

Das Konzept des fächerübergreifenden „Basiskurs Naturwissenschaften“ und seine didaktisch-methodischen Prinzipien

Andreas Stockey^{3,#}, Cornelia Stiller^{1,*,#},
Stefan Hahn² & Matthias Wilde¹

¹ Universität Bielefeld

² Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung (IfBQ), Hamburg

³ Oberstufen-Kolleg Bielefeld

geteilte Erstautor*innenschaft

* Kontakt: Universität Bielefeld,

Biologiedidaktik – Zoologie und Humanbiologie,

Universitätsstr. 25, 33615 Bielefeld

cornelia.stiller@uni-bielefeld.de

Zusammenfassung: Im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (Scientific Literacy) sollen Schüler*innen Kompetenzen vermittelt werden, durch die diese naturwissenschaftliches Wissen nicht nur abrufen, sondern auch anwenden können. In diesem Beitrag wird ein stark experimentell ausgerichteter Naturwissenschaftskurs mit sukzessiv steigender Selbstständigkeit für die Eingangsphase der Oberstufe vorgestellt, der das Ziel verfolgt, bei Schüler*innen Scientific Literacy anzubahnen.

Schlagwörter: Scientific Literacy, Experimentieren, Curriculum



1 Einleitung

Im vorliegenden Beitrag werden die inhaltlichen und methodischen Grundzüge eines Kurses vorgestellt, der den Anspruch hat, allen Schüler*innen aus der Eingangsphase der gymnasialen Oberstufe eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu vermitteln, die den wissenschaftspropädeutischen Zielen dieser Schulstufe gerecht wird. Der Kurs trägt den Titel „Basiskurs Naturwissenschaften“, denn er ist auf die Vermittlung basaler naturwissenschaftlicher Kompetenzen fokussiert, die als instrumentelle Befähigung zur eigenen, methodengeleiteten Erkenntnisgewinnung sowie für einen kompetenten Umgang mit Ergebnissen aus naturwissenschaftlicher Forschung verstanden werden. Das didaktische Rahmenkonzept und das Curriculum des Kurses wurden über Jahre hinweg von einem interdisziplinären Team am Oberstufen-Kolleg Bielefeld entwickelt, praktisch erprobt, fortlaufend evaluiert und iterativ optimiert (Hahn, Stockey & Wilde, 2011; Hahn et al., 2014a; Stockey, Stiller, Hahn & Wilde, 2013). Das nunmehr erfahrungsgesättigte Konzept möchten wir in diesem Beitrag beschreiben und seine normativen Implikationen begründen. Der Kurs weist eine modulare Struktur auf und bietet damit die Möglichkeit, einzelne Elemente des Gesamtcurriculums für den naturwissenschaftlichen Unterricht außerhalb des Oberstufen-Kollegs zu adaptieren. Der hier vorliegende Beitrag korrespondiert mit dem Artikel „Statistical Literacy & Data Literacy – Grundbildung im Umgang mit empirischen Daten“ von Stiller, Allmers, Stockey und Wilde im selben Heft. Die in dem Beitrag vorgestellten Unterrichtseinheiten werden einzeln in einem Themenheft der PFLB (Wilde, Stiller & Stockey, 2020) ausführlich beschrieben, weiter konkretisiert und durch Materialien ergänzt.

2 Der normative Zielhorizont des Basiskurses

Jede didaktische Entscheidung bezieht die Auswahl von Inhalten und Methoden auf die Ziele, die im Unterricht erreicht werden sollen. Bevor nun die Auswahl von Inhalten und die methodische Ausgestaltung des Basiskurses dargelegt werden, soll daher zunächst seine Zielsetzung erläutert und eingeordnet werden.

Der Zielhorizont des Unterrichts in der gymnasialen Oberstufe wird durch die Zieltrias aus vertiefter Allgemeinbildung, allgemeiner Studierfähigkeit sowie wissenschaftspropädeutischer Bildung aufgespannt (KMK, 2013). Während die vertiefte Allgemeinbildung durch erste Schwerpunktsetzungen in Leistungskursen (oder Kursen mit erhöhtem Anforderungsniveau) sowie durch Belegverpflichtungen in allen Aufgabefeldern vermittelt und eine allgemeine Studierfähigkeit durch vertiefte Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Deutschen, in Mathematik, in einer fortgeführten Fremdsprache und in Informatik realisiert werden sollen, betrifft das Ziel der wissenschaftspropädeutischen Bildung die Arbeitsweise in den Kursen selbst. Denn Wissenschaftspropädeutik meint, auf der Grundlage selbstständigen Lernens (KMK, 1988/1977) Kenntnisse, Einsichten, Tugenden und Haltungen zu gewinnen in Bezug auf:

„[...] Techniken wissenschaftlichen Arbeitens, Lern- und Studienstrategien, Grundbegriffe und Grundmethoden in fachlicher Konkretisierung und überfachlichem relativierenden Vergleich, Metareflexion in philosophischem (etwa in wissenschaftstheoretischem oder ethischem), historischem und sozialem/politischem Bezugsrahmen“ (Huber, 2009, S. 45).

Insbesondere der Diskurs um das Für und Wider des fächerübergreifenden Unterrichts in der gymnasialen Oberstufe (Huber, 1998, 2001; Künzli, 2001; Tenorth, 1997) macht deutlich, dass der Vergleich und die Metareflexion von fachlichen Grundmethoden und -konzepten insbesondere dann sinnvoll gestaltet werden kann, wenn Schüler*innen systematisch in diese fachlichen Grundlagen eingeführt wurden. Sie bedürfen für jede kritische Reflexion also immer erst der Initiation (Kupsch & Schumacher, 1994; Kupsch

& Schülert, 1996), weshalb wir den Grundmethoden der Naturwissenschaften einen besonderen Stellenwert im Kurs beimessen. Dieser methodische Schwerpunkt soll basale Grundlage für das weitere wissenschaftspropädeutische Lernen der Naturwissenschaften schaffen, weil er eine Hinführung zum selbstständigen Lernen mit der spezifischen „Brückenfunktion“ verbindet, welche die KMK der Einführungsphase zuweist, „so auch mit Blick auf den Ausgleich unterschiedlicher Voraussetzungen bei den Schüler*innen vor Eintritt in die Qualifikationsphase“ (KMK, 2013, S. 7).

In den naturwissenschaftlichen Didaktiken hat sich mit dem Konzept der Scientific Literacy (z.B. Harlen, 2010; Holbrook & Rannikmae, 2009; Mohapatra, 2013) eine Vorstellung von domänenspezifischer Grundbildung etabliert, die formale Grundlagen für das Weiterlernen und eine kritisch-produktive Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten formuliert. Diese formalen Grundlagen hat Mayer (2007) in seinem Rahmenkonzept für naturwissenschaftsbezogene Kompetenzen in den Naturwissenschaften systematisiert. Für die Entwicklung des Basiskurscurriculums hat dieses Rahmenkonzept eine wichtige Orientierungsfunktion, hält es doch verschiedene Zielebenen eines wissenschaftspropädeutischen Naturwissenschaftsunterrichts präsent und hilft zugleich, kurzfristigere Zielperspektiven zu entwickeln, die sodann zur Grundlage für das Erreichen von längerfristigen Zielen werden. Der Schwerpunkt des Basiskurses Naturwissenschaften liegt zunächst auf einer Einführung in das Wissenschaftliche Untersuchen (Scientific Inquiry) und Wissenschaftliche Denken (Scientific Reasoning). Auf übergeordneter Ebene geht es darum, den Schüler*innen ein aufgeklärtes Naturwissenschaftsverständnis zu vermitteln (Nature of Science, Epistemological Views).

Die angestrebte Initiation der Schüler*innen bezieht sich v.a. auf den Bereich, den Mayer (2007) als Scientific Inquiry bezeichnet. Hierbei geht es um die Betrachtung der Rationalität und Struktur naturwissenschaftlicher Untersuchungen, die dem methodischen Grundprinzip des hypothetisch-deduktiven Vorgehens folgen und wesentliche Einsichten in die Rationalität der naturwissenschaftlichen Denkweise vermitteln (z.B. Arnold, Kremer & Meyer, 2014; Bayrak, Hoffmann & Ralle, 2015; Emden & Sumfleth, 2012; von Falkenhausen, 2000, S. 15–23; Habigsberg, Ohly & Stockey, 2008; Meier & Wulff, 2013; Meier & Mayer, 2014; Wellington & Ireson, 2008, S. 199–214). Erst durch eine praktische, d.h., auf Anwendung zielende Einführung in das Konzept der Scientific Inquiry werden innerhalb des Basiskurses die handwerklich-apparativen Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens und eine erste erkenntnistheoretische Reflexion selbstständig ermittelter naturwissenschaftlicher Ergebnisse (Nature of Science) systematisch einbezogen. Die anwendungsorientierte Einführung in das Konzept der Scientific Inquiry wird durch ein zentrales wiederkehrendes didaktisches Strukturierungs-Element realisiert – es wird in jedem Modul ein Schüler*innenexperiment durchgeführt. Insofern kann das Kurskonzept als didaktische Einlösung der allseits geforderten Kompetenzorientierung des Unterrichts gelten. Es vermittelt kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten und schult deren Nutzung in variablen Situationen naturwissenschaftlicher Problemlösung. Wenngleich nicht im Fokus des Kurses, so erwerben die Schüler*innen an dieser Stelle auch psychomotorische Fähigkeiten (Pfeifer, Lutz & Bader, 2002; vgl. Practical Skills bei Mayer, 2007), die sie sich bei der Anwendung bestimmter wissenschaftlicher Arbeitstechniken (vgl. Practical Work bei Mayer, 2007) zu Eigen machen.

Die Fokussierung auf eine kompetenzorientierte Einführung in das Konzept der Scientific Inquiry ist mit didaktischen Setzungen verbunden. So wird das in Sport oder Handwerk selbstverständliche Prinzip, dass nur Übung den Meister mache, auch auf die Planung, Durchführung und Auswertung naturwissenschaftlicher Experimente übertragen. Mit Blick auf die Kompetenzbereiche, die aktuell in den neu implementierten Kernlehrplänen Nordrhein-Westfalens (MSW NRW, 2013a, 2013b, 2013c) ausgewiesen werden, scheint diese Vorgehensweise angebracht, weil dort explizit (1) vom Umgang mit Fachwissen, (2) von Erkenntnisgewinnung, (3) von Kommunikation und (4) von Bewertung die Rede ist. Während innerhalb des Kurses im Kontext der Erkenntnisgewinnung

mit Fachwissen umgegangen werden muss, finden die beiden letztgenannten Kompetenzbereiche ihre Berücksichtigung im Kurskonzept, indem zu den durchgeführten Schüler*innenexperimenten Untersuchungsberichte verfasst werden. Als Format der wissenschaftlichen Kommunikation ist ein Untersuchungsbericht auch der Ort, an dem Schüler*innen ihre methodische Vorgehensweise reflektieren und ihre Schlussfolgerungen begründen müssen.

3 Der Basiskurs als eine kompetenzorientierte Hinführung zur Scientific Inquiry

3.1 Das SDDS-Modell und das hypothetisch-deduktive Verfahren der Naturwissenschaften

Die methodischen Grundlagen der Scientific Inquiry lassen sich mit dem SDDS-Modell (Scientific Discovery as Dual Search-Model) von Klahr (2000, S. 21–40) spezifizieren, indem eine naturwissenschaftliche Untersuchung analog zu einem Problemlöseprozess in drei große Schritte gegliedert wird: (1) die Suche im Hypothesenraum, (2) das Testen von Hypothesen und (3) die Analyse von Evidenzen. Die „Suche im Hypothesenraum“ beinhaltet die Suche nach einer möglichen Erklärung für ein beobachtetes Phänomen. Ihr Ziel ist es, auf Grundlage von vorhandenem Wissen (Vorwissen) oder beobachteten bzw. experimentell erhobenen Daten eine möglichst präzise und intersubjektiv überprüfbare Hypothese zu entwickeln, die dann im nächsten Schritt („Testen von Hypothesen“) durch eine (experimentelle) Untersuchung geprüft werden kann. Das Resultat des zweiten Schrittes sind Belege, die für oder gegen eine Hypothese sprechen, sodass dann im dritten Schritt („Analyse von Evidenzen“) die Entscheidung erfolgen kann, ob die Hypothese akzeptiert, zurückgewiesen oder weiter geprüft wird. Experimente eignen sich im naturwissenschaftlichen Unterricht insbesondere, um diese Schritte durch Schüler*innen nachvollziehen zu lassen.

Das grundlegende Vorgehen des hypothetisch-deduktiven Verfahrens der Naturwissenschaften (z.B. von Falkenhausen, 2000; Habigsberg et al., 2008; Stockey & Habigsberg, 2011a, 2011b; Vollmer, 1995, S. 21–42, 2000) kann in unterschiedlichen methodischen Grundformen praktisch umgesetzt werden, z.B. zufällige Beobachtung, systematische empirische Erhebung, Experiment, Simulation, historische Rekonstruktion (Graf, Elsner, Murr & Retzlaff-Fürst, 2013; Habigsberg et al., 2008; Stockey & Habigsberg, 2011a, 2011b; Stockey, 2004, 2007). Diese Grundformen unterscheiden sich wesentlich im Grad der Nähe zum unmanipulierten Untersuchungsgegenstand und im Grad der gezielten Kontrolle und Manipulation des Untersuchungsgegenstandes. Scientific Literacy beinhaltet, zu erkennen, dass das klassische naturwissenschaftliche Experiment eine dieser Grundformen darstellt. Gleichzeitig geht es darum, sich der immanenten Begrenztheiten naturwissenschaftlichen Vorgehens bewusst zu werden. Das ideale Experiment ist z.B. durch perfekte Kontrolle aller Bedingungen und eindeutiger Schlussfolgerungen gekennzeichnet. Diese vollkommene Variablenkontrolle kann zu artifiziellen Bedingungen führen, die kaum noch Rückschlüsse auf unmanipulierte (natürliche) Situationen zulassen.

3.2 Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

Experimentieren wird im naturwissenschaftlichen Unterricht als zentrale Methode der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung sowohl in den Bildungsstandards (KMK, 2005a, 2005b, 2005c) als auch von Seiten der Lehrenden (Lehrer, 2001; Mayer & Ziemek, 2006; Wirth, Thillmann, Künsting, Fischer & Leutner, 2008) eine große Bedeutung beigemessen. Durch Experimentieren soll Schüler*innen das Nachvollziehen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisganges ermöglicht werden und sollen sie zu einem Ver-

ständnis der wissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweise geführt werden (Mayer & Ziemek, 2006; Pfangert-Becker, 2010; Wirth et al., 2008). Auch von Lehrer*innen werden diese Punkte neben der motivations- und interessensförderlichen Wirkung von Schalexperimenten als ein wichtiges Ziel für den Einsatz von Experimenten im Unterricht genannt (Johnstone & Al-Shuali, 2001; Welzel et al., 1998).

Das skizzierte Vorgehen bezieht sich auf quantifizierbare experimentelle naturwissenschaftliche Ansätze und nicht auf jegliche Spielart wissenschaftlicher empirischer Zugänge in den Naturwissenschaften. Dieses Vorgehen wurde aber aus pragmatischen Gründen für den Basiskurs Naturwissenschaften als prototypischer methodischer Ansatz gewählt. Die Kriterien (vgl. Infobox 1) für quantifizierbare experimentelle naturwissenschaftliche Ansätze genügen den Anforderungen an Wissenschaftlichkeit und sind in ihrer relativen Einfachheit für Noviz*innen in den Naturwissenschaften geeignet (Chapman & Reiss, 2001, S. 4; Closs, 2004, S. 3–17; King & Reiss, 2001, S. 1–9, 304–316; Ohly & Stockey, 2006).

Die „Suche im Hypothesenraum“ beinhaltet, dass die Aufstellung von Hypothesen bestimmten Regeln folgt. Hypothesen müssen intersubjektiv überprüfbar sein, um einer naturwissenschaftlich-empirischen Prüfung zugänglich zu sein. Darüber hinaus sollten sie klar und präzise formuliert sein, sodass sie eindeutige Prognosen ermöglichen, die falsifizierbar sind. Die aus den Hypothesen abgeleiteten Prognosen sollen einer i.d.R. quantitativen Messbarkeit zugänglich sein. Das Testen der Hypothesen erfolgt durch Experimente, die sorgfältig geplant, kontrolliert durchgeführt und exakt dokumentiert werden. Das Ziel dieses Schrittes ist es, objektive Ergebnisse, d.h. quantitativ messbare Daten oder quantifizierbare, qualitativ unterscheidbare Daten, zu erhalten. Im Kurs werden dazu Kriterien für die Planung und Durchführung von Experimenten thematisiert (vgl. Infobox 1). Die Vorgehensweise für den dritten Schritt „Analyse von Evidenzen“ beinhaltet grundlegende statistische Konzepte wie Mittelwert und Streuung einer Stichprobe, Irrtumswahrscheinlichkeit, Signifikanz und zugehörige mathematische Auswertungsmethoden (vgl. den Beitrag von Stiller, Allmers, Stockey & Wilde, S. 144–160 in diesem Heft).

Infobox 1: Kriterien für eine methodisch präzise Planung und Durchführung der Experimente (Zusammenstellung der im Kurs verwendeten Kriterien in Anlehnung an Ohly & Stockey, 2006; Closs, 2004; King & Reiss, 2001; Chapman & Reiss, 2001)

- (1) Die Fragestellung und der experimentelle Ansatz sollten auf **einen** zu prüfenden **Faktor** fokussiert werden.
- (2) Es muss eine **Kontroll- oder 0-Variante** als Vergleich zur Prüfung der Wirkung des experimentellen Vorgehens geben.
- (3) Der zu untersuchende Faktor sollte in Varianten des Experimentes **quantitativ variiert** werden.
- (4) Jede Variante des Experimentes sollte mindestens in **5 Wiederholungen** durchgeführt werden, sodass Mittelwert und Standardabweichung berechnet werden können.
- (5) Alle anderen relevanten Faktoren (**Rahmenbedingungen**) sollten **konstant** gehalten, in ihrer Variabilität **randomisiert** oder über alle Varianten des Experimentes **systematisch gleichmäßig verteilt** werden („Ceteris paribus“).
- (6) Das **untersuchte Objekt** sollte **konstant** gehalten, in seiner Variabilität **randomisiert** oder über alle Varianten des Experimentes **systematisch gleichmäßig verteilt** werden („Ceteris paribus“).
- (7) Die Parameter, die erhoben werden, müssen in ihrer Ausprägung **quantitativ messbar** oder mindestens in einer „Ja/Nein-Unterscheidung“ **zählbar** sein.

- (8) Das **Messverfahren** muss **zuverlässig** sein, d.h., es muss unter identischen Bedingungen das gleiche Resultat liefern und somit eine Reproduzierbarkeit von Messergebnissen gewährleisten.
- (9) Wenn **subjektive Einschätzungen** bei der Datenerhebung unvermeidbar sind, müssen **„Blind- bzw. Doppelblind Erhebungen“** zur „Minimierung einer subjektiven Verzerrung in der Datenerfassung“ durchgeführt werden („Placebo-Effekt“).

3.3 Angemessene Selbstständigkeit beim Experimentieren

Experimentieren ist komplex und von Noviz*innen nicht erfolgreich völlig selbstgesteuert durchzuführen. Für einen optimalen Lernprozess beim Experimentieren ist ein gewisser Grad an Struktur und Anleitung notwendig (de Jong, 2005; Mayer, 2004). Andererseits gilt die Befriedigung der psychologischen Bedürfnisse nach Autonomie und Kompetenz als wichtiger Faktor, Lernprozesse günstig zu gestalten (Deci & Ryan, 1985, S. 26ff.; Ryan & Deci, 2017, S. 366–373). Daher wird im Basiskurs Naturwissenschaften der Grad der Selbststeuerung beim Experimentieren entsprechend der Voraussetzungen der Schüler*innen angepasst (Mayer & Ziemek, 2006), um ihnen so Autonomieerleben zu ermöglichen, sie aber dennoch nicht zu überfordern. Anleitung beim Experimentieren sollte demnach Lernenden helfen, Misserfolge zu vermeiden und die eigene Kompetenzentwicklung zu unterstützen und gleichzeitig positives Kompetenzerleben zu ermöglichen. Im Kurskonzept wurde dieses durch einen schrittweise abnehmenden Grad der Anleitung entsprechend der sukzessiv zunehmenden Kompetenz der Lernenden umgesetzt (vgl. Abb. 1 auf der folgenden Seite).

Wenngleich es von Experimentiereinheit zu Experimentiereinheit inhaltliche Unterschiede gibt, so bleibt doch die Sequenz der grundlegenden Denk- und Arbeitsschritte, die sich dem Problemlösungsprozess nach Klahr (2000, S. 29–38) zuordnen lassen, gleich (vgl. Abb. 1). Der Aufbau von Kompetenzen in dem komplexen Bereich Scientific Inquiry wird im Kursverlauf durch das zunehmend selbstständige wiederholte Durchlaufen der immer wiederkehrenden grundlegend identischen methodischen Elemente und der Umsetzung dieser in neue Kontexte möglich.

4 Grundzüge des Curriculums „Basiskurs Naturwissenschaften“

Der Kursverlauf gliedert sich in acht Unterrichtseinheiten, die modular ausgestaltet sind. Das fächerübergreifend konzipierte Curriculum hat neben einer allgemein-naturwissenschaftlichen Einführung (Unterrichtseinheit 1a) im ersten Teil einen physikalischen Fokus (Unterrichtseinheit 1b–3), im zweiten Teil einen chemischen (Unterrichtseinheiten 4&5) und im letzten Teil einen biologischen (Unterrichtseinheiten 6–8). Die inhaltlich-thematische Ausgestaltung des Kurses folgt dem Prinzip, eine Vermittlung der wichtigsten inhaltlichen Grundkonzepte der Naturwissenschaften („The Big Ideas of Science“; vgl. z.B. Harlen, 2010, S. 6–15) und die Berücksichtigung der Kerncurricula der Fächer Biologie, Chemie und Physik für die Sekundarstufe I und das erste Jahr der Sekundarstufe II miteinander zu verknüpfen. Mathematische Aspekte werden im Sinne der Leitidee „Daten und Zufall“ (Eichler & Vogler, 2013, S. X–XI; vgl. den Beitrag von Stiller et al., S. 144–160 in diesem Heft) in den Blick genommen und stellen eine Querstruktur für den gesamten Kurs dar. In den acht Unterrichtseinheiten wird jeweils ein Schüler*innenexperiment durchgeführt, in dem jeweils der Zyklus des hypothetisch-deduktiven Vorgehens von der Fragestellung bis zur Schlussfolgerung vollständig durchlaufen wird. Mit jedem Experiment steigt der Anspruch für die Schüler*innen. Ebenso nimmt der Grad des selbstgesteuerten Experimentierens sukzessive zu (vgl. Abb. 1). Die Lehrkraft plant und operationalisiert mit Hilfe einer Entscheidungstabelle, welche Schritte von wem vollzogen werden sollen. In dieser Entscheidungstabelle kann von der Lehrperson

vorher festgelegt werden, was konkret bei den einzelnen Schritten im Experimentierprozess entschieden werden soll, also z.B. was die (un)abhängige Variable ist, in welchen Intervallen diese gemessen wird etc. und wer die jeweilige Entscheidung trifft (Lehrperson allein, Lehrperson gemeinsam mit den Schüler*innen oder die Schüler*innen selbst). Im Folgenden werden die inhaltlichen Schwerpunkte und die Umsetzung der Kompetenztreppe für jedes spezifische Experiment der einzelnen Unterrichtseinheiten vorgestellt. Eine konkrete Beschreibung der acht Unterrichtseinheiten ist im Themenheft der PFLB (Wilde, Stiller & Stockey, 2020) nachzulesen.

Schülerexperiment zur jeweiligen Unterrichtseinheit (UE) Methodenbaustein (Zuordnung zu den Schritten nach KLAHR, 2000)	UE 1a Kindbettfieber*	UE 1b Fadenpendel	UE 2 Energieerhaltung	UE 3 Dichte	UE 4 Lösungswärme	UE 5 Ladungstransport	UE 6 Zellsafkonzentration	UE 7 Keimung und Wachstum	UE 8 Selektion
Festlegung der grundlegenden Herangehensweise (SiE)	L	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	S
Identifikation und Kontrolle relevanter Variablen (SiE)	L	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	S
Festlegung der abhängigen Variable und des Verfahrens der Messung (SiE)	L	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	S	S
Aufstellen und Begründen von Hypothesen (SiH)	L	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	S	S
Festlegung von Abstand und Anzahl der Messintervalle (SiE)	L	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	S	S	S
Formulierung einer präzisen Fragestellung (SiH)	L	L/S	L/S	L/S	L/S	L/S	S	S	S
Formulierung der Schlussfolgerung (AvE)	L	L/S	L/S	L/S	L/S	S	S	S	S
Festlegung des Untersuchungsspektrums (SiE)	L	L/S	L/S	L/S	L/S	S	S	S	S
Festlegung der unabhängigen Variable (SiE)	L	L/S	L/S	L/S	S	S	S	S	S
Formulierung der Interpretation (AvE)	L	L/S	L/S	L/S	S	S	S	S	S
Festlegung der Anzahl der Stichproben und der Messwiederholungen (SiE)	L	L/S	L/S	S	S	S	S	S	S
Beschreibung der Ergebnisse (AvE)	L	L/S	L/S	S	S	S	S	S	S

Anmerkung: SiH = Suche im Hypothesenraum; SiE = Suche im Experimentierraum; AvE = Analyse von Evidenzen; UE = Unterrichtseinheit; * kein Schüler*innenexperiment; L = vom Lehrenden eingeführt/stark angeleitet; L/S = vom Lehrenden und den Schüler*innen gemeinsam erarbeitet; S = von den Schüler*innen selbstständig angewendet.

Abbildung 1: Darstellung der Kompetenztreppe (eigene Darstellung)

4.1 Unterrichtseinheit 1: Einführung in das hypothetisch-deduktive Verfahren (Stiller, Allmers, Habigsberg, Stockey & Wilde, 2020)

Inhaltliche Schwerpunkte: Unterrichtseinheit 1a: Einführung in das hypothetisch-deduktive Verfahren, historisches Fallbeispiel „Die Untersuchungen zum Kindbettfieber von Ignaz Semmelweis“, Experimentieren als eine Methode des hypothetisch-deduktiven Verfahrens (Planung von Experimenten, Kontrolle vs. Realitätsnähe); Unterrichtseinheit

1b: Abhängigkeit der Periodendauer beim Fadenpendel, Schüler*innenexperiment „Fadenpendel“

Umsetzung der „Kompetenztreppe“: Mit Hilfe eines lehrerzentrierten Inputs und der Erarbeitung des hypothetisch-deduktiven Vorgehens am Fallbeispiel des Kindbettfiebers erlangen die Schüler*innen in der Unterrichtseinheit 1a eine Vorstellung über die Grundprinzipien des naturwissenschaftlichen Arbeitens und der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Insbesondere wird dabei von der Lehrperson der Fokus darauf gelegt, wie Experimente im wissenschaftlichen Sinne zu planen und durchzuführen sind. Dieses grundlegende Vorgehen wird anschließend bei dem Schüler*innenexperiment zum Fadenpendel vertieft, bei dem die Schüler*innen Hypothesen aufstellen und diese mit einem geeigneten Experimentierdesign prüfen, indem sie elementare Größen messen. Alle Schritte der Planung, Durchführung und Auswertung des Experiments werden von den Schüler*innen gemeinsam mit der Lehrperson erarbeitet und von dieser unterstützend angeleitet (vgl. Abb. 1). Die Planung des Experiments und die Auswertung der Ergebnisse werden im Unterrichtsgespräch diskutiert, sodass die Schüler*innen vom Peerfeedback und von dem Feedback der Lehrperson profitieren können. In diesem Schritt wird neben dem grundlegenden Vorgehen thematisiert, wie ein gelungenes Experiment geplant und durchgeführt werden sollte, und es werden gemeinsam mit den Schüler*innen geeignete Kriterien erarbeitet (vgl. Infobox 1).

4.2 Unterrichtseinheit 2: Energie und Arbeit (Allmers & Wilde, 2020)

Inhaltliche Schwerpunkte: Kinematik (Geschwindigkeit und Beschleunigung), Dynamik (Gewichtskraft, Kraft und Bewegung), Energie (Arbeit, potentielle und kinetische Energie), Schüler*innenexperiment zur Energieerhaltung am Fadenpendel

Umsetzung der „Kompetenztreppe“: Die Fragestellung und die Hypothesen werden unter Rückbezug auf das Experiment zum Fadenpendel aus der vorangegangenen Unterrichtseinheit und unter Berücksichtigung eines Vorversuchs zur schiefen Ebene in dieser Unterrichtseinheit von Lehrenden und Schüler*innen im Plenum erarbeitet (vgl. Abb. 1). Darauf aufbauend erfolgt anschließend die gemeinsame Planung des Experiments zur Energieerhaltung am Fadenpendel, die den Schüler*innen in Form einer Experimentieranleitung zur Verfügung gestellt wird. Mit diesem Vorgehen soll erreicht werden, dass die Schüler*innen zum einen an dem Durchdenken des Experiments (Hypothesen, Planung) beteiligt werden. Zum anderen wird so sichergestellt, dass alle Bedingungen, Größen und Methoden für das Experiment berücksichtigt werden. Möglichkeiten zur Auswertung, Darstellung und Interpretation der Ergebnisse werden im Unterrichtsgespräch erarbeitet.

4.3 Unterrichtseinheit 3: Struktur der Materie (Allmers, Stiller & Wilde, 2020)

Inhaltliche Schwerpunkte: Aufbau von Salzen, Atommodelle (insb. Dalton und Bohr), Lösungsvorgang von Salzen und Konsequenzen für die Dichte, Experiment zur Bestimmung der Dichte in Salzlösungen, Qualitätsmerkmale naturwissenschaftlichen Arbeitens

Umsetzung der „Kompetenztreppe“: Im Rahmen der Planung des Experiments zur Bestimmung der Dichte in Salzlösungen wird der Unterschied zwischen der unabhängigen Variable (Salzkonzentration der Lösung) und der abhängigen Variable (Dichte der Lösung) eingeführt. Die grundlegende Planung des Experiments erfolgt im Plenum (vgl. Abb. 1). Diesmal legen die Schüler*innen erstmals selbstständig die Anzahl der Stichproben und der Messwiederholungen fest. Ebenso beschreiben die Schüler*innen erstmalig selbstständig die Ergebnisse. Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Inter-

pretation der Ergebnisse und der Ableitung von Schlussfolgerungen, die in einem diskursiven Unterrichtsgespräch unter Fokussierung auf den Vergleich der Methoden zur Dichtebestimmung gemeinsam erarbeitet werden.

4.4 Unterrichtseinheit 4: Wärme und Energie (Stiller, Beyer-Sehlmeyer, Friedrich, Stockey & Allmers, 2020)

Inhaltliche Schwerpunkte: Lösen von Salzen als physikalischer Prozess, Umsatz von Energie/Energieerhaltung, Entwicklung von Atommodellen anhand von Dalton, Rutherford und Bohr, Experiment zur Lösungswärme, Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht, Entwicklung und Gewissheit von Wissen/Theorien in den Naturwissenschaften

Umsetzung der „Kompetenztreppe“: Die Schüler*innen können bereits selbstständig die Anzahl der Stichproben und der Messwiederholungen festlegen und die Ergebnisse des Experiments zur Lösungswärme beschreiben (vgl. Abb. 1). In dieser Unterrichtseinheit legen sie im Experiment zudem erstmals selbstständig fest, welche unabhängige Variable untersucht wird. Die weiteren Planungsschritte werden zunächst in den Experimentiergruppen mit Hilfestellungen, die auf die wesentlichen zu beachtenden Punkte fokussieren, durchgeführt. Die Lehrenden unterstützen die Planungsphase, indem sie den einzelnen Gruppen Feedback geben und anschließend aus den Gruppenvorarbeiten in einem gelenkten Unterrichtsgespräch eine gemeinsame Experimentieranleitung erarbeiten. Die Interpretation der Ergebnisse wird gänzlich den Schüler*innen überlassen und in einem Untersuchungsbericht dargestellt. Die Schüler*innen erhalten zu ihrem Untersuchungsbericht individuelle Rückmeldungen.

4.5 Unterrichtseinheit 5: Ladungstransport in Salzlösungen (Allmers, Beyer-Sehlmeyer, Schumacher & Wilde, 2020)

Inhaltliche Schwerpunkte: Strom als Ladungstransport, Widerstand, Ladungstransport in Elektrolyten, Schüler*innenexperiment zum Ladungstransport, Bestimmung der Leitfähigkeit verschiedener Salzlösungen

Umsetzung der „Kompetenztreppe“: Unterstützend für die Phase zur Planung des Experiments zur Leitfähigkeit verschiedener Salzlösungen werden Vorversuche durchgeführt, die die Schüler*innen dafür sensibilisieren, welche Faktoren konstant gehalten werden müssen. Die Schüler*innen können bei der Planung des Experiments zum Ladungstransport bereits selbstständig die Ergebnisse aus dem Experiment zum Ladungstransport beschreiben und interpretieren sowie unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus dem Vorversuch die zu untersuchende unabhängige Variable und die Anzahl der Messwiederholungen festlegen (vgl. Abb. 1). Die Ergebnisse aus den Vorversuchen einbeziehend erfolgen weitere grundlegende Schritte bei der Planung des Experiments durch Diskussion in einem gelenkten Unterrichtsgespräch. Die Schüler*innen legen erstmals selbstständig das Untersuchungsspektrum in dem Experiment fest, d.h., sie entscheiden, welche Konzentrationen sie innerhalb eines bestimmten Wertebereichs untersuchen werden. In dem Schritt zur Analyse der Evidenzen wird in diesem Experiment zusätzlich zur Ergebnisbeschreibung und Interpretation ebenso die Formulierung der Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen vollständig von den Schüler*innen ausgeführt. Dieses wurde in den vorangegangenen Experimenten mehrfach geübt, sodass die Schüler*innen diesen Schritt selbst bearbeiten können.

4.6 Unterrichtseinheit 6: Austausch mit der Umwelt (Schumacher, Beyer-Sehlmeyer, Henrich, Polte, Stockey & Wilde, 2020)

Inhaltliche Schwerpunkte: Cytologie (grundlegender Aufbau und Funktion), semipermeable Membran, osmotische Vorgänge, Transportvorgänge an Membranen, Zellsaftkonzentration, Plasmolyse/Deplasmolyse, Schüler*innenexperiment zur Zellsaftkonzentration

Umsetzung der „Kompetenztreppe“: Viele Schritte bei der Planung, Durchführung und Auswertung des Experiments werden bereits von den Schüler*innen selbstständig ausgeführt. Der Umgang mit den Ergebnissen gelingt den Schüler*innen bereits selbstständig, d.h., sie beschreiben die Ergebnisse aus dem Experiment, interpretieren diese und ziehen Schlussfolgerungen daraus (vgl. Abb. 1). Darüber hinaus können sie bereits eine geeignete Anzahl an Messwiederholungen festlegen, eine zu untersuchende unabhängige Variable identifizieren und das Untersuchungsspektrum definieren. In dieser Unterrichtseinheit formulieren sie erstmalig alleine eine präzise Fragestellung und entscheiden, welcher Abstand und welche Anzahl bei den Messintervallen für das Experiment zur Zellsaftkonzentration günstig sind. Zu Beginn der Planung erarbeiten die Schüler*innen mögliche Hypothesen und deren Begründung in Gruppenarbeit. Anschließend werden diese gesammelt und nach einer Diskussion diejenige ausgewählt, die nach den Kriterien zur Formulierung von Hypothesen in einem Schüler*innenexperiment umgesetzt werden kann. In diesem diskursiven Schritt werden die Schüler*innen für die Kriterien zur Formulierung geeigneter Hypothesen sensibilisiert. Im Unterrichtsgespräch werden dann die grundlegende Herangehensweise zur Untersuchung dieser Hypothese, die dabei zu kontrollierenden Variablen und die abhängige Variable inklusive deren Messung gemeinsam erarbeitet, sodass den Schüler*innen nun ein vollständiger Experimentierplan zur Verfügung steht.

4.7 Unterrichtseinheit 7: Ökologische Nische (Haunhorst, Stockey & Wilde, 2020)

Inhaltliche Schwerpunkte: Organismus-Umwelt-Beziehung, Bedeutung des Stoffaustausches des Organismus mit seiner Umwelt, Experiment zur Keimung und zum Wachstum verschiedener Grasarten

Umsetzung der „Kompetenztreppe“: Die Schüler*innen führen beim Experiment zur Keimung (Stockey, Stiller, Hahn & Wilde, 2013) und zum Wachstum bereits die meisten der Schritte im Experimentierprozess selbstständig durch. Die konkrete Planung, Durchführung und Auswertung des Keimungsexperiments liegt in den Händen der Schüler*innen (vgl. Abb. 1). Die grundlegende Herangehensweise und die zu kontrollierende Variable werden von den Schüler*innen überlegt, benannt und danach gemeinsam für den arbeitsteiligen Experimentierplan festgelegt.

4.8 Unterrichtseinheit 8: Selektion und Evolution (Stiller, Bekel-Kastrup & Stockey, 2020)

Inhaltliche Schwerpunkte: Grundprinzipien der Evolutionstheorie (Variation, Selektion, Adaptation), Selektionsfaktoren, Untersuchung von Kettlewell in den 1950er-Jahren zum Birkenspanner, Grundformen naturwissenschaftlich-empirischen Arbeitens, Selektion am Beispiel eines Simulationsexperiments zur Räuber-Beute-Beziehung

Umsetzung der „Kompetenztreppe“: Nachdem die theoretischen Grundlagen zur Evolution erarbeitet wurden, werden methodische Grundformen des naturwissenschaftlich-empirischen Arbeitens thematisiert und verglichen. Dieser Einschub ist notwendig, da die Schüler*innen im Gegensatz zu den vorherigen Unterrichtseinheiten kein Realexperiment durchführen, sondern ein Simulationsexperiment. Sie werden durch den Einschub

für die Möglichkeiten und Schwierigkeiten, die Simulationsexperimente bieten, sensibilisiert. Um die Schüler*innen an die grundlegende Methodik eines Simulationsexperiments heranzuführen, werden Voruntersuchungen zur Tarnung von Schmetterlingen durchgeführt. Die Schüler*innen erhalten dadurch die Möglichkeit, ein grundlegendes Verständnis dafür zu entwickeln, wie Tarnung funktioniert. Ziel ist es, die Schüler*innen durch die Vorexperimente auf die selbstständige Planung und Durchführung des Simulationsexperiments zur Räuber-Beute-Beziehung vorzubereiten. Das eigentliche Simulationsexperiment zur Räuber-Beute-Beziehung wird von den Schüler*innen in allen Schritten der experimentellen Planung und Umsetzung selbstständig durchgeführt, d.h., die Schüler*innen entscheiden in diesem Experiment erstmalig selbstständig, welche Variablen sie kontrollieren, und sie legen ebenso erstmalig selbstständig fest, welche spezifische Fragestellung sie im Rahmen der übergeordneten Fragestellung untersuchen und wie sie das Simulationsexperiment durchführen werden (vgl. Abb. 1). Dieses Simulationsexperiment ermöglicht eine maximale Selbststeuerung, da die Simulation durch vielfältige Ausgestaltungsmöglichkeiten die freie Gestaltung der experimentellen Rahmenbedingungen zulässt. Auch wenn die Schüler*innen in der Lage sein sollten, alle Schritte des hypothetisch-deduktiven Verfahrens alleine durchzuführen, so bleibt der bzw. die Lehrende Ansprechpartner*in und Berater*in für eventuell auftretende Schwierigkeiten und um mögliche Frustrationserlebnisse zu vermeiden. Die Lehrenden unterstützen dabei den Erkenntnisprozess der Schüler*innen bei auftretenden Problemen durch Anregungen und Leitfragen.

4.9 Abschluss des Kurses

Der Basiskurs Naturwissenschaften wird mit einer kurzen Einheit zum Thema „Wissenschaft im historischen und sozialen Kontext“, z.B. in Form eines Gruppenpuzzles, abgeschlossen. Anhand einer Betrachtung ausgewählter bedeutender naturwissenschaftlicher Theorien, wie zum Beispiel Solarsysteme nach Ptolemäus und Copernicus, Planet Erde nach Smith und Lyell, Plattentektonik nach Wegener, Vererbung nach Mendel, Watson und Crick, Evolution nach Malthus, Darwin, Mayr und Wilson (z.B. Schuh, 2008; Tallack, 2005; Wynn & Wiggins, 1997, S. 47–107), mit einem Fokus auf ihre historische Entwicklung, wird den Schüler*innen ermöglicht, die Entwicklung von Erkenntnissen als einen historischen und sozialen Prozess zu verstehen. Die Weiterentwicklung von Theorien sowie Paradigmenwechsel veranschaulichen die Vorläufigkeit wissenschaftlicher Erkenntnisse. Ihre jeweilige Bedeutung für Selbst- und Weltverhältnisse lässt sich thematisieren. Schüler*innen können dadurch im Sinne eines aufgeklärten Wissenschaftsverständnisses für die Nature of Science sensibilisiert werden.

5 Empirische Hinweise auf Güte und Wirksamkeit des Kurskonzeptes

Das Kurskonzept ist über mehrere Schuljahre hinweg in seiner Konzeption und in seiner konkreten didaktischen Umsetzung iterativ weiterentwickelt worden. Die Befunde aus bisherigen Untersuchungen zur Evaluation des Kurskonzeptes geben Hinweise darauf, dass die grundlegende Kurskonzeption die erwarteten positiven Effekte auf das Lernen der Schüler*innen hat.

Die Ergebnisse der Evaluation eines halbjährigen Vorgängerkurses, dem dieselben theoretischen und didaktischen Prinzipien zu Grunde liegen, der allerdings im Vergleich zu diesem vorgestellten Konzept inhaltlich auf ein halbes Schuljahr reduziert war, zeigte deutlich positive Effekte (Hahn, Stiller, Stockey & Wilde, 2013). Zu Beginn und am Ende des Kurses wurde den Schüler*innen ein von der Projektgruppe entwickelter Scientific Inquiry-Test vorgelegt, der die drei Schritte des Scientific Discovery as Dual Search-Modells (Klahr, 2000) anhand von experimentellen Settings abbildet. Es wurden

die Antwortmöglichkeiten im Multiple-Choice-Format angeboten, wobei es für jede Aufgabe nur eine richtige Antwort gab. Die Schüler*innen erreichten am Ende des Kurses eine signifikant höhere Punktzahl als am Anfang des Kurses. Es profitierten insbesondere jene Schüler*innen von dem Kurskonzept, die anhand des Tests zu Beginn des Kurses zur leistungsschwächeren Hälfte zu zählen waren. Diese Schüler*innen konnten ihre Leistungen denen der leistungsstärkeren Schüler*innen im Kurs angleichen.

Die inhaltsanalytische Auswertung nach Schmidt (2010) von leitfadengestützten Interviews mit Schüler*innen des Basiskurses Naturwissenschaften, die von Beginn zur Mitte des Schuljahres einen hohen Interessenanstieg bzw. einen relativen Interesseabfall zu verzeichnen hatten, wiesen erste interessante Befunde auf. Insgesamt zeigte sich, dass der Basiskurs von den Schüler*innen als notwendiges Mittel betrachtet wird, um ihrem Ziel, das Abitur zu erreichen, näher zu kommen. Die Auswertung zeigte aber auch, dass Schüler*innen, deren naturwissenschaftliches Interesse sich gesteigert hatte, dabei vor allem das praktisch-experimentelle Arbeiten und die größeren Mitbestimmungsmöglichkeiten im Kurs positiv betonten. Beides sind Ziele, die mit dem Kurskonzept verfolgt werden. Auffällig war bei Schüler*innen mit Interesseabfall eine inkonsistente Bewertung einzelner Aspekte des Kurskonzeptes. Gleiche Aspekte (z.B. der hohe Anteil an Experimentiertätigkeiten) wurden bei den Schüler*innen mit Interesseabfall sowohl als positive Merkmale als auch als negative Merkmale genannt. Darüber hinaus scheinen einige weitere Aspekte des Kurskonzeptes von den Schüler*innen unterschiedlich wahrgenommen worden zu sein. Schüler*innen mit Interesseanstieg betonten den Freiraum und die Mitbestimmung im Kurs als positive Aspekte des Kurskonzeptes, während Schüler*innen mit relativem Interesseabfall zu wenig Mitbestimmung im Kurs kritisierten. Die Wahrnehmung des Kurses und damit die Bewertung des Kurskonzeptes scheinen insgesamt stark vom bisherigen naturwissenschaftlichen Unterricht abhängig zu sein. Diejenigen, die im vorherigen naturwissenschaftlichen Unterricht besonders zufrieden waren, bewerteten das praktisch-experimentelle Arbeiten im Kurs bisweilen negativ, während Schüler*innen mit negativen Vorerfahrungen das Experimentieren als Bereicherung wahrnahmen. Auffällig war weiterhin, dass Schüler*innen mit einem Interesseanstieg im Verlauf des Schuljahres zu Beginn des Kurses wesentlich weniger interessiert waren als die Schüler*innen mit einem Interesseabfall. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass es anscheinend durch das Kurskonzept gelingen kann, wenig interessierte Schüler*innen zu interessieren. Die qualitativen Befunde deuten darauf hin, dass das Interesse zu Beginn des Kurses auf den bisherigen Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht beruht. Diesen erlebten insbesondere die Schüler*innen mit Interesseanstieg als negativ. Anscheinend lässt sich der Interessezuwachs auf den Unterricht im Basiskurs Naturwissenschaften zurückführen.

Eine erste Evaluation des einjährigen Kurskonzeptes brachte ebenfalls positive Ergebnisse hervor (Hahn et al., 2014a). Ein Vergleich des naturwissenschaftlichen Unterrichts der Schüler*innen aus der Sekundarstufe I mit dem Unterricht im Basiskurs Naturwissenschaften zeigte, dass sich die Lernaktivitäten verändert haben. Im Basiskurs Naturwissenschaften waren die Schüler*innen deutlich mehr in forschende Aktivitäten eingebunden. Die Fragen zu den forschenden Aktivitäten wurden der Skala „Schüler*innen forschen“ aus dem PISA-Fragebogen (Frey et al., 2009) entnommen. Mit dieser Skala wird erhoben, inwieweit Schüler*innen in ihrem naturwissenschaftlichen Unterricht selbstständig Fragestellungen festlegen, Untersuchungen zum Testen eigener Ideen auswählen und durchführen sowie eigene Experimente entwickeln. Demnach ist es gelungen, den Schüler*innen im Basiskurs Naturwissenschaften Gelegenheiten zum Nachvollziehen naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse zu bieten. Diese veränderten Unterrichtserfahrungen gehen einher mit einer veränderten Wahrnehmung der Lernumgebung. Die Schüler*innen erlebten den Unterricht im Basiskurs kompetenz- und autonomieunterstützender und sie fühlten sich sozial mehr eingebunden als in ihrem naturwissenschaftlichen Unterricht, den sie zuvor besuchten. Auch auf der kognitiven Ebene

deuten die Ergebnisse eine positive Wirkung des Kurskonzeptes an. Die Schüler*innen des Basiskurses zeigten eine positive Entwicklung sowohl in einem Test zur Scientific Inquiry als auch in einem Test zur naturwissenschaftlichen Kompetenz. In dieser Untersuchung wurde zur Erfassung der naturwissenschaftlichen Kompetenz der in KESS 10/11 eingesetzte Naturwissenschaftstest verwendet (Ivanov, 2011). Der Test erfasst naturwissenschaftliche Kompetenz nach dem Scientific Literacy Ansatz, d.h., es soll die „Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen situationsgerecht anzuwenden“ (Ivanov, 2011, S. 183), erhoben werden. In dem Test sind Aufgaben (zum größten Teil im Multiple-Choice-Format, aber auch offene Aufgaben) aus der Biologie, Physik und Chemie enthalten. Die tieferen Einsichten in naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse der Schüler*innen im Kurs scheinen mit einem Wissenszuwachs einherzugehen, der gemessen an der KESS-10/11-Population als normal bis gut zu bezeichnen ist (Hahn et al., 2014a). Darüber hinaus profitierten die Schüler*innen auch motivational vom Basiskurs. Am Ende des Schuljahres zeigten sie höhere Werte im Selbstbestimmungsindex (SDI; Müller, Hanfstingl & Andreitz, 2007) als noch zu Beginn des Schuljahres. Demnach ist es gelungen, durch das Kurskonzept bei den Schüler*innen eine deutlich selbstbestimmtere Motivation zum Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu erreichen. Ebenso wiesen die Schüler*innen am Ende des Schuljahres ein höheres Interesse an Naturwissenschaften (erhoben mit der Skala „Freude und Interesse an den Naturwissenschaften“ aus dem PISA-Fragebogen; vgl. Frey et al., 2009) und ein höheres Fähigkeitsselbstkonzept (erhoben mit Fragebogen aus Frey et al., 2009) auf.

6 Ausblick

Auch wenn unterrichtliche Rahmenbedingungen in anderen Schulen nie ganz deckungsgleich mit dem Oberstufen-Kolleg sind, so ist es vermutlich möglich, einzelne Unterrichtseinheiten (Wilde, Stiller & Stockey, 2020) oder das Grundprinzip des Kurskonzeptes, die Kompetenztreppe (vgl. Abb. 1), zu adaptieren (Hahn, Koch & Stiller, 2014b; Stiller, Stockey, Hahn & Wilde, 2014; Stiller, Stockey & Wilde, 2020). Für die Forschungs- und Entwicklungsgruppe am Oberstufen-Kolleg ist die Perspektive für die Zukunft, das hier vorgestellte Kurskonzept in inhaltlichen und methodischen Varianten auf naturwissenschaftliche Kurse sowie auf Kurse in weiterführenden Jahrgängen der Oberstufe zu übertragen.

Literatur und Internetquellen

- Allmers, T., Beyer-Sehlmeyer, G., Schumacher, F., & Wilde, M. (2020). Ionenwanderungen in Kochsalzlösungen – Ein Schülerexperiment zur Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit von Kochsalzlösungen. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (2), 80–86. <https://doi.org/10.4119/pflb-3306>
- Allmers, T., Stiller, C., & Wilde, M. (2020). Konzentrationsbestimmung von Kochsalzlösungen: Ein Vergleich zwischen verschiedenen Methoden. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 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*innenBildung*, 2 (2), 40–52. <https://doi.org/10.4119/pflb-3303>
- Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Schüler als Forscher. *MNU*, 67 (2), 83–91.
- Bayrak, C., Hoffmann, L., & Ralle, B. (2015). Sprachliches und fachliches Lernen im Experimentalunterricht. *MNU*, 68 (3), 182.
- Chapman, J.L., & Reiss, M. (2001). *Ecology. Principles and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Closs, G. (2004). *Freshwater Ecology: A Scientific Introduction*. Oxford: Blackwell Publ.

- Deci, E.L., & Ryan, R.M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. New York: Plenum Press. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7>
- 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>
- Emden, M., & Sumfleth, E. (2012). Prozessorientierte Leistungsbewertung. *MNU*, 65 (2), 68–75.
- Falkenhausen, E. von (2000). *Biologieunterricht – Materialien zur Wissenschaftspropädeutik*. Köln: Aulis.
- Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K., Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., et al. (Hrsg.). (2009). *PISA-2006-Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster: Waxmann.
- Graf, D., Elsner, J., Murr, A., & Retzlaff-Fürst, C. (2013). *Experimente für den Biologieunterricht. Erkenntnisgewinnung und kompetenzorientierte Vermittlung biologischer Inhalte*. München: Oldenbourg Schulbuchverlag.
- Habigsberg, A., Ohly, K.P., & Stockey, A. (2008). In und über Naturwissenschaften lernen – Ein Kurs zur Einführung in naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen. In K.P. Ohly & G. Strobl (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung. Konzepte und Praxisbeispiele für die Oberstufe* (S. 101–116). Weinheim & Basel: Beltz.
- Hahn, S., Allmers, T., Bekel-Kastrup, H., Beyer-Sehlmeyer, G., Friedrich, G., Habigsberg, A., et al. (2014a). Naturwissenschaftsdidaktische Praxisforschung im Spannungsfeld von Theorie, Empirie und institutionellen Bedingungen der Praxis: Die Entwicklung des Basiskurses Naturwissenschaften. In M. Heinrich, S. Hahn & G. Klewin (Hrsg.), *Forschung und Entwicklung am Oberstufen-Kolleg. Rückblick – Bestandsaufnahme – Ausblick* (Schriftenreihe Forschungspraxis Praxisforschung, Bd. 1) (S. 215–269). Münster: MV Wissenschaftsverlag.
- Hahn, S., Koch, B., & Stiller, C. (2014b). Bedingungen des Curriculumtransfers am Beispiel des Basiskurs Naturwissenschaften. *TriOS – Forum für schulnahe Forschung, Schulentwicklung und Evaluation*, 9 (1), 91–115.
- 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*, 64 (1), 47–52.
- Harlen, W. (Hrsg.). (2010). *Principles and Big Ideas of Science Education* (S. 6–15). Hatfield: Association for Science 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>
- Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 4 (3), 275–288.
- Huber, L. (1998). Fächerübergreifender Unterricht – auch auf der Sekundarstufe II? In L. Duncker & W. Popp (Hrsg.), *Fächerübergreifender Unterricht in der Sekundarstufe I und II. Prinzipien, Perspektiven, Beispiele* (S. 18–33). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Huber, L. (2001). Stichwort: Fachliches Lernen. Das Fachprinzip in der Kritik. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4 (3), 307–331. <https://doi.org/10.1007/s11618-001-0040-0>
- Huber, L. (2009). Wissenschaftspropädeutik ist mehr! *TriOS – Forum für schulnahe Forschung, Schulentwicklung und Evaluation*, 4 (2), 39–60.

- Ivanov, S. (2011). Naturwissenschaftliche Kompetenz und fachbezogene Einstellungen. In U. Vieluf, S. Ivanov & R. Nikolova (Hrsg.), *KESS 10/11 – Kompetenzen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern an Hamburger Schulen am Ende der Sekundarstufe I und zu Beginn der gymnasialen Oberstufe* (S. 183–240). Münster: Waxmann.
- 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, UK, & New York: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.015>
- King, T., & Reiss, M. (2001). *Practical Advanced Biology*. Cheltenham: Nelson Thornes.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge, MA: MIT.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland). (1988/1977). *Empfehlungen zur Arbeit in der gymnasialen Oberstufe gemäß Vereinbarung zur Neugestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II*. Bonn: KMK.
- 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: Luchterhand in Wolters Kluwer Deutschland.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland). (2013). *Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i.d.F. vom 06.06.2013. Zugriff am 05.11.2015. Verfügbar unter: http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1972/1972_07_07-Vereinbarung-Gestaltung-Sek2.pdf.
- Künzli, R. (2001). Schule als Ort des Wissens und seiner Bewertung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4 (3), 405–414. <https://doi.org/10.1007/s11618-001-0044-9>
- Kupsch, J., & Schülert, J. (1996). Perspektivenwechsel als reflexives Konzept für übergreifenden Unterricht am Beispiel ‚Rassismus‘. *Zeitschrift für Pädagogik*, 42, 589–601.
- Kupsch, J., & Schumacher, M. (1994). Didaktische Annäherung an den Perspektivenwechsel. In U. Krause-Isermann, J. Kupsch & M. Schumacher (Hrsg.), *Perspektivenwechsel* (Beiträge zum fächerübergreifenden Unterricht für junge Erwachsene, Bd. 38) (S. 39–62). Bielefeld: AMBOSS.
- Lehrer, R. (2001). Reconsidering the Role of Experiment in Science Education. In K.D. Crowley, C.D. Schunn & T. Okada (Hrsg.), *Designing for Science. Implications from Everyday, Classroom, and Professional Settings* (S. 223–246). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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>
- Meier, M., & Mayer, J. (2014). Selbständiges Experimentieren. *MNU*, 67(1), 4–10.
- Meier, M., & Wulff, C. (2013). Experimentier-Werkstatt Biologie FLOX. *MNU*, 66(8), 485–490.
- Mohapatra, A.K. (2013). Exploring Perspectives of Scientific Literacy: An Overview. *Cognitive Discourses International Multidisciplinary Journal*, 1(1), 79–88.
- MSW NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen) (Hrsg.). (2013a). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen – Biologie*. Düsseldorf: MSW NRW.
- MSW NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen) (Hrsg.). (2013b). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen – Chemie*. Düsseldorf: MSW NRW.
- MSW NRW (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen) (Hrsg.). (2013c). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen – Physik*. Düsseldorf: MSW NRW.
- Müller, F.H., Hanfstingl, B., & Andreitz, I. (2007). Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern. Adaptierte und ergänzte Version des Academic Self-Regulation Questionnaire (SRQ-A) nach Ryan & Connell. *Wissenschaftliche Beiträge aus dem Institut für Unterrichts und Schulentwicklung (IUS)*, (1).
- Ohly, K.P., & Stockey, A. (2006). Faktoren des Pflanzenwachstums – Von der Beobachtung zum Experiment. *Unterricht Biologie*, 317, 46–49.
- Pfangert-Becker, U. (2010). Das Experiment im Lehr- und Lernprozess. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 59(6), 40–42.
- Pfeifer, P., Lutz B., & Bader H. J. (Hrsg.). (2002). *Konkrete Fachdidaktik Chemie* (3., neubearb. Aufl.). München: Oldenbourg.
- Ryan, R.M., & Deci, E.L. (2017). *Self-Determination Theory. Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. New York: Guilford. <https://doi.org/10.1521/978.14625/28806>
- Schmidt, C. (2010). Auswertungstechniken für Leitfadeninterviews. In B. Friebertshäuser, H. Boller & S. Richter (Hrsg.), *Handbuch qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft* (S. 473–486). Weinheim: Juventa.
- Schuh, B. (2008). *50 Klassiker Naturwissenschaften*. Hildesheim: Gerstenberg.
- 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>
- 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. (2020). Statistical Literacy & Data-Literacy – Grundbildung im Umgang mit empirischen Daten. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2(1), 144–160. <https://doi.org/10.4119/pflb-3994>
- Stiller, C., Bekel-Kastrup, H., & Stockey, A. (2020). Selektion und Evolution: Ein Schülersimulationsexperiment zur selektiven Wirkung der Räuber-Beute-Beziehung. *PFLB – PraxisForschungLehrer*innen-Bildung*, 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., Stockey, A., Hahn, S., & Wilde, M. (2014). Essentials of Science – Development, Evaluation and Transfer into School Practice of a Competence Oriented Science Course. In C.P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Hrsg.), *Science Education Research for Evidence-based Teaching and Coherence in Learning*. Proceedings of the ESERA 2013 Conference (S. 1846–1853). Nicosia: European Science Education Research Association.
- Stiller, C., Stockey, A., & Wilde, M. (2020). Vom Konzept in den Unterricht: Wie geht es nach der Entwicklung und Erprobung des Kurskonzeptes Basiskurs Naturwissenschaften weiter? *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (2), 17–27. <https://doi.org/10.4119/pflb-3301>
- Stockey, A. (2004). Alles ist möglich, aber nicht gleichzeitig! Experimentelle und empirische Facharbeiten in Biologie. In I. Hackenbroch-Krafft, H. Jung-Paarmann, G. Obst, H. Kroeger, H.-H. Schwarz & A. Stockey (Hrsg.), *Auf dem Wege zur Facharbeit* (S. 77–97). Bielefeld: Oberstufen-Kolleg.
- Stockey, A. (2007). Im Wald und auf der Heide – Ökologische Tagesexkursionen: Empirische Geländeerhebung als Kern eines wissenschaftspropädeutischen Unterrichts. In R. Bähr, J. Bessen, W. Emer, G. Günther-Böhmke & H.-H. Schwarz (Hrsg.), *Schule auf Reisen* (S. 103–117). Bielefeld: Oberstufen-Kolleg.
- Stockey, A., & Habigsberg, A. (2011a). Verfassen eines Untersuchungsberichtes – Anleitung, Beispiel und Aufgabe. In U. Horst & K.P. Ohly (Hrsg.), *Lernbox: Lernmethoden und Arbeitstechniken* (S. 38–45). Seelze: Friedrich.
- Stockey, A., & Habigsberg, A. (2011b). Verfassen eines Untersuchungsberichtes – Lösung der Aufgabe. In U. Horst & K.P. Ohly (Hrsg.), *Lernbox: Lernmethoden und Arbeitstechniken* (S. 53–56). Seelze: Friedrich.
- Stockey, A., Stiller, C., Hahn, S., & Wilde, M. (2013). Basiskurs Naturwissenschaften – Ein kompetenzorientierter Kurs für die Sek II. In J. Mayer, M. Hammann, N. Wellnitz, J. Arnold & M. Werner (Hrsg.), *Theorie – Praxis – Empirie* (S. 230–231). Kassel: Kassel University Press.
- Tallack, P. (Hrsg.). (2005). *Meilensteine der Wissenschaft*. Heidelberg: Elsevier Spektrum Akademischer Verlag.
- Tenorth, H.-E. (1997). „Fächerübergreifender Unterricht“ – oder: Die Risiken des Wünschenswerten. *Seminar – Lehrerbildung und Schule*, (4: Themenschwerpunkt: Fächerübergreifendes Arbeiten in der Schule und im Seminar), 7–12.
- Vollmer, G. (1995). *Auf der Suche nach Ordnung*. Stuttgart: Hirzel.
- Vollmer, G. (2000). Was ist Wissenschaft? In E. von Falkenhausen (Hrsg.), *Biologieunterricht – Materialien zur Wissenschaftspropädeutik* (S. 152–163). Köln: Aulis.
- Wellington, J., & Ireson, G. (2008). *Science Learning, Science Teaching*. London: Routledge.
- Welzel, M., Haller, K., Bandera, 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 (1), 29–44.
- Wilde, M., Stiller, C., & Stockey, A. (Hrsg.). (2020). *PFLB – PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (2: Der Basiskurs Naturwissenschaften am Oberstufen-Kolleg Bielefeld). <https://doi.org/10.4119/pflb-3299>

- 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.
- Wynn, C.M., & Wiggins, A.W. (1997). *The Five Biggest Ideas in Science*. New York: John Wiley.

Beitragsinformationen

Zitationshinweis:

Stockey, A., Stiller, C., Hahn, S., & Wilde, M. (2020). Das Konzept des fächerübergreifenden „Basiskurs Naturwissenschaften“ und seine didaktisch-methodischen Prinzipien. *PraxisForschungLehrer*innenBildung*, 2 (1), 126–143. <https://doi.org/10.4119/pflb-3994>

Online verfügbar: 10.12.2020

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>