–228). Cambridge & New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.015>
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge, MA: MIT Press.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Beschluss vom 16.12.2004. München & Neuwied: Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. (Jahrgangsstufe 10)*. Beschluss vom 16.12.2004. München & Neuwied: Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. (Jahrgangsstufe 10)*. Beschluss vom 16.12.2004. München & Neuwied: Luchterhand.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–196). Berlin & Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_16
- Mayer, J., & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4–12.

- Mayer, R.E. (2004). Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? *American Psychologist*, 59 (1), 14–19. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.14>
- MSB NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW) (2008a). *Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen – Biologie*. Frechen: Ritterbach.
- MSB NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW) (2008b). *Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen – Chemie*. Frechen: Ritterbach.
- MSB NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW) (2008c). *Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen – Physik*. Frechen: Ritterbach.
- NRC (National Research Council) (1996). *National Science Education Standards. Observe, Interact, Change, Learn*. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC (National Research Council) (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academies Press.
- OECD (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework. Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. Paris: OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264190511-en>
- Osborne, J. (2015). Practical Work in Science: Misunderstood and Badly Used? *School Science Review*, 96 (357), 16–24.
- Prado, J., & Marzal, M.Á. (2013). Incorporating Data Literacy into Information Literacy Programs: Core Competencies and Contents. *Libri*, 63 (2), 123–134. <https://doi.org/10.1515/libri-2013-0010>
- Ryan, R.M., & Deci, E.L. (2017). *Self-Determination Theory. Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. New York: Guilford Press.
- Schumacher, F., Beyer-Sehlmeyer, G., Henrich, S., Polte, S., Stockey, A. & Wilde, M. (2020). Osmotische Wirkung von Kochsalz: Ein Schülerexperiment zur Bestimmung der Zellsaftkonzentration bei verschiedenen Gemüsearten. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (2), 97–106. <https://doi.org/10.4119/pflb-3307>
- Sproesser, U. (2014). Informelles statistisches Schließen anbahnen – Die Sicht von Achtklässlern auf Variabilität. In U. Sproesser, S. Wessolowski & C. Wörn (Hrsg.), *Daten, Zufall und der Rest der Welt. Didaktische Perspektiven zur anwendungsbezogenen Mathematik* (S. 235–246). Wiesbaden: Springer Fachmedien. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-04669-9>
- Stiller, C., Allmers, T., Habigsberg, A., Stockey, A., & Wilde, M. (2020). Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften: Von der Hypothese zur Theorie. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (2), 28–39. <https://doi.org/10.4119/pflb-3302>
- Stiller, C., Allmers, T., Stockey, A., & Wilde, M. (eingereicht). „Data-Literacy“ – Grundbildung im Umgang mit empirischen Daten. *MNU – Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*.
- Stiller, C., Bekel-Kastrup, H., & Stockey, A. (2020). Selektion und Evolution: Ein Schülersimulationsexperiment zur selektiven Wirkung der Räuber-Beute-Beziehung. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (2), 117–128. <https://doi.org/10.4119/pflb-3309>
- Stiller, C., Beyer-Sehlmeyer, G., Friedrich, G., Stockey, A., & Allmers, T. (2020). Lösungswärme energetisch betrachtet: Ein Schülerexperiment zur Bestimmung der konzentrationsabhängigen Lösungsenthalpie beim Lösen verschiedener Salze. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (2), 67–79. <https://doi.org/10.4119/pflb-3305>

- Stiller, C., Kurth, K., Petersmeyer, J., Hahn, S., & Wilde, M. (2013). Interessenentwicklung im Basiskurs Naturwissenschaften. Abstract. *15. Frühjahrsschule der Fachsektion Didaktik der Biologie im vbio* (S. 156).
- Stiller, C., Stockey, A., Hahn, S., & Wilde, M. (eingereicht). Das Konzept des fächerübergreifenden „Basiskurs Naturwissenschaften“ und seine didaktisch-methodischen Prinzipien. *MNU – Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*.
- Till, C. (2014). Unstatistiken: Statistische Fehlschlüsse in den Medien. In U. Sproesser, S. Wessolowski & C. Wörn (Hrsg.), *Daten, Zufall und der Rest der Welt. Didaktische Perspektiven zur anwendungsbezogenen Mathematik* (S. 259–266). Wiesbaden: Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-04669-9_21
- Urhahne, D., Kremer, K., & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validierung eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, *36* (1), 71–93.
- Welzel, M., Haller, K., Bandera, M., Hammelev, D., Panagiotis, K., Niedderer, H., et al. (1998). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden – Ergebnisse einer europäischen Umfrage. *ZfDN – Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *4* (1), 29–44.
- Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H.E., & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, *54* (3), 361–375.
- Wolff, A., Gooch, D., Montaner, J.J.C., Rashid, U., & Kortuem, G. (2016). Creating an Understanding of Data Literacy for a Data-driven Society. *The Journal of Community Informatics*, *12* (3), 9–26.

Beitragsinformationen

Zitationshinweis:

Stiller, C., Hahn, S., Stockey, A., & Wilde, M. (2020). Experimentierend zu mehr Selbstbestimmung: Der Basiskurs Naturwissenschaften. Theoretische Leitlinien und empirische Hinweise. *PFLB – Praxisforschung/Lehrer*innenbildung*, *2* (2), 5–16. <https://doi.org/10.4119/pflb-3300>

Online verfügbar: 19.02.2020

ISSN: 2629-5628



© Die Autor*innen 2020. Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 Deutschland (CC BY-SA 4.0 de).

URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>