

Epistemische Kompetenz: Befähigung zur Wissenschaftsreflexion als Bildungsaufgabe

Mario Kötter



Thema der Dissertation:

Epistemische Kompetenz: Befähigung zur Wissenschaftsreflexion als Bildungsaufgabe

**Inauguraldissertation zur Erlangung des akademischen Grades des Doktors in den
Erziehungswissenschaften (Dr. paed.) an der Westfälischen Wilhelms Universität Münster**

Vorgelegt von:

Mario Kötter

geb. in Ibbenbüren

2019

Erstgutachter:

Prof. Dr. Marcus Hammann

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Bettina Bussmann

Tag der mündlichen Prüfung:

02.12.2019

Mario Kötter

**Epistemische Kompetenz: Befähigung zur
Wissenschaftsreflexion als Bildungsaufgabe**



Wissenschaftliche Schriften der WWU Münster

Reihe VI

Band 19

Mario Kötter

**Epistemische Kompetenz: Befähigung zur
Wissenschaftsreflexion als Bildungsaufgabe**

Wissenschaftliche Schriften der WWU Münster

herausgegeben von der Universitäts- und Landesbibliothek Münster

<http://www.ulb.uni-muenster.de>



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://www.dnb.de> abrufbar.

Dieses Buch steht gleichzeitig in einer elektronischen Version über den Publikations- und Archivierungsserver der WWU Münster zur Verfügung.

<https://www.ulb.uni-muenster.de/wissenschaftliche-schriften>

Mario Kötter

„Epistemische Kompetenz: Befähigung zur Wissenschaftsreflexion als Bildungsaufgabe“

Wissenschaftliche Schriften der WWU Münster, Reihe VI, Band 19

Verlag readbox unipress in der readbox publishing GmbH, Dortmund

www.readbox.net/unipress

Zugl.: Diss. Universität Münster, 2019

Dieses Werk ist unter der Creative-Commons-Lizenz vom Typ 'CC BY-SA 4.0 International'

lizenziert: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de>

Von dieser Lizenz ausgenommen sind Abbildungen, welche sich nicht im Besitz des Autors oder der ULB Münster befinden.



ISBN 978-3-8405-0229-3

(Druckausgabe)

URN urn:nbn:de:hbz:6-11149510073

(elektronische Version)

direkt zur Online-Version:

© 2020 Mario Kötter

Satz: Mario Kötter

Umschlag: ULB Münster



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	iii
Teil 1: EINORDNUNG, ÜBERSICHT, ZUSAMMENFASSUNG, DESIDERATE.....	1
1 Einordnung: Philosophie und Biologiedidaktik	3
1.1 Was ist Philosophie der Biologiedidaktik?	4
1.2 PdBD als externer Kritiker und Mediator	6
1.2.1 Der Wissenschaftsstatus der Biologiedidaktik	7
1.2.2 Das Werturteilsproblem in der Biologiedidaktik.....	12
1.3 PdBD als Theorie biologischer Bildung.....	16
1.3.1 Warum naturwissenschaftliche Bildung rechtfertigen?.....	17
1.3.2 Argumente für naturwissenschaftliche Bildung.....	19
1.3.3 Rechtfertigungsprobleme naturwissenschaftlicher Bildung	21
1.3.4 Konzeptionen naturwissenschaftlicher Bildung.....	26
1.3.5 Wissenschaftsverständnis und naturwissenschaftliche Bildung	29
1.4 PdBD als Ressource für Wissen über Biologie.....	30
2 Übersicht: Epistemische Kompetenz	35
2.1 Förderung epistemischer Kompetenz - Pseudowissenschaft.....	37
2.2 Kontroversität als Kernelement von Wissenschaftsreflexion.....	38
2.3 Der Stellenwert von Wissenschaftsreflexion	40
2.4 Streit über die Grenzen der Naturwissenschaft.....	41
2.5 Der Umgang mit Szientismus.....	42
2.6 Epistemische Kompetenz im Abitur.....	43
2.7 Anhang: Didaktische Rekonstruktion des Demarkationsproblems	45
2.7.1 Vorstellungen zum Demarkationsproblem	46
2.7.2 Fachliche Klärungen zum Demarkationsproblem	48
2.7.3 Didaktische Rekonstruktion: Ist Intelligent-Design Wissenschaft?.....	51
3 Zusammenfassung	55
4 Desiderate	57
5 Literaturverzeichnis Teil 1	61

Teil 2: PUBLIKATIONEN	73
Wissenschaftliche Beiträge	73
1 Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik Band 7 [2016]: Pseudowissenschaft? Ein Kontext für Reflexionen über Wissenschaft	75
2 Science & Education [2017]: Controversy as a blind spot in teaching NOS: Why the range of different positions concerning NOS should be an issue in the science classroom.	93
3 Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik Band 8 [2018]: Epistemische Kompetenz: Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht.	145
4 RISTAL [2018]: Between Scientism and Relativism: Epistemic Competence as an Important Aim in Science and Philosophy Education	163
5 19. Jahrbuch für Didaktik der Philosophie und Ethik, Lebenswelt und Wissenschaft [2019]: Epistemische Kompetenz: Eine transdisziplinäre Aufgabe für Philosophie- und Naturwissenschaftsdidaktik.	191
6 23. Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie [im Erscheinen]: Epistemische Kompetenz – Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht.	207
Sonstige Publikationen	231
7 Science & Education [2018]: Book Review: Societal Controversies, Critical Thinking, and Moral Education	233
8 HPS&ST Opinion Page[2019]: Between Scientism and Relativism: Epistemic Competence as an Important Aim in Science and Philosophy Education	241

Vorwort

Die vorliegende Arbeit, „*Epistemische Kompetenz: Befähigung zur Wissenschaftsreflexion als Bildungsaufgabe*“, fällt in mehreren Hinsichten aus dem Rahmen: Zum einen ist sie, obwohl im Verlauf des Dissertationsprojektes vereinzelt kleinere empirische Untersuchungen durchgeführt wurden, insgesamt theoretisch-normativ ausgerichtet und kann in Zeiten empirischer Lehr-Lern-Forschung bereits aus diesem Grund als exotisch gelten. Zum anderen geht es nicht um Vermittlung biologischen Wissens, sondern die philosophisch informierte Reflexion dieses Wissens, seiner Entstehung und seiner Folgen. Aus diesem Grund sind auch die maßgeblichen Referenzdisziplinen, (Wissenschafts-)Philosophie, Philosophiedidaktik und Bildungstheorie statt Fachbiologie und Bildungswissenschaften, für eine biologiedidaktische Arbeit ungewöhnlich.

Die theoretisch-normative Ausrichtung der Arbeit war nicht geplant, sondern hat sich in der Auseinandersetzung mit dem ursprünglichen Dissertationsvorhaben, welches die Entwicklung und Evaluation von Unterrichtsmaterial im Kontext Evolution und Schöpfung zum Gegenstand hatte, ergeben. Der Fokus sollte hierbei auf der Problematisierung stark wissenschaftsoptimistischer (= szientistischer) Überzeugungen liegen. Diese sind unter Schülerinnen und Schülern verbreitet und sollten im Rahmen der Intervention in Richtung eines adäquaten Wissenschaftsverständnisses verändert werden. Adäquatheit wurde definiert im Sinne eines gegenwärtig sehr einflussreichen angelsächsischen Konzeptes, dem sogenannten *General-Aspects-Approach* bzw. *NOS-Consensus-View*. In diesem Konzept wird adäquates Wissenschaftsverständnis (häufig als *sophisticated/elaborated NOS-views*) mit einer eher pessimistischen Position hinsichtlich der Erkenntnismöglichkeiten der Naturwissenschaften gleichgesetzt.

Im Rahmen meiner Auseinandersetzung mit verschiedenen Aspekten der Kontroverse um Evolution und Schöpfung bin ich auf zwei Probleme gestoßen, die aus dem Konsensus-View resultieren: Erstens ist, während Wissenschaftspessimismus innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktik die Mehrheitsmeinung darzustellen scheint, das Verhältnis in der Wissenschaftsphilosophie umgekehrt. Philosophen, die auf dem Gebiet der Science Education

publizieren sind daher oft kritisch gegenüber dem oben genannten Konsensus-View eingestellt. Zweitens nutzen kreationistische Gruppierungen seit einiger Zeit erfolgreich das argumentative Instrumentarium postmoderner Wissenschaftskritik gegen die Evolutionstheorie. Statt, wie in der Vergangenheit, Wissenschaft zu imitieren, besteht diese neue Strategie darin, Wissenschaft durch übersteigerte Kritik derart zu relativieren, dass praktisch jede Erkenntnisbehauptung als wissenschaftlich gelten kann. Andere Beispiele für die Anwendung der gleichen Strategie sind Kontroversen über den Klimawandel oder der Streit um Homöopathie.

Grundsätzlich ist die Entwicklung einer kritischen Haltung, und das schließt eine kritische Haltung gegenüber Wissenschaft natürlich ein, zentrales Ziel liberaler Bildungskonzeptionen und sollte auch im Biologieunterricht betrieben werden. Die einseitige Betonung von Einschränkungen naturwissenschaftlicher Erkenntnismöglichkeit scheint jedoch problematisch, insofern die Möglichkeit besteht, ein glorifizierend verzerrtes Bild von Wissenschaft unbeabsichtigt durch ein anderes, nun ins Negative verzerrtes, zu ersetzen und so den Feinden von Wissenschaft und Rationalität in die Karten zu spielen.

Die kritische Auseinandersetzung mit dem Konsensus-View geriet so ganz unvorhergesehen zu einem eigenen Forschungsprojekt und stellt den Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit dar. Der Grundgedanke meines Ansatzes, dem oben umrissenen Dilemma zu entkommen, lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Es existiert eine gesellschaftliche und fachliche Kontroverse über Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaften.
- Gesellschaftliche Kontroversen über Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaft sollten im naturwissenschaftlichen Unterricht behandelt werden.
- Die Behandlung gesellschaftlicher Kontroversen, wie den oben genannten, erfordert die Berücksichtigung besonderer unterrichtlicher Prinzipien, die in den geisteswissenschaftlichen Fächern üblich sind.
- Also müssen die relevanten didaktischen Prinzipien der geisteswissenschaftlichen Fächer, z.B. das Kontroversitäts- und Rationalitätsgebot, auch im naturwissenschaftlichen Unterricht gelten.

Das Prinzip der Kontroversität, aus der Didaktik der Politikwissenschaft als *Beutelsbacher Konsens* bekannt und für den Philosophieunterricht durch den *Dresdner Konsens* kürzlich bekräftigt, ist hierbei von zentraler Bedeutung. Dieses Prinzip muss demnach auch im naturwissenschaftlichen Unterricht berücksichtigt werden.

Der zentrale Kritikpunkt am Konsensus-View besteht somit darin, dass dort beansprucht wird, eine wissenschaftsreflexive *Lehrmeinung* für den Einsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht zu rekonstruieren. Dieser Anspruch geht jedoch grundlegend fehl, erstens weil es eine solche Lehrmeinung aus (philosophie-) *fachlicher* Perspektive gar nicht gibt, und zweitens, weil es aus (philosophie-) *didaktischer* Perspektive auch nicht wünschenswert ist, eine solche Lehrmeinung zu konstruieren.

Konsequenterweise sollte, statt Schülerinnen und Schülern ein bestimmtes Naturwissenschaftsverständnis zu vermitteln, versucht werden, sie in die Lage zu versetzen, sich in Kontroversen begründet zu positionieren und dabei ihren eigenen Ansichten kritisch, anderen Ansichten jedoch mit Toleranz, zu begegnen. Diese Fähigkeit habe ich, im Kontext Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaften, *epistemische Kompetenz* genannt und einen Vorschlag zu ihrer Struktur unterbreitet.

Wenngleich mein Vorschlag, beispielsweise auf Tagungen, überwiegend wohlwollend aufgenommen wurde, bin ich, was die praktische Umsetzung angeht, pessimistisch geblieben. Fähigkeit zur Wissenschaftsreflexion, obwohl seit der Aufnahme der naturwissenschaftlichen Fächer in den Kanon der gymnasialen Oberstufe wieder und wieder als zentrales Unterrichtsziel gefordert, ist bis heute weder im didaktischen Diskurs oder in den Curricula noch auf Schulebene verwirklicht worden. Der Grund hierfür dürfte darin liegen, dass ein solches Konzept Veränderungen in verschiedenen Bereichen *simultan* erfordern würde: Ergänzungen der Lehrerausbildung, Veränderungen von Curricula, Erstellung von Unterrichtsmaterial und Berücksichtigung im Rahmen von Abiturprüfungen.

Problematisch ist zudem, dass die, in Anbetracht der Kombination aus umfangreichen inhaltlichen Vorgaben und zentralen Abiturprüfungen, gegebene zeitliche Enge eine angemessene Auseinandersetzung mit dem Gegenstand derzeit vermutlich von vorneherein unmöglich machen würde.

Dies ist jedenfalls zu erwarten, wenn man ihn als neuen Inhalt zu den gegenwärtigen Lehrplänen hinzufügen würde. Als Negativbeispiel kann das gegenwärtige Niveau bei der Vermittlung und Evaluation von Bewertungskompetenz im Biologieunterricht angeführt werden: Abituraufgaben und Unterrichtsmaterialien sind in diesem Bereich teilweise auf einem fachlichen Niveau gehalten, das die schlimmsten Vorurteile, die Naturwissenschaftler über die Beliebigkeit und mangelnde Fachlichkeit der Geisteswissenschaften haben, zu bestätigen scheint.

Ich habe an zwei Beispielen (Umgang mit Kreationismus und Szientismus aus der Perspektive epistemischer Kompetenz) die Schwierigkeiten einer angemessenen Auseinandersetzung diskutiert und bin darüber zu dem Schluss gelangt, dass es illusorisch wäre zu meinen, die notwendigen Ressourcen könnten im Rahmen des bestehenden Biologieunterrichts bereitgestellt werden. Wenn überhaupt könnte dies am ehesten wohl in interdisziplinären bzw. fächerverbindenden Veranstaltungen geschehen, für die in den meisten Fällen allerdings die institutionellen Rahmenbedingungen fehlen dürften. Es stellt sich daher die Frage, ob auf die Vermittlung von epistemischer Kompetenz *und(!)* Bewertungskompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht besser ganz verzichtet werden sollte.

Resignation wäre meiner Ansicht nach jedoch eine falsche Reaktion auf die skizzierten Umsetzungsprobleme. Vielmehr muss die Frage gestellt und beantwortet werden, welchen grundlegenden Zielen Biologieunterricht dient und inwieweit die Reflexion über Wissenschaft in diesem Zusammenhang unverzichtbar ist.

Es ist bemerkenswert, dass in Grundlagenkapiteln der gängigen Biologiedidaktik-Lehrwerke fast ausschließlich auf Autoren und Ansätze der 50er bis 70er Jahre (vor allem Klafki, Robinsohn und Wagenschein) verwiesen wird, die für die Praxis überwiegend folgenlos geblieben sind. Der Bezug auf die Post-PISA Situation, mit dem aus dem angelsächsischen Diskurs entlehnten Schlagwort *Scientific Literacy* bleibt demgegenüber in den meisten Fällen merkwürdig unscharf. Vor allem wird nicht deutlich, dass im angelsächsischen Raum seit langem und bis heute kontrovers diskutiert wird, was unter *Scientific Literacy* überhaupt zu verstehen ist, wie sie begründet und wie sie erreicht werden kann. Dem entspricht, dass ein akademischer

Diskurs über Grundlagen, Ziele und Begründungen des Biologieunterrichts gegenwärtig kaum stattfindet.

Auch in den Lehrplänen werden in einleitenden Kapiteln zwar üblicherweise Ziele wie *naturwissenschaftliche Grund- oder Allgemeinbildung*, *Wissenschaftspropädeutik* oder ähnliches genannt. Diese Ziele werden in der Folge aber weder erläutert noch begründet, noch wird deutlich, inwiefern die konkreten Unterrichtsvorgaben Mittel zu ihrer Erreichung sein könnten. In den vergangenen Jahren scheinen sich vor allem Autoren aus dem Umkreis des Bielefelder Oberstufen-Kollegs kritisch-konstruktiv mit den Grundlagen des naturwissenschaftlichen bzw. Mathematikunterrichts befasst zu haben. Diese Arbeit hat aber kaum Wirkung entfaltet, weder innerhalb der Fachdidaktik noch in Hinblick auf die Konzeption von Lehrplänen.

Es ist im Rahmen dieser Qualifikationsarbeit natürlich nicht möglich, einen umfassenden Vorschlag zur Konzeption des Biologie- bzw. des naturwissenschaftlichen Unterrichts vorzulegen und es ist auch klar, dass entsprechende Forderungen realistisch kaum Aussicht auf Gehör und keine Aussicht auf Erfolg haben. Meine Hoffnung ist lediglich, mit dieser Arbeit bzw. den entsprechenden Teilpublikationen, einen (Denk-)Anstoß für weitere Arbeit zu geben.

Ich bin meinem Betreuer, Prof. Dr. Marcus Hammann sehr zu Dank verpflichtet, dass er mich, angesichts der Wendungen dieses Projektes, immer unterstützt hat, und dass er überhaupt bereit war, meine Überlegungen im Grenzbereich von Bildungstheorie und Curriculumentwicklung als Qualifikationsarbeit zu akzeptieren. Insbesondere möchte ich mich auch dafür bedanken, dass Herr Hammann mir zugeredet hat, meine Überlegungen auf Tagungen vorzustellen und zu publizieren, wozu ich allein sicher nicht den Mut gehabt hätte.

Starken Einfluss auf meine wissenschaftsphilosophischen Ansichten hatten die Lehrveranstaltungen des Zentrums für Wissenschaftstheorie in Münster. Besonders danken möchte ich Dr. Markus Seidel für viele freundschaftliche Gespräche. Ohne seine Nachhilfe wäre mein ohnehin bescheidenes philosophisches Wissen noch sehr viel mangelhafter und ich hätte viele meiner Irrtümer vermutlich bis heute nicht einmal bemerkt.

Besonders bedanken möchte mich auch bei Prof. Dr. Bettina Bussmann von der Universität Salzburg, die mich in dem Gedanken bestärkt hat, dass

Kontroversität nicht nur ein unverzichtbarer Aspekt des Philosophieunterrichts, sondern auch des naturwissenschaftlichen Unterrichts sein muss, sofern dieser eine reflektierende Haltung gegenüber den eigenen Inhalten einnimmt. Frau Bussmann war bei der Konzeption epistemischer Kompetenz maßgeblich beteiligt.

Die Dissertation war ursprünglich als Ganzschrift geplant. Da im Rahmen der Arbeit aber mehrere Publikationen entstanden sind, wird die Dissertation auf Anraten des Betreuers nun kumulativ vorgelegt. Die Arbeit ist in zwei Teile gegliedert. Teil eins besteht in einer systematischen Einordnung des Projektes als Beitrag zu einer (hypothetischen) Philosophie der Biologiedidaktik sowie einer kurzen Zusammenfassung der Publikationen zu epistemischer Kompetenz, die um einige bislang unveröffentlichte Aspekte ergänzt wird. Abschließend werden Desiderata für zukünftige Arbeiten umrissen. In Teil zwei sind dann die Einzelpublikationen aufgeführt.

Da Wissenschaftsreflexion im deutschen Biologieunterricht gegenwärtig eine untergeordnete Rolle spielt, bezieht sich ein wesentlicher Teil dieser Arbeit auf den angelsächsischen Diskurs und leistet zu diesem einen Beitrag. Teile der Arbeit sind daher auf Englisch abgefasst.

**Teil 1: EINORDNUNG, ÜBERSICHT,
ZUSAMMENFASSUNG, DESIDERATE**

1 Einordnung: Philosophie und Biologiedidaktik

Die vorliegende Arbeit stellt einen Beitrag zu einer, unter dieser Bezeichnung bislang nicht existierenden, *Philosophie der Biologiedidaktik (PdBD)*¹ dar. PdBD wird zwar faktisch vereinzelt bereits betrieben, wie sich bereits beim Blick in die einschlägigen Lehrwerke der Biologiedidaktik (BD) feststellen lässt. Sie stellt allerdings einen Randbereich dar. Insbesondere fehlt es an Systematizität, institutioneller Verankerung und an Möglichkeiten des fachlichen Austausches.

PdBD wird in diesem Abschnitt zunächst wissenschaftssystematisch eingeordnet. Dann wird begründet, welche Bedeutung Philosophie der BD in Hinblick auf drei Perspektiven, Wissenschaftstheorie der BD, Philosophie der Bildung und Philosophie der Biologie, hat. Es wird argumentiert, dass sie erstens unverzichtbar für die Ausbildung von Biologielehrerinnen und Biologielehrern, und zweitens für die Entwicklung der Fachdisziplin BD ist. PdBD wird dabei grundsätzlich als Teil der Philosophie verstanden. Ihre Methode ist das Nachdenken über und In-Frage-Stellen von Aspekten, die mit BD und Biologieunterricht (BU) zusammenhängen, sie betreibt die systematische, kritisch-rationale Reflexion des Lehrens und Lernens im Fach Biologie:

- PdBD wird erstens als *Wissenschaftsphilosophie der BD* aufgefasst. In dieser Hinsicht analysiert, klärt und kritisiert sie beispielsweise Entwicklungen, Methoden, Begriffe und Erkenntnisansprüche der BD.
- Zweitens prüft PdBD Probleme und Entwicklungen der Philosophie der Bildung in Hinblick auf ihre Bedeutung für BU. Sie bearbeitet als *Philosophie der biologischen Bildung* normative Probleme und versucht insbesondere Antworten auf die Frage zu finden, worin biologische Bildung bestehen, und wie BU gerechtfertigt werden könnte.

¹ Diese Bezeichnung orientiert sich an einem Vorschlag des kanadischen Naturwissenschaftsdidaktikers Roland M. Schulz (2013) zu einer Philosophie der Naturwissenschaftsdidaktik (*Philosophy of Science Education*), auf den in Abschnitt 1.3 genauer eingegangen wird. PdBD wird hier als Cluster-Begriff verwendet: Die Familienähnlichkeit besteht in der Verbindung von (verschiedenen Bereichen der) Philosophie mit dem Lehren und Lernen im Kontext Biologie.

- Drittens hat PdBD eine Vermittleraufgabe zwischen BD, Fachbiologie und Philosophie der Biologie (bzw. Philosophie der Naturwissenschaften), indem sie die Entwicklungen und Erkenntnisse der *Philosophie der Biologie in Hinblick auf ihre Bedeutung für den BU* prüft.

1.1 Was ist Philosophie der Biologiedidaktik?

Wissenschaft², als bedeutendes gesellschaftliches Subsystem, ist selbst Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen durch Disziplinen wie Wissenschaftsphilosophie, -soziologie und -geschichte. Die Differenzierung der Wissenschaft in Einzelwissenschaften hat auf der reflexiven Ebene eine Entsprechung gefunden, insofern sich in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend Wissenschaftsphilosophien der Einzelwissenschaften etabliert haben. Obwohl von Biologiedidaktikern faktisch immer schon betrieben, hat sich eine eigenständige Wissenschaftsphilosophie der BD bislang weder systematisch, begrifflich noch institutionell etablieren können.

Philosophie, Geschichte und Soziologie *der* Wissenschaft untersuchen ihren gemeinsamen Gegenstandsbereich mit unterschiedlichen Methoden und aus unterschiedlichen Erkenntnisinteressen heraus. Sie können mit dem Oberbegriff *wissenschaftsreflexive Disziplinen* bezeichnet werden (teilw. synonym Wissenschaftsforschung). Ein grundlegender Unterschied zwischen den Teildisziplinen besteht darin, dass Wissenschaftssoziologie und -geschichte deskriptiv arbeiten, während ein wesentliches Element der Wissenschaftsphilosophie die Behandlung normativer Fragen ist, etwa bei der Rechtfertigung methodologischer Grundsätze. Bei der Beantwortung dieser Fragen greift die Wissenschaftsphilosophie wiederum auf die Erkenntnisse der Wissenschaftsgeschichte und -soziologie zurück (Moser 2008).

Die Bezeichnung Wissenschaftsphilosophie hat seit einiger Zeit den Begriff Wissenschaftstheorie teilweise verdrängt. Dabei werden die Termini teilweise synonym verwendet (Kuhlmann 2017, S. 19), meist wird Wissenschaftsphilosophie aber als Oberbegriff für die Bereiche Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsethik benutzt (Mohr 2005, S. 6-14). Letztere befasst

² Im Gegensatz zu der im angelsächsischen Raum üblichen Unterscheidung von science – Naturwissenschaft und humanities – Geisteswissenschaft wird Wissenschaft hier breit aufgefasst. Wissenschaftsphilosophie (engl. philosophy of science) bezieht sich hier also auf Wissenschaft insgesamt.

sich mit ethischen Fragen, soweit diese für die Wissenschaften relevant sind oder durch die Wissenschaften verursacht werden, beispielsweise die Verantwortlichkeit von Wissenschaftlern für die außerwissenschaftliche Nutzung ihrer Forschungsergebnisse, und unterbreitet Vorschläge hierzu. Wissenschaftstheorie befasst sich mit den im Kontext Wissenschaft auftretenden Seins- (dieser Bereich wird teilweise auch eigenständig als Metaphysik der Wissenschaft bzw. in Hinblick auf die Naturwissenschaften als Naturphilosophie aufgefasst) und Erkenntnisfragen (Moser 2008). In diesem Sinn kann Wissenschaftstheorie dann als Erkenntnistheorie der Wissenschaften aufgefasst werden (Schurz 2014, S. 11-12).

Unterschieden werden kann zudem zwischen allgemeiner und spezieller Wissenschaftsphilosophie. Allgemeine Wissenschaftsphilosophie behandelt grundlegende Probleme wissenschaftlicher Erkenntnis, z.B. Was charakterisiert wissenschaftliche Erklärungen? Was sind Naturgesetze? Welche Rolle spielt Idealisierung in den Wissenschaften? (Kuhlmann 2017, S.17). Hiervon unterscheidet sich spezielle Wissenschaftsphilosophie dadurch, dass dort insbesondere Fragen behandelt werden, die spezifisch für die konkreten Einzelwissenschaften sind und in der allgemeinen Wissenschaftstheorie nicht vorkommen. Damit sind Philosophien der Einzelwissenschaften nicht bloß Anwendungen bzw. Konkretisierungen der allgemeinen Wissenschaftsphilosophie. Vielmehr ist das Verhältnis wechselseitig, insofern auch die allgemeine Wissenschaftsphilosophie von den in der Reflexion der Einzelwissenschaften gewonnenen Erkenntnissen profitiert (Kuhlmann 2017, S. 20).

Von ihren Bezugsdisziplinen unterscheiden sich Philosophien der Einzelwissenschaften darin, dass die von ihnen bearbeiteten Fragen erstens sehr grundsätzlicher Natur und zweitens nicht oder zumindest nicht unmittelbar empirisch entscheidbar sind. Dabei werden zwei grundlegende Deutungen ihrer Aufgaben diskutiert: Einerseits können sie als *Meta-Disziplinen* betrachtet werden, die primär die Reflexion von Begriffen, Grundlagen, Methoden und Ergebnissen der Einzelwissenschaften betreiben, andererseits als *Fortsetzungen* ihrer jeweiligen Bezugsdisziplinen in deren empirisch (noch oder prinzipiell) unzugänglichen Grenzbereichen (Kuhlmann 2017, S. 30-38).

In den folgenden Abschnitten werden mögliche Aufgaben und Fragestellungen einer PdBD umrissen, und es wird begründet, worin der Nutzen einer solchen Disziplin läge. Es werden drei Bereiche vorgestellt, in denen BD und

Philosophie miteinander in Berührung treten: Erstens die Beziehung zwischen Wissenschaftstheorie und BD, zweitens zwischen Philosophie der Bildung und BD und drittens zwischen Philosophie der Biologie und BD. Im ersten Abschnitt wird BD wissenschaftstheoretisch reflektiert und in diesem Zusammenhang die theoretisch-normative Ausrichtung der vorliegenden Arbeit gerechtfertigt.

1.2 PdBD als externer Kritiker und Mediator

Empirisch arbeitende Wissenschaftler bezweifeln bisweilen, dass philosophische Reflexion einen Wert für ihre Forschungspraxis hat. Bekannt geworden ist der dem Physik-Nobelpreisträger Richard Feynman zugeschriebene Vergleich, wonach Wissenschaftsphilosophie für Wissenschaftler ähnlich nützlich sei wie Ornithologie für Vögel. Wissenschaftsphilosophie leidet, wie es der Biologe und Wissenschaftsphilosoph Massimo Pigliucci ausdrückt, bei Wissenschaftlern unter einem ausgesprochenen „PR-Problem“ (Pigliucci 2016, S. 27).

Der von Feynman angestellte Vergleich beruht allerdings, so der Wissenschaftsphilosoph Martin Carrier (2007, S. 16), auf einem Missverständnis, insofern Ornithologie ihre Berechtigung nicht daraus bezieht, dass sie Vögeln nutzt, sondern Menschen, die mit Vögeln umgehen. Wissenschaftsphilosophie ist, so Carrier weiter, in erster Linie nicht für Wissenschaftler hilfreich, sondern vor allem für die Gesellschaft, für die Menschen und Bürger, die mit der Wissenschaft zu tun haben und sich von ihr Antworten erhoffen. Dies gälte umso mehr, als in der Wissensgesellschaft der Gegenwart wissenschaftliches Wissen als primäre Quelle gesellschaftlicher Dynamik gelten könne. Entsprechend leiste Wissenschaftsphilosophie einen Beitrag zur Aufklärung über einen der Grundpfeiler der Kultur und Zivilisation unserer Zeit und damit zur Demokratie.

PdBD als Wissenschaftstheorie der BD könnte als externer Mediator und Kritiker in dieser Hinsicht einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie die Voraussetzungen, Methoden und Erkenntnisansprüche nicht nur der Biologie (siehe Abschnitt 1.4) sondern auch der BD einer kritischen Prüfung unterzieht. Letzteres scheint insbesondere deshalb geboten, weil Befunde empirischer Vergleichsstudien wie PISA und TIMSS in hohem Maße Einfluss auf

politische Entscheidungen, beispielsweise auf Bildungsstandards und Lehrpläne und damit die Unterrichtswirklichkeit von Schülern und Lehrern sowie die Verwendung wesentlicher gesellschaftlicher Ressourcen, haben.

In den beiden folgenden Abschnitten werden zwei wissenschaftsphilosophisch interessante Problembereiche bezüglich des Wissenschaftsstatus von BD umrissen: Zunächst werden einige Schwierigkeiten angedeutet, die sich aus ihrem Selbstbild als eigenständige Erfahrungswissenschaft ergeben könnten. Diese werden dann in Bezug auf den unausweichlich normativen Charakter der BD konkretisiert.

1.2.1 Der Wissenschaftsstatus der Biologiedidaktik

Unzweifelhaft haben die Bildungswissenschaften in den vergangenen 25 Jahren eine *empirische Wende* durchlaufen (Terhart 2006). Der Erziehungswissenschaftler Peter Kauder (2014) kommt beispielsweise mit Blick auf die methodologische Ausrichtung erziehungswissenschaftlicher Dissertationen zu dem Schluss:

„[D]ie Disziplin Erziehungswissenschaft [scheint sich] im Laufe von sieben Jahrzehnten angesichts starker praxisbezogener und empirischer Methodenverwendungen sozialwissenschaftlich konsolidiert zu haben, während [...] in den 1950er-Jahren der historische und der theoretische Methodenzugriff das Übergewicht im Methodenspektrum gehabt haben dürften“. (Kauder 2014, S. 193)

In der BD hat eine ähnliche Schwerpunktverlagerung auf empirische Methoden und eine Hinwendung zu Bezugsdisziplinen wie Psychologie und Kognitionswissenschaft stattgefunden (Gropengießer 2013, S. 41; Spörhase-Eichmann 2012, S. 18). Auch wenn unklar ist, ob sich dies in ähnlicher Weise wie in der Erziehungswissenschaft an biologiedidaktischen Dissertationen ablesen lässt, gibt es zumindest Hinweise auf einen solchen Trend: In der zugänglichen Datenbank mit den Titeln von 194 biologiedidaktischen Dissertationen der vergangenen 25 Jahre (Graf ohne Jahr) sind Arbeiten erst ab 1989 erfasst, also dem Zeitraum, ab dem Kauder (2014) die Verschiebung diagnostiziert. Teilt man die zur Verfügung stehenden Jahrgänge in drei Zeiträume, ergibt eine grobe Auswertung³ allerdings, dass von 1989-1997 empirische Studien und Theoriebeiträge in

³ Zahlreiche Arbeiten lassen sich anhand des Titels nicht eindeutig zuordnen. Es wird bestenfalls eine Tendenz aufgezeigt.

etwa gleich häufig sind (jeweils ungefähr 40%). Ein thematischer Schwerpunkt ist nicht erkennbar. Im Zeitraum 1998-2005 sind empirische Arbeiten ungefähr dreimal häufiger als Theoriebeiträge (etwa 20% zu 60%). Vergleichsweise häufig sind in diesem Zeitabschnitt Arbeiten im Bereich Schülervorstellungsforschung und / oder zur didaktischen Rekonstruktion. Im Zeitraum 2006-2014 ist der Anteil empirischer Arbeiten etwa gleichgeblieben, derjenige theoretischer Arbeiten aber weiter gesunken (auf etwa 15%). Stattdessen gibt es in diesem Zeitraum mehr unmittelbar praxisbezogene Arbeiten. In diesem Zeitraum fällt auf, dass Arbeiten zu Kompetenzstruktur-Modellen, neben Arbeiten im Bereich der didaktischen Rekonstruktion und Schülervorstellungsforschung, einen Schwerpunkt biologiedidaktischer Forschung darstellen.

Die verstärkte Hinwendung zu empirischen Methoden wird, als Prozess als *Verwissenschaftlichung*, in Lehrbüchern der BD allgemein positiv bewertet. Beispielsweise kritisieren Karl-Heinz Berck und Dittmar Graf (2018, S. 18), dass die Frühphase der BD durch eine informierte Willkür begründeter persönlicher Erfahrungen geprägt gewesen sei und stellen fest, empirische Forschung habe demgegenüber „erfreulicherweise zu gesicherten Erkenntnissen geführt“. Diese Erkenntnisse hätten, so die Autoren weiter, begründete Entscheidungen bei der Planung, Strukturierung und Durchführung biologischer Unterweisung erst ermöglicht.

Die Verwissenschaftlichung der Pädagogik insgesamt, und mit ihr der BD, hat sicher zu einem enormen Zuwachs an Erkenntnissen geführt. Sie hat jedoch, zumindest im Bereich der Pädagogik, auch Widerspruch provoziert. In der Naturwissenschaftsdidaktik hat die Hinwendung zu empirischen Methoden vergleichsweise wenig Kritik hervorgerufen, die im Folgenden skizzierten Einwände stammen vor allem von Bildungstheoretikern und Pädagogen. Sie lassen sich jedoch auf den Kontext Fachdidaktik übertragen:

Beispielsweise relativiert der Erziehungswissenschaftler Ewald Terhart (2011, S. 291-292) die Ergebnisse der Hattie-Studie und argumentiert, dass im Rahmen von Schul- und Unterrichtsforschung häufig Messbarkeit mit Wichtigkeit verwechselt würde, und dass die Fokussierung auf Lernleistung als dem entscheidenden Parameter problematisch sei:

„[...] Die Konzentration auf diejenigen Faktoren, die sich in quantitativ-empirischer Forschung als wirksam für die messbare Steigerung der Lernleistung der Schüler erweisen, führt zum Ausschluss derjenigen Faktoren, die andere Effekte

von Schule und Unterricht bewirken. Insofern erlaubt Hatties Zusammenstellung von Ergebnissen nur das zu sehen, was eben zu sehen ermöglicht wird." (Terhart 2011, S. 287)

Der Pädagoge Wolfgang Brezinka (2015) kritisiert unter anderem, dass Kausalwissen über die Beziehungen in Lehr-Lern-Situationen praktisch nicht möglich und daher Zweifel angebracht wären, ob Pädagogik als empirische Wissenschaft überhaupt möglich sei. Verwissenschaftlichung, so Brezinka, sei mit Akademisierung verwechselt worden, die „naive Nachahmung der Naturwissenschaften und die maßlos übertriebene Mathematisierung, die Quantifizierung des Faches mit ihren spärlichen Ergebnissen“ (S. 288-289) und gleichzeitig zu einer Abwertung und Eliminierung weltanschaulicher Aspekte geführt. In der Konsequenz fordert Brezinka eine Unterscheidung und Trennung von empirischer Erziehungswissenschaft (Lehr-Lernforschung), Philosophie der Erziehung (Klärung und Bewertung) und praktischer Pädagogik (Lehrerausbildung). Insbesondere im Bereich der Lehrerausbildung seien eine Abkehr vom Berufsbild des empirischen Forschers, und eine Rückbesinnung auf die Bedeutung weltanschaulicher und moralischer Grundlagen der Erziehungspraxis dringend erforderlich (S. 293). Eine Forderung, die der aktuellen Entwicklung, etwa Ansätzen eines „forschenden Lernens“ im Rahmen des Praxissemesters (Schüssler 2017, S. 139-214), welches in der Regel als Durchführung empirischer Miniatur-Forschungsprojekte verstanden wird, diametral zuwiderläuft.

In einigen Ländern hat sich die Politik die Auffassung zu Eigen gemacht, dass empirische Evidenz das maßgebliche Kriterium für Entscheidungen im Bildungswesen sein sollte. Dies gilt beispielsweise für die USA seit der Bush-Administration (Terhart 2006, S. 15 FN 5). Der Bildungstheoretiker Gert Biesta (2007) kritisiert die politische Forderung nach *evidence-based education (EBE)* in Großbritannien. Die Konzentration auf die Frage Was funktioniert? sei in einigen Kontexten (etwa evidenzbasierter Medizin) mit Einschränkungen angemessen, verfehle aber völlig den Kern von Bildungsprozessen, weil Fragen der Effizienz Fragen nach der Wünschbarkeit von Lernprozessen nicht ersetzen könnten. EBE verenge den Horizont von Entscheidungen auf Fragen der Effektivität (siehe auch Barrow & Woods 2001, S. 41-53). Hierdurch, so Biestas Hauptkritikpunkt, würden die Möglichkeit andersgearteter Einflussnahme und damit die demokratische Legitimierung von Bildung

insgesamt reduziert. Bildung, so Biesta, sei ein durch und durch moralisches und politisches Feld, welches *kontinuierlicher* demokratischer Auseinandersetzung und Überlegung bedürfe. EBE sei demgegenüber auf *konstante* Bedingungen angewiesen und verhindere diesen Prozess geradezu. Zudem übersähe sie die kulturelle Bedingtheit von Bildungsforschung: Verschiedene theoretische Brillen veränderten nicht nur Problemlösungen, sondern auch die Problemwahrnehmung. Dass in der Didaktik derzeit ausschließlich technische Fragen bearbeitet würden, sei ein besorgniserregendes Zeichen, nicht nur für den Zustand der Didaktik, sondern der Demokratie selbst (S. 20).

Hinter Programmen einer EBE steht eine Position, die man, neutral formuliert, *wissenschaftsoptimistisch* nennen könnte (siehe Publikation 2, S. 126 ff.). Wolfgang Brezinka (2015, S. 293) spricht sogar von szientistischen Übertreibungen. Szientismus existiert in verschiedene Formen, wobei grundlegend zwischen Alltagsszientismus und akademischem bzw. wissenschaftsinternem Szientismus unterschieden werden kann (Stenmark 1997). Letzterer ist erstens durch die Auffassung charakterisiert, dass nicht-naturwissenschaftliche bzw. nicht-empirische Disziplinen (in Teilen) auf naturwissenschaftliche bzw. empirische Disziplinen reduziert werden könnten und sollten. Zweitens wären diejenigen Bereiche, die nicht reduziert werden können, letztlich unwissenschaftlich und, in Hinblick auf Erkenntnis, irrelevant (S. 16).

Innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktik wird Alltagsszientismus bei Schülerinnen und Schülern kritisch gesehen und in der Regel als Problem bzw. Ausdruck unzureichenden Wissenschaftsverständnisses aufgefasst (beispielsweise Hammann 2016; Zeyer 2005; Hansson 2015; Abd-El-Khalik 2001; Aikenhead 1996). Kritisches Wissenschaftsverständnis sollte aber nicht nur bei Schülerinnen und Schülern in Hinsicht auf die Naturwissenschaften, sondern explizit auch bei Lehrerinnen und Lehrern (und angehenden Didaktikerinnen und Didaktikern) in Hinblick auf Didaktik und Bildungswissenschaften gefördert werden. Dies gilt umso mehr, als die Gegenstandsbereiche der klassischen Naturwissenschaften empirisch weitaus zugänglicher scheinen als die der empirischen Sozialwissenschaften. Um nicht missverstanden zu werden: Darin liegt kein Mangel dieser Disziplinen und es entwertet ihre Erkenntnisse auch nicht. Es scheint aber außer Frage zu stehen, dass menschliches Miteinander eine hohe Komplexität aufweist.

Diese führt dazu, dass epistemische Normen, die in den Naturwissenschaften oder der medizinischen Forschung selbstverständlich sind, empirische Sozialwissenschaften vor große Herausforderungen stellen. Beispielsweise haben Replikationsstudien in den empirischen Wissenschaften allgemein einen hohen Stellenwert (Erdfelder 2018). Sie werden in der fachdidaktischen Forschung jedoch praktisch nicht durchgeführt. Übersichtsartikel, die den Forschungsstand in einem konkreten Bereich zusammenfassen, kommen regelmäßig zu dem Schluss, dass die empirischen Befunde uneinheitlich sind. Diese Problematik ist auch aus der (im Vergleich zur Bildungsforschung bereits stärker naturwissenschaftlich geprägten) Psychologie bekannt. Hier ist seit einiger Zeit sogar von einer Reproduktionskrise der Disziplin die Rede (Hell 2018).

In diesem Zusammenhang stellen sich grundlegende wissenschaftsphilosophische Fragen hinsichtlich der Reichweite von BD. So ist beispielsweise die Annahme einer gewissen Gleichförmigkeit und Regelmäßigkeit des Untersuchungsgegenstandes Grundvoraussetzung für die Erkenntnisgewinnung mit naturwissenschaftlichen Methoden. Es ist aber fraglich, ob diese Bedingung auf den Untersuchungsgegenstand der empirischen Bildungsforschung überhaupt zutrifft. Beispielsweise könnten sich Vorstellungen, Interessen und Einstellungen von Schülerinnen und Schülern, in Abhängigkeit von den gesellschaftlichen Umständen, auch permanent ändern. Konkret stellt sich die Frage, ob *Gesetzmäßigkeiten* in Lehr-Lernprozessen von denen Killermann et al. (2005, S. 12) oder Spörhase-Eichmann et al. (2012, S. 12) sprechen überhaupt existieren, bzw. in welchem Sinne. Weitere Fragen sind unter anderem: Welchen Status haben biologiedidaktische *Modelle*? Sind biologiedidaktische *Erklärungen kausal*? Bringt BD *Theorien* in der üblichen (erfahrungswissenschaftlichen) Bedeutung des Terminus hervor, wie beispielsweise Berck und Graf (2018, S. 21) meinen?

Solche Fragen haben durchaus Relevanz: Von der Antwort auf die Frage nach der Kausalität von Erklärungen hängt beispielsweise ab, ob sich evidenz-basierte Unterrichtspraxis analog zu evidenzbasierter Medizin rechtfertigen lässt (Biesta 2007, S. 7). Hierbei ist zu bedenken, dass Schlüsse auf Kausalzusammenhänge grundsätzlich nur auf Basis quasi-experimenteller Forschungsdesigns in Form randomisierter Blindstudien möglich wären, die in der medizinischen Forschung als Goldstandard gelten (Raspe 2018,

S. 185). In der Bildungsforschung dominieren aber Erhebungen und Vergleichsstudien, mit denen sich *prinzipiell* nur Korrelationen feststellen lassen. Ein entsprechendes Problembewusstsein ist in Publikationen kaum erkennbar und wenn doch, verschwinden die Limitierungen spätestens, wenn in anderen Beiträgen auf die Originalstudien Bezug genommen wird (siehe auch Abschnitt 1.2.2).

Um nicht falsch verstanden zu werden: Ein mit der Medizin vergleichbarer Aufwand ist im Rahmen von Bildungsforschung selbstverständlich nicht realisierbar. Diese Einschränkungen sollten aus wissenschaftsphilosophischer Sicht auch nicht zur Verzweiflung, wohl aber zu einer gewissen epistemischen Demut führen. Der Verwissenschaftlichungsprozess der Biologiedidaktik sollte daher auch, gerade im Rahmen der *Ausbildung* von Biologielehrerinnen und Biologielehrern, kritisch hinterfragt werden.

BD kann als Handlungswissenschaft⁴ charakterisiert werden, insofern sie ihre Erkenntnisse als Empfehlungen für Lehrerinnen und Lehrer, Mitglieder in Curriculum-Kommissionen, etc. formuliert. Diese Verbindung zwischen deskriptiven und normativen Anteilen der BD ist wissenschaftsphilosophisch interessant und wird im folgenden Abschnitt kurz diskutiert.

1.2.2 Das Werturteilsproblem in der Biologiedidaktik

Wird ein bestimmtes unterrichtliches Ziel verwirklicht? In welchem Umfang geschieht das? Wie ist die Verwirklichung vergleichsweise am besten zu bewerkstelligen? Welche Voraussetzungen sind bei Lernenden vorhanden? Welche grundlegenden Mechanismen des Lernens sollten berücksichtigt werden? Derartige Fragen können mit dem empirischen Instrumentarium, wie es in Methodenhandbüchern der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (beispielsweise Krüger 2014) beschrieben wird, bearbeitet und mit gewissen Einschränkungen auch beantwortet werden. Zu diesem Instrumentarium gehören beispielsweise Leistungstests, Designstudien, verschiedene qualitative und quantitative Ansätze der Schülervorstellungsforschung, Vergleichsstudien und Laborstudien zur Untersuchung von Lernprozessen.

⁴ Mit der Bezeichnung Handlungswissenschaft soll zum Ausdruck gebracht werden, dass BD nicht als Selbstzweck (Grundlagenforschung) betrieben wird, sondern um Personen im Bereich biologischer Bildung „wissenschaftlich möglichst gut begründetes Handeln zu ermöglichen“ (Berck & Graf 2018, S. 18).

Die Beantwortung dieser Fragen setzt jedoch Entscheidungen darüber voraus, worin die unterrichtlichen Ziele eigentlich bestehen, und diese Entscheidungen über grundlegende Bildungsziele sind rechtfertigungspflichtig. Unter den Autoren von Lehrbüchern der Biologiedidaktik herrscht Einigkeit darüber, dass BD diesbezüglich einen Doppelcharakter aufweist: Sie arbeitet einerseits *empirisch-analytisch*, indem sie die fachbezogenen Lehr-Lernprozesse und die in ihnen wirkenden Regelmäßigkeiten mit empirischen Verfahren untersucht, andererseits *hermeneutisch-interpretativ*, indem sie sich mit Zielen und Inhalten des Biologieunterrichts auseinandersetzt und diese begründet (Killermann et al. 2005, S. 12; ähnlich beispielsweise auch bei Berck & Graf 2018, S. 23-24). Aus wissenschaftsphilosophischer Perspektive ist dieser handlungswissenschaftliche Doppelcharakter der BD erläuterungsbedürftig:

In der Wissenschaftstheorie wird zwar bisweilen (wieder) diskutiert, ob sich Wert- und Normsätze wissenschaftlich *begründen* lassen, die meisten Autoren beantworten die Frage jedoch negativ. Dennoch, so der Wissenschaftstheoretiker Gerhard Schurz (2014, S. 36), können Wert- und Normsachverhalte in den Wissenschaften in zwei Hinsichten auftreten: Erstens als *Gegenstand der Forschung*, etwa wenn faktische Werteinstellungen von Personen erhoben werden, oder wenn die logischen Beziehungen zwischen Wert- und Normsätzen Gegenstand der Forschung sind, und zweitens im Sinne sogenannter *Zweck-Mittel-Schlüsse*. Für die Rechtfertigung von (grundlegenden) Normsätzen sind empirische Methoden hingegen nicht ausreichend, hierbei handelt es sich letztlich um ethische Fragen.

In der ersten Hinsicht ist es beispielsweise möglich, Einschätzungen von Experten zu den Zielen oder Inhalten des Biologieunterrichts mit empirischen Verfahren, beispielsweise einer Delphi-Studie, zu erheben. Man erhält auf diesem Weg aber bestenfalls ein akkurates Meinungsbild. Um hieraus auf Normen im Sinne von Zielen und Inhalten des Schulfaches schließen zu können, ist jedoch mindestens eine weitere Prämisse erforderlich, in etwa der Form *Wir sollten* in Fragen der Curriculum-Entwicklung immer diejenigen Vorschläge verwirklichen, auf die sich eine bestimmte Personengruppe mittels eines bestimmten Verfahrens (beispielsweise Delphi-Verfahren, Mehrheitsabstimmung, etc.) geeinigt hat. Ob man dieser Prämisse vorbehaltlos

folgen möchte ist allerdings fraglich. Ob ihr in der Wirklichkeit tatsächlich gefolgt wird ebenfalls.

Selbst wenn man zustimmen würde, dass über Ziele und Inhalte von Unterricht in dieser Weise entschieden werden sollte, ergeben sich in der Praxis einige Probleme. Hierzu ein Beispiel: In der Naturwissenschaftsdidaktik herrscht in Bezug auf das Thema Wissenschaftsverständnis bzw. NOS seit einiger Zeit Einigkeit darüber, welche wissenschaftsphilosophischen Aspekte im naturwissenschaftlichen Unterricht vermittelt werden sollten, zumindest wird dies von den Proponenten des sogenannten NOS-Consensus-View behauptet (Neumann 2013, S. 213).

Dieser Anspruch wird in praktisch allen Publikationen mit dem Verweis auf zwei empirische Studien (McComas & Olson 1998; Osborne et al. 2003) untermauert. Während es sich bei der ersten Studie lediglich um eine Bestandsaufnahme des curricularen *status quo* einiger angelsächsischer Länder handelt, aus dem sich prinzipiell keine Forderungen für eine zukünftige curriculare Gestaltung ableiten lassen, wurden in der zweiten Studie Experten im Rahmen einer Delphi-Studie gefragt, welche Vorstellung von Wissenschaft in der Schule vermittelt werden sollte. Es ist bemerkenswert, dass diese Studie seit fünfzehn Jahren als Begründung für den Konsensus-view angeführt wird, ohne dass ihre, von den Autoren durchaus berichteten Limitierungen, jemals erwähnt würden.

Ein grundlegendes Problem bestand beispielsweise darin, dass durch das Format Delphi-Studie (durch welches Einigkeit zwangsläufig hergestellt wird) ein wesentlicher Aspekt von Wissenschaftsphilosophie, nämlich Kontroversität, von vorne herein eliminiert worden ist (siehe Publikation 2, S. 102 f.). Durch die Methode war ein zentrales Ergebnis also bereits vorgegeben. Darüber, dass Kontroversität bei den Experten durchaus vorhanden war berichten Osborne et al. durchaus, in den zahlreichen Sekundärquellen wird sie aber nicht mehr erwähnt. Weitere Probleme betreffen die Durchführung selbst: So waren an der Studie nur 23 Experten beteiligt. Ulrike Burkard und Horst Schecker (2014) nennen aber eine *Mindestzahl* von 50 bis 100 Teilnehmern für Delphi-Studien. Ebenso ist, gerade vor dem Hintergrund der geringen Expertenzahl, unklar, ob eine angemessene *Auswahl* der Experten gegeben war. Letzteres ist wichtig, weil „eine Delphi-Studie nur dann erfolgreich [ist], wenn die Befragten breite Erfahrungen im

Themengebiet der Untersuchung aufweisen und wenn die Gruppe so zusammengesetzt ist, dass ein möglichst großes Spektrum von Perspektiven und Meinungen vertreten ist“ (S. 160). Der Auswahlprozess wird in dem Artikel nicht deutlich gemacht, Osborne et al. geben aber an, dass lediglich fünf Experten aus dem Bereich Wissenschaftsphilosophie, -geschichte und -soziologie beteiligt gewesen sind. Es ist offensichtlich, dass fünf Personen unmöglich alle relevanten wissenschaftsreflexiven Positionen repräsentiert haben können.

Es ist wichtig zu betonen, dass hier nicht die Studie von Osborne et al. kritisiert werden soll, sondern die Art und Weise, wie auf Basis dieser Studie Normierungen im curricularen Bereich Wissenschaftsverständnis stattgefunden haben. Hierbei wurden erstens grundlegende Probleme der Verbindung deskriptiver mit normativen Aussagen und zweitens offensichtliche Limitierungen der konkreten Studie in der naturwissenschaftsdidaktischen Gemeinschaft weitgehend (eine Ausnahme ist beispielsweise Hagop Yacoubian 2012, S. 56-57) übersehen oder ausgeblendet.

In der zweiten Hinsicht können normative Aussagen im Sinne von Zweck-Mittel-Schlüssen⁵ auftreten, worunter die Deduktion *spezieller* Wertsätze aus vorausgesetzten fundamentaleren Wertsätzen und weiteren (z.B. empirischen) Prämissen verstanden wird. Die Formulierung derartiger normativer Aussagen stellt, so Gerhard Schurz (2014, S. 41), ebenfalls eine genuin wissenschaftliche Tätigkeit dar und ist, wie Wolfgang Brezinka ausführt, insbesondere im Bereich der Bildungswissenschaft (und Fachdidaktik) von geradezu konstitutioneller Bedeutung:

"Erziehungstheorien sind prinzipiell Zweck-Mittel-Theorien. Deshalb spielen in ihnen als theoretische Ausgangspunkte Ideale, Normen, Sollensforderungen und

⁵ Ein allgemeines Schema könnte, in Anlehnung an Schurz (2014, S. 41) etwa so aussehen:

Aus den Bedingungen:

i) M ist unter den gegebenen Umständen U ein optimales (alternativ: unter den bekannten Möglichkeiten vergleichsweise gut geeignetes) Mittel für die Realisierung eines Zieles Z.

ii) Z soll realisiert werden.

Kann abgeleitet werden:

iii) Dann soll auch M realisiert werden.

ihre weltanschaulichen Grundlagen eine viel größere Rolle als in anderen Wissensgebieten - nicht nur als beschreibbare Tatsachen, sondern wertend wegen ihres Anspruches auf Gültigkeit und Zustimmung." (Brezinka 2015, S. 284)

In diesem Sinn spielen Wertsätze auch in der BD eine zentrale Rolle. Als empirische Disziplin gewinnt BD deskriptives Wissen, welches dann als Prämisse für BD als normative Disziplin zur Verfügung steht und gemeinsam mit den fundamentalen außerwissenschaftlichen Wertsätzen genutzt werden kann, um Handlungsempfehlungen beispielsweise an Lehrkräfte oder Lehrplanentwickler zu formulieren⁶.

Es bleibt jedoch die Frage nach der Herkunft und Legitimation der fundamentalen Wertsätze, ohne die BD nicht betrieben werden könnte. Woher stammen die Ziele, die mit Biologieunterricht grundlegend verfolgt werden sollen, und für die BD die zweckmäßigen Mittel erforscht und empfiehlt? Es scheint klar, dass eine Antwort auf diese Frage nicht aus der BD selbst kommen kann, und dass Gesellschaft, Politik, Universitäten, Wirtschaft, Eltern, und vor allem grundlegende *Theorien der Bildung* wichtigen Einfluss haben. Es scheint weiterhin klar, dass es sich um einen prinzipiell un abgeschlossenen Prozess handelt, der fortgesetzter bildungsphilosophischer Reflexion bedarf. Im folgenden Abschnitt wird das Verhältnis von BD und Philosophie der Bildung genauer beleuchtet.

1.3 PdBD als Theorie biologischer *Bildung*

PdBD wurde im vorangegangenen Abschnitt als Mittler zwischen Fachdidaktik und allgemeiner Wissenschaftsphilosophie interpretiert. Einen anderen Schwerpunkt setzt der kanadische Naturwissenschaftsdidaktiker Roland M. Schulz (2013). Aus seiner Sicht kann Philosophie der Naturwissenschaftsdidaktik als Synopse dreier Disziplinen, allgemeiner und spezieller Wissenschaftsphilosophie, allgemeiner Philosophie und *Philosophie der Bildung*⁷ aufgefasst werden.

⁶ Selbstverständlich sind empirische und normative BD nicht als eigenständigen Disziplinen im Sinne einer institutionellen Trennung zu verstehen. Die systematische Unterscheidung dient hier nur der Veranschaulichung. Es handelt sich eher um Perspektiven oder Facetten des Faches und tatsächlich sind beide Perspektiven in der Regel in der Person des konkreten Biologiedidaktikers sozusagen vereinigt, wenngleich die Interessen im Einzelfall mehr auf der einen oder anderen Perspektive liegen mögen.

⁷ Original *Philosophy of Education and Science Education*. Ersteres wird im Deutschen meist als *Bildungstheorie*, Science Education üblicherweise als *Naturwissenschaftliche Bildung* übersetzt.

Während Schulz ausführt, dass die Beziehung zwischen Wissenschaftsphilosophie der Naturwissenschaften und Naturwissenschaftsdidaktik im angelsächsischen Raum weitgehend etabliert und unproblematisch sei⁸, diagnostiziert er in Hinblick auf Bildungsphilosophie ein Defizit (2013, S. 1272-1286). Die weitgehende Elimination der bildungsphilosophisch-normativen Voraussetzungen naturwissenschaftlichen Unterrichts hat seiner Ansicht nach ein latentes Legitimationsdefizit der naturwissenschaftlichen Fächer zur Folge.

PdBD als *Philosophie der biologischen Bildung* hat in dieser Hinsicht die Funktion eines Mittlers zwischen Bildungstheorie und Biologiedidaktik. In dieser Funktion betreibt sie die *Rechtfertigung* des Biologieunterrichts, die *Problematisierung* der vorhandenen Theorien biologischer Bildung und der existierenden Curricula, sowie die Erarbeitung und *Begründung* von Vorschlägen. Es geht um die Frage, was die angemessene didaktische Transposition der biowissenschaftlichen (*und* biophilosophischen, siehe Abschnitt 1.4) Inhalte in eine für den Lerner angemessene und den allgemeinen Bildungszielen förderliche Form ist. Die fachlichen Inhalte stehen dabei nicht im Mittelpunkt, sie werden nicht vorausgesetzt, sondern müssen im Licht der Bildungsphilosophie und der Lerner-Voraussetzungen evaluiert werden.

In den folgenden Abschnitten wird zunächst begründet, warum naturwissenschaftliche Bildung kontinuierlicher Legitimation bedarf. Dann werden verschiedene Argumente für naturwissenschaftliche Bildung und abschließend konkurrierende Konzeptionen naturwissenschaftlicher Bildung umrissen.

1.3.1 Warum naturwissenschaftliche Bildung rechtfertigen?

Der Bildungsforscher Jürgen Baumert (2001, S. 7) argumentiert, dass die den Naturwissenschaften zugrunde liegende Rationalitätsform ein unverzichtbarer *Modus der Weltbegegnung* sei. Schulen moderner Gesellschaften

⁸ Dies ist in Deutschland keineswegs der Fall. Auf diese Problematik wird in Abschnitt 1.4 vertiefend eingegangen, sie ist auch Gegenstand des Hauptteils der Arbeit in Kapitel 2.

hätten, so Baumert, die Aufgabe, die reflexive Begegnung mit unterschiedlichen menschlichen Rationalitätsformen, also auch den Naturwissenschaften, zu organisieren.

Bildungsadministrationen der Bundesländer scheinen in der Praxis von der behaupteten Unverzichtbarkeit der Naturwissenschaften jedoch wenig überzeugt. Seit einiger Zeit lässt sich beobachten, dass selbst die wenigen Aspekte, die im Rahmen der Oberstufenreform der 70er Jahre verwirklicht worden sind, wieder rückgängig gemacht werden (Bosse 2013; Strobl 2008). Dazu gehörte auch die Grundidee, dass vertiefte Allgemeinbildung durch die Belegung von Kursen in den drei Aufgabenfeldern, die eine gewisse Ähnlichkeit mit den von Baumert vorgeschlagenen Modi der Weltbegegnung aufweisen, zu erreichen sei. Daher, so die Überlegung, könne den diesen Feldern zugeordneten Fächern in Hinblick auf ihren Bildungsgehalt Äquivalenz zugestanden werden. Diese Äquivalenz wird durch die in vielen Bundesländern wiedereingeführte Trennung in Kern- und Nebenfächer in Frage gestellt, was dazu geführt hat, dass die Bedeutung der naturwissenschaftlichen Fächer deutlich reduziert worden ist (Huber 2013). Das ist so, weil die Vorgabe, dass zwei der drei Kernfächer (Deutsch, Mathematik, erste Fremdsprache) und mindestens ein Fach aus jedem Aufgabenfeld Prüfungsfächer sein müssen (KMK 2018), dazu geführt hat, dass die Prüfungsverpflichtung im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld nun häufiger durch das Fach Mathematik abgedeckt wird (Heise 2014, S. 42). Dies lässt sich in NRW möglicherweise daran erkennen, dass in den letzten Jahren mehr Schüler einen Leistungskurs Mathematik als einen in den naturwissenschaftlichen Fächern gewählt haben (MSW NRW 2018). Dass bei Änderungen im Bildungssystem wenig Rücksicht auf die Belange der Naturwissenschaften genommen wird, lässt sich auch daran erkennen, dass die mit der Umstellung auf G8 verbundene Notwendigkeit einer Reduktion von Unterricht in einigen Bundesländern einseitig zu Lasten der naturwissenschaftlichen Fächer geplant worden ist (DPG 2008).

Es wäre zentrale Aufgabe einer PdBD diese Entwicklungen zu kritisieren. Dazu müsste aber deutlich gemacht werden können, worin der spezifische Bildungswert der Naturwissenschaften, speziell der Biologie, im Bereich der Oberstufe liegen könnte und warum das Fach daher für *alle* Schüler unverzichtbar ist.

1.3.2 Argumente für naturwissenschaftliche Bildung

Grundsätzlich lassen sich zwei Strategien zur Rechtfertigung von Schulfächern bzw. Unterrichtsinhalten unterscheiden: Erstens die Behauptung eines *Eigenwertes* der jeweiligen Unterrichtsinhalte, und zweitens ihrer *Nützlichkeit* für andere, allgemein akzeptierte oder notwendige Ziele. Der britische Naturwissenschaftsdidaktiker Robin Millar (2002, S. 114-115) spricht von einer *intrinsischen* und einer *instrumentellen* Rechtfertigung des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Unter dem Aspekt der Nützlichkeit wird bisweilen zwischen materialer und formaler Bildung unterschieden: Nützlich können dann die Inhalte entweder selbst sein, insofern für sie eine unmittelbare Verwendungsmöglichkeit bzw. -Notwendigkeit besteht. Die Beschäftigung mit Inhalten kann aber auch einen formalen Nutzen besitzen, der in der Ausbildung übergreifender, nicht an einen bestimmten Gegenstandsbereich gebundener Fähigkeiten besteht (Lind 1996, S. 53). Unter dem Aspekt des Eigenwertes von Bildungsinhalten wird bisweilen zwischen den Ansätzen *Klassizismus* (als gebildet gilt, wer die in Jahrhunderten herausgebildeten kulturellen Kernelemente beherrscht) und *Szientismus* (als gebildet gilt, wer die wesentlichen Erkenntnisse der Naturwissenschaften beherrscht) unterschieden. Protagonisten dieser beiden Lager stehen sich, wie der britische Physiker und Essayist C.P. Snow (2012) mit seiner berühmten These von den Zwei Kulturen zum Ausdruck bringt, häufig verständnislos gegenüber.

Auch Wolfgang Klafki (2007) unterscheidet zwischen *materialen* und *formalen* Bildungstheorien. Materiale Aspekte von Bildung sind, nach Klafki, einerseits diejenigen Inhalte die als allgemeinbildend gelten können insofern sie entweder alle Personen einer Gesellschaft angehen, oder es sich um traditionell-klassische Kernelemente des jeweiligen Kulturkreises handele. Welche Inhalte dies sind steht keineswegs fest, sondern muss in einem fortwährenden Prozess ausgehandelt werden. Demgegenüber versteht Klafki unter formaler Bildung vereinfacht formuliert die Ausbildung relevanter Fähigkeiten und Haltungen. Klafki verbindet beide Aspekte unter dem Begriff der kategorialen Bildung: Ein Bildungsgegenstand ist gerechtfertigt, wenn ihm sowohl ein Eigenwert als auch ein formaler Bildungsgehalt zukommt.

Eine bis heute sehr häufig zitierte Übersicht dazu, wie naturwissenschaftliche Bildung faktisch begründet wird, stammt von G.P. Thomas und J.R.

Durant (1987). Die Autoren fassen die gebräuchlichen Argumente in fünf Kategorien zusammen (zitiert nach Millar 2002):

- *Economic* argument: Naturwissenschaftliche Bildung (NB) ist Voraussetzung für technologische Entwicklung und damit für gesellschaftlichen Wohlstand.
- *Utility* argument: NB hilft dabei Alltagsentscheidungen in einer naturwissenschaftlich-technischen Welt zu treffen.
- *Democratic* argument: NB ist Voraussetzung für informierte Entscheidungen im Rahmen des gesellschaftlichen Meinungsbildungsprozesses.
- *Social* argument: NB hilft dabei, die Entfremdung der Bürger von Wissenschaft und Technologie zu überwinden, die gesellschaftliche Bedeutung der Naturwissenschaften zu erkennen und die Naturwissenschaften wertzuschätzen.
- *Cultural* argument: Naturwissenschaft ist eine wichtige, wenn nicht die wichtigste menschliche Errungenschaft. NB ist daher als Teil des Bildungskanons gerechtfertigt.

Die britische Naturwissenschaftsdidaktikerin Rosalind Driver (1996) bezieht sich ebenfalls auf den Beitrag Thomas & Durant (1987), bezeichnet allerdings abweichend das *cultural* als *social* argument und nennt zusätzlich ein *moral* argument: Naturwissenschaft, so Driver et al. fördere Normen und Haltungen (beispielsweise Rationalität), die auch außerhalb der Wissenschaft wünschenswert wären.

Es ist unklar, welcher der angeführten Argumentationen bei der Konzeption des Biologieunterrichts gefolgt werden sollte: Einem, einer Auswahl oder sogar allen gleichzeitig. Es wäre eine wichtige bildungstheoretische Aufgabe, auf der Basis eines umfassenden Überblicks gegenwärtig diskutierter Allgemeinbildungskonzeptionen einen zeitgemäßen Ansatz zu entwickeln, von dem aus die Prüfung aller Fächer, zumindest aber ihrer Inhalte und Methoden, möglich wäre. Diese Arbeit überschreitet notwendigerweise den Rahmen von Wissenschaft bzw. Fachdidaktik, sie muss Teil eines öffentlichen Bildungsdiskurses sein. Sie überschreitet selbstverständlich auch den Rahmen der hier vorgelegten Arbeit. Im folgenden Abschnitt werden die oben genannten Argumente für den naturwissenschaftlichen Unterricht cursorisch diskutiert. Hierbei wird nur angedeutet, welche Probleme einige

der vorgebrachten Argumente möglicherweise haben und welche Konsequenzen sich aus ihnen möglicherweise ableiten lassen.

1.3.3 Rechtfertigungsprobleme naturwissenschaftlicher Bildung

Eine grundlegende Schwäche *intrinsic* Begründungen (materiale Bildung, cultural argument, aber auch Modi der Weltbegegnung, s.o.) ist, dass derart begründeten Bildungsinhalten zwangsläufig etwas Subjektives anhaftet. Die Bildungsphilosophen Robin Barrow und Ronald Woods (2001, S. 21-40) weisen Ideen eines objektiven Bildungskanons zurück: Bildungsinhalte sind aus ihrer Sicht prinzipiell nicht aus sich selbst heraus wichtig und müssten daher grundsätzlich utilitaristisch begründet werden. Begründung ist hierbei nicht mit Determiniertheit zu verwechseln: Inhalte lassen sich nicht eindeutig aus Nützlichkeitsabwägungen ableiten. Sie sind stattdessen, so Barrow und Woods, das Ergebnis eines fortwährenden Diskurses, der die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und individuellen Bedürfnisse reflektiert und in dem Bildungsphilosophen eine Moderatoren- und Expertenrolle innehaben.

Der Mathematikdidaktiker Hans Werner Heymann (1996, S. 7-12) nimmt eine ähnliche Perspektive ein. Er argumentiert, dass Fachunterricht die kaum verrückbare Rahmenbedingung institutionalisierter Allgemeinbildung sei. Daher müsse Allgemeinbildung, wenn sie gelingen solle, in verschiedenen Fächern, d.h. im Fachunterricht und durch ihn gelingen. Das sei in Hinblick auf Mathematik jedoch zweifelhaft: Auch wenn man argumentiere, dass Mathematik in praktischer und geistesgeschichtlicher Hinsicht objektiv bedeutsam sei, folge daraus in keiner Weise wieviel und welche Mathematik alle Heranwachsenden zu ihrem eigenen und der Gesellschaft Nutzen lernen sollten. Seiner Ansicht nach muss daher zunächst von einem *außerfachlichen*, nämlich bildungstheoretischen Standpunkt aus ein Allgemeinbildungskonzept⁹ begründet werden, von dem aus dann der Bildungswert einer Mathematik für alle untersucht und die Inhalte allgemeinbildenden Mathematikunterrichts bestimmt werden könnten. Existiere ein solches Allgemeinbildungskonzept auf Basis allgemeiner, vernünftiger Ziele, dann wäre

⁹ Heymann nennt sieben Aufgaben der allgemeinbildenden Schule: i) Lebensvorbereitung; ii) Stiftung kultureller Kohärenz; iii) Weltorientierung; iv) Anleitung zum kritischen Vernunftgebrauch; v) Verantwortungsbereitschaft; vi) Kooperation und vii) Stärkung des Schüler-Ichs.

es nämlich höchst unplausibel, dass für den konkreten Bereich eines Faches andere Ziele gelten sollten. Heymann wendet in der Folge das von ihm vorgeschlagene Allgemeinbildungskonzept auf das Fach Mathematik an und überprüft, inwiefern im Rahmen des Mathematikunterrichts allgemeinbildende Ziele tatsächlich verfolgt werden. Er kommt zu dem Schluss, dass der herkömmliche Mathematikunterricht an allgemeinbildenden Schulen weder absehbaren gesellschaftlichen Anforderungen nach den individuellen Bedürfnissen und Qualifikationsinteressen einer Mehrzahl der Heranwachsenden gerecht wird.

In Bezug auf den naturwissenschaftlichen oder den Biologieunterricht existieren vergleichbare Arbeiten meines Wissens nicht, es scheint aber in jedem Fall klar zu sein, dass das in Lehrplänen immer noch vorgeschriebene disziplinäre Detailwissen einem Allgemeinbildungsanspruch wie dem von Heymann kaum gerecht wird. Inhaltliches Allgemeinwissen im naturwissenschaftlichen Bereich, etwa zur Stiftung kultureller Kohärenz, dürfte erstens nicht auf *eine* Naturwissenschaft begrenzt sein und müsste sich dafür zweitens auf die zentralen Kernideen der Naturwissenschaften beschränken. In Deutschland sind für den Bereich der Biologie und auch für ein Fach Naturwissenschaft bereits Vorschläge unterbreitet worden, welche Inhalte in dieser Hinsicht unverzichtbar sein könnten (beispielsweise Kattmann 2013, S. 36-37; Kupsch 2008).

Auch die in Abschnitt 1.3.2 angeführten *instrumentellen* Rechtfertigungsstrategien weisen Schwächen auf. Beispielsweise kritisieren Rosalind Driver et al. (1996, S. 9), dass das ökonomische (bzw. pragmatische) Argument nur für einen sehr kleinen Teil der Schülerschaft gelten würde, weil die meisten Schülerinnen und Schüler gar keine naturwissenschaftlich-technische Laufbahn einschlagen. Tatsächlich scheint, in Anbetracht dieser Tatsache, Biologieunterricht im Sinne einer technisch-naturwissenschaftlichen Studiums- und Berufsvorbereitung schwerlich als *obligatorischer* Teil des Oberstufenkanons zu rechtfertigen. Gerade dieses Argument wird jedoch, sowohl in der Literatur (Schiepe-Tiska et al. 2016, S. 46)¹⁰ als auch von Seiten der

¹⁰ Anja Schiepe-Tiska et al. (2016, S. 46) zitieren deBoer (2011): „Inwieweit es einem Staat gelingt, Schülerinnen und Schülern eine solche naturwissenschaftliche Grundbildung in der Schule zu vermitteln, ist ein wesentlicher Faktor für dessen Wohlstand und Wohlergehen.“ Diese Argumentation scheint jedoch zweifelhaft: Das statistische

Fachverbände (DPG 2006) vorgebracht, und es taucht auch in den Vorworten der meisten aktuellen Lehrplänen auf.

Das bedeute nicht, dass die Vorbereitung auf naturwissenschaftliche Berufsfelder kein Ziel der gymnasialen Oberstufe sein könnte. Das Problem liegt eher darin, dass dieses Ziel nur für wenige Schülerinnen und Schüler relevant ist, und dass, wie der kanadische Erziehungswissenschaftler Douglas Roberts (2007, S. 741) anmerkt, die Bedürfnisse zweier sehr unterschiedlicher Schülerpopulationen berücksichtigt werden müssen. Wollte man beiden gerecht werden, stellte sich allerdings die Frage, ob dies ausgerechnet im Rahmen eines gemeinsamen, disziplinär organisierten Unterrichts geschehen kann, oder ob es dazu nicht qualitativ unterschiedlicher Kurstypen in der Oberstufe bedürfte, wie es sie im angelsächsischen Raum teilweise gibt. Eine Möglichkeit wäre die Trennung in *obligatorische*, reflexiv ausgerichtete (Grund-)Kurse und *fakultative*, einzeldisziplinär und fachmethodisch bzw. fachsystematisch orientierte (Leistungs-)Kurse (für eine Anregung siehe beispielsweise IBO 2018). Derartige Fragen werden in Deutschland gegenwärtig aber, von wenigen Ausnahmen abgesehen (beispielsweise Ohly 2008, Kattmann 2003, S. 130), nicht diskutiert.

Schwierigkeiten weisen aber auch die anderen oben aufgeführten Argumente auf. Morris Shamos argumentiert beispielsweise gegen das Teilhabeargument:

„Was das Verständnis von sozialen Problemen mit naturwissenschaftlichen Bezügen angeht, bedarf es eines wesentlich komplexeren Verständnisses der Naturwissenschaft, als die Vertreter dieser These wahrhaben wollen - eines so komplexen Verständnisses, daß wir uns besser an den Rat naturwissenschaftlicher Experten halten.“ Shamos (2002, S. 46)

Bundesamt (2018, S. 373) gibt an, dass 2018 nur etwa 0,15% der Beschäftigten in „Biologie-Berufen“, und nur etwa 1,2% in naturwissenschaftlichen Berufen insgesamt tätig waren. Selbst wenn Mediziner, Pharmazeuten und ähnliche Berufe hinzugezählt werden, liegt der Anteil deutlich unter 3%. Vor diesem Hintergrund ist aber kaum zu rechtfertigen, dass *alle* Schüler naturwissenschaftliches Expertenwissen erwerben sollen.

Auch ein anderes Argument, dass in der Schule praktisch Talentsuche betrieben würde und naturwissenschaftlicher Unterricht auf diesem Weg sozusagen künftige Nobelpreisträger zu einer Karriere in den naturwissenschaftlichen Disziplinen motivieren würde, ist empirisch nicht belegt. Im Gegenteil scheint es so zu sein, dass gerade spätere Spitzenleistungen *trotz* und nicht *wegen* der Unterrichtserfahrungen in den entsprechenden Fächern erbracht werden (Shamos 2002, S. 57). Dieses Phänomen ist auch aus anderen Bereichen, etwa Sport oder Kunst, bekannt (Strobl 2008, S. 17).

Das Gleiche dürfte für den Bereich lebensweltlicher Entscheidungen gelten. Beispielsweise sollte die Entscheidung, ob und welche medizinische Behandlung angezeigt ist, besser ärztlicher Expertise überlassen werden als einer auf Schulwissen und Internet-Recherche beruhenden Selbstdiagnose. Selbst Experten sind Experten immer nur für einen sehr begrenzten Bereich (ein Bewusstsein für diese Tatsache gehörte möglicherweise zu den Aspekten, die Personen *über* Wissenschaft lernen sollten) und es ist von daher auch gar nicht möglich, Personen auf eine Vielzahl unterschiedlicher Entscheidungen vorzubereiten, Zudem ist es allein schon deshalb, sowohl in Hinblick auf Alltagsentscheidungen wie auch gesellschaftliche Kontroversen, völlig aussichtslos, Schülerinnen und Schüler zu Experten ausbilden zu wollen, weil prinzipiell unklar ist, worin *zukünftige* gesellschaftliche und private Probleme mit naturwissenschaftlichem Hintergrund bestehen werden. Selbst wenn fachliche Expertise vermittelt werden könnte, wäre sie daher in den meisten Anwendungssituationen veraltet und für eine adäquate Problemlösung untauglich.

Das bedeutet nicht, dass naturwissenschaftlicher Unterricht überflüssig wäre. Aber es bedeutet, dass er, wie beispielsweise Gottfried Strobl (2008, S. 23) argumentiert, nicht auf die Vermittlung von Expertenwissen ausgerichtet sein müsste, sondern auf Laien- bzw. Orientierungswissen für das Entscheiden und Handeln in nicht vertrauten Gebieten. Dieses Laienwissen dürfte aber weniger inhaltlicher als formaler Natur sein: Personen sollten sich in Fragen einarbeiten, Informationen beschaffen und auswerten, verborgene Interessen erkennen und Expertenwissen kritisch bewerten, vor allem aber Expertenrat einholen und wertschätzen können. Der Schüler als zukünftiger Bürger sollte begründet entscheiden können, welcher Alternative er vor dem Hintergrund persönlicher Werthaltungen, politischer und kultureller Orientierungen den Vorzug geben möchte. Kurz: Unterricht sollte Anlässe schaffen, um eine "Befähigung zur kompetenten Wahrnehmung der Laienrolle" (Tenorth 1994, S.81) zu vermitteln.

Übrig bleiben das Wertschätzungs- (*social*) und das moralische Argument. In der Tat scheint es plausibel, dass naturwissenschaftlicher Unterricht zu einer kritischen Würdigung der Wissenschaften beitragen sollte. Dieses Ziel ließe sich auch ökonomisch rechtfertigen, weil die Wissenschaften insgesamt sicher einerseits zum gesellschaftlichen Wohlstand beitragen und andererseits bei ihrer Arbeit durch die Gesellschaft unterstützt werden

müssen. Auch dieses Ziel wird aber vermutlich weniger durch möglichst breite Sachinformation, sondern "die Vermittlung eines Interesses an Naturwissenschaft, [sowie] der Fähigkeit und des Zutrauens, naturwissenschaftliche Denkweisen im Prinzip selbst reflektiert nachvollziehen" zu können (Strobl 2008, S. 19), erreicht. In Bezug auf das moralische Argument führt Michael Matthews (2015, S. 175) aus, dass Naturwissenschaft als Sphäre idealtypischen rationalen Denkens und Diskurses gelten könne. Eine der zentralen Rechtfertigungen für naturwissenschaftlichen Unterricht bestünde daher darin, Schülerinnen und Schüler durch die Berührung mit Naturwissenschaft in rationalem, kritischem Denken zu schulen. Teilt man diese Hoffnung, ergeben sich ebenfalls Konsequenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht, dann wäre die Vermittlung von inhaltlichem Detailwissen wiederum verzichtbar. Stattdessen müssten Philosophie und Geschichte der Naturwissenschaften, kurz Wissenschaftsreflexion im Unterricht einen zentralen Stellenwert einnehmen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich aus den gegenwärtig diskutierten Begründungen und Zielen naturwissenschaftlichen Unterrichts ableiten lässt, dass für den überwiegenden Teil der Schülerinnen und Schüler inhaltliches Wissen bestenfalls als (kulturelles) Basiswissen relevant ist. Expertenwissen, sowohl in inhaltlicher als auch prozeduraler Hinsicht, scheint hingegen nur für einen kleinen Teil der Schülerschaft bedeutsam.

Demgegenüber scheint es gerechtfertigt, dass allen Schülerinnen und Schülern eine kritische Wertschätzung der Naturwissenschaften und naturwissenschaftlicher Rationalität sowie die Fähigkeit zur kritischen Wissenschaftsreflexion vermittelt werden sollte. Die Fähigkeit zur Wissenschaftsreflexion ist, so Rosalind Driver et al. (1996, S. 13ff), neben Kenntnis grundlegender wissenschaftlicher Inhalte und Verständnis methodologischer Grundlagen, essenzieller Teil von Scientific Literacy. Sie trägt, so Driver et al., dazu bei, die oben genannten Ziele (utilitarian argument, democratic argument, cultural argument, moral argument) zu erreichen und erleichtert das Verstehen der naturwissenschaftlichen Inhalte (science learning argument)¹¹. Dieser Standpunkt wird, in unterschiedlichen Ausprägungen

¹¹ Der US-amerikanische Naturwissenschaftsdidaktiker Norman Lederman (2007, S. 832), eine der zentralen Figuren des internationalen NOS-Diskurses, gibt jedoch

gen, im deutschsprachigen wie internationalen Diskurs seit den 1950er Jahren vertreten. In der Praxis war und ist naturwissenschaftlicher Unterricht jedoch vor allem an den Inhalten und Strukturen der naturwissenschaftlichen Einzeldisziplinen orientiert geblieben. Im folgenden Abschnitt wird diese Situation etwas eingehender dargestellt.

1.3.4 Konzeptionen naturwissenschaftlicher Bildung

Schulz (2013, S. 1260) weist darauf hin, dass naturwissenschaftliche Bildung historisch sehr unterschiedlich verstanden und begründet worden ist, beispielsweise als naturwissenschaftliche *Ausbildung* (in Hinblick auf ein naturwissenschaftliches Studium oder in Hinblick auf technische Berufsfelder), als Teil umfassender *Allgemeinbildung* oder als Voraussetzung für die *Bewältigung* von individuellen und / oder gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen. Jede dieser curricularen Perspektiven setzte, so Schulz, bildungsphilosophische Annahmen voraus, die aber nur selten deutlich artikuliert und hinterfragt würden.

Der australische Naturwissenschaftsdidaktiker Peter Fensham (2016, S. 166) kritisiert, dass zeitgenössische Naturwissenschaftscurricula ursprünglich auf die spezifische Nachkriegs-Situation und ihre Erfordernisse hin konzipiert worden wären. Erstaunlicherweise hätten sie, trotz radikaler gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Veränderungen, bis heute alle vorgebrachten Alternativvorschläge überdauert. Naturwissenschaftliche Bildung orientiere sich, so Fensham, daher auch heute noch vornehmlich an den Inhalten und Strukturen der naturwissenschaftlichen Disziplinen. Trotz aller seit den 1960er und 70er Jahren unternommenen Reformbemühungen stünde immer noch die Vermittlung wissenschaftlichen Spezialwissens im Vordergrund (Fensham spricht in Anlehnung an Roberts 2007 von der *Vision I* einer Scientific Literacy). Die Orientierung an lebensweltlichen Kontexten, beispielsweise gesellschaftlichen Kontroversen (von Roberts 2007 als *Vision II* einer Scientific Literacy bezeichnet) sei demgegenüber eine

zu bedenken, dass es sich hierbei lediglich um Plausibilitätsargumente handeln würde, bei denen bislang mangels aussagekräftiger empirischer Studien unklar wäre, ob sie in der Praxis eingelöst würden. Ob man hierin unbedingt ein Problem sehen muss, kann bezweifelt werden, weil zumindest bei einigen der genannten Argumente unplausibel ist, ob und wie die Erreichung der damit verbundenen Ziele überhaupt sinnvoll empirisch überprüft werden *kann* (siehe Abschnitt 1.2.1).

zwar permanent wiederholte (und in Präambeln von Standarddokumenten enthaltene), in der Breite aber nie eingelöste Forderung geblieben:

"In recent revisions of these curricula, it is common to find new intentions for science education listed in the accompanying introductory rationale for school science, but this rhetoric is then largely ignored in the continued listings of detailed disciplinary content for teaching and learning." (Fensham 2016, S. 168)

Die Situation in Deutschland ist vergleichbar: Auch hier ist der, vor allem an den Inhalten und der Struktur der Biowissenschaften orientierte Biologieunterricht bereits in der Nachkriegszeit vehement bildungsphilosophisch kritisiert worden, prominent beispielsweise durch Theodor Litt. Dessen Vorschläge hätten, so Otto Brüggemann (1967, S. 84-91), obwohl in den Saarbrücker Rahmenvereinbarungen der KMK von 1960 berücksichtigt, in der Praxis aber nur wenig Wirkung entfaltet. So hätte beispielsweise der Physikdidaktiker Martin Wagenschein mit dem *Exemplarischen Prinzip* zwar einen konkreten Vorschlag zur Veränderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts unterbreitet, der den bildungstheoretischen Vorstellungen Litts nahesteht, dieser habe jedoch "in der Praxis der Schulen [...] aus verschiedenen Gründen noch keinen in die Augen fallenden Stilwandel des naturwissenschaftlichen Unterrichts [...] bewirken können" (S. 117).

Daran hat sich vermutlich wenig geändert: Das Exemplarische Prinzip spielt zwar auch gegenwärtig noch eine Rolle bei der Ausbildung von Biologielehrern, zumindest wird in BD-Lehrwerken nach wie vor darauf eingegangen (z.B. Gropengießer 2013, S. 30); Spörhase-Eichmann 2012, S. 113). Allerdings kritisieren Berck und Graf (2018, S. 113, 118-120), dass dies meist in grob verkürzter Weise geschähe und insbesondere, ohne dass die bildungsphilosophischen Grundlagen überhaupt verständlich würden. Ob bildungstheoretische Konzeptionen, beispielsweise Klafkis Vorstellungen zu Allgemeinbildung und kritisch-konstruktiver Didaktik oder Wagenscheins exemplarisches Prinzip, auf die in der Biologiedidaktik bisweilen Bezug genommen wird (beispielsweise Kattmann 2013, S. 24), überhaupt Einfluss auf realen Biologieunterricht gehabt haben, ist unklar. Berck und Graf (2018, S. 102-103) konstatieren jedenfalls in Hinblick auf die Curriculum-Reform der 1970er Jahre, diese bildungsphilosophisch begründeten Reformbemühungen seien an äußeren Einflussfaktoren wie Elternverbänden, opportunistischen Bildungspolitikern und disziplinären Beharrungskräften gescheitert.

In diesem Jahrtausend ist, im Zuge internationaler Vergleichsstudien wie TIMSS und PISA, die fachdidaktische Diskussion in Deutschland vor allem durch die Bezugnahme auf angelsächsische Konzeptionen einer Scientific Literacy¹² geprägt. Scientific Literacy bzw. naturwissenschaftliche Grundbildung wird in einigen Standarddokumenten (beispielsweise Freistaat Thüringen 2015, S. 135) explizit als Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts genannt und auch in den BD-Lehrwerken wird auf diese Konzeption im Zusammenhang mit „Leitziele für den Biologieunterricht“ (Berck & Graf 2018, S. 37-53); „Begründung des Biologieunterrichts“ (Gropengießer 2013, S. 24-28) oder „Allgemeinen Zielen des Biologieunterrichts“ (Spörhase 2012) Bezug genommen.

Obwohl Scientific Literacy sicher Einfluss auf den fachdidaktischen Diskurs in Deutschland gehabt hat, ist unklar, ob tatsächlich Einigkeit in Bezug auf dieses Ziel herrscht. Zumindest in den BD-Lehrwerken ist das nicht eindeutig zu erkennen, wird Scientific Literacy meist eher knapp behandelt. Stattdessen formulieren die Autoren eigene Zielvorstellungen, beispielsweise Berck und Graf (2018, S. 37) das Leitziel „Schülern solche Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten [zu] vermitteln, die sie in die Lage versetzen, sich selbst besser zu verstehen und in gegenwärtigen und zukünftigen Situationen, die biologische Qualifikationen erfordern, begründet zu handeln“. Demgegenüber fasst Ulrich Kattmann (2013, 27-28) den Bildungswert des Biologieunterrichts in vier zentralen Feldern (Lesbarkeit der lebendigen Natur, Verständnis der eigenen Natur, Biologie als Modus der

¹² Problematisch ist, dass im deutschsprachigen Raum die im angelsächsischen Raum ausgefochtenen *Kontroversen* um die Bedeutung der Terminus Scientific Literacy (beispielsweise Vision I und II, siehe oben) und der historische Hintergrund (für einen sehr kurzen Überblick siehe Anelli 2012) meist unberücksichtigt bleiben. Beispielsweise kommen Wolfgang Gräber und Peter Nentwig (2002, S. S. 7; 15) in der Einleitung zu einem in Deutschland vielzitierten Sammelband über das Thema zu dem Schluss, es bestünde weitgehend Einigkeit, sowohl über Scientific Literacy als Bildungsziel, als auch die inhaltliche Füllung des Begriffs. Diese Schlussfolgerung ist bemerkenswert, weil die Autoren in ihrem Beitrag selbst sehr unterschiedliche Ziele, Begründungen und Konzepte nennen und auch, weil in den folgenden Beiträgen des Sammelbandes Positionen formuliert werden, die teilweise widersprechend und unvereinbar sind. Dies gilt bereits, worauf auch Gräber und Nentwig (S. 11-12) hinweisen, für die ersten beiden Beiträge von Roger Bybee (S. 21-44), der die konzeptionellen Vorarbeiten zu Scientific Literacy für abgeschlossen hält und fordert, nun in eine Phase der Umsetzung überzugehen, und Morris Shamos (S. 45-68), der die Konzeption für unrettbar gescheitert bzw. Scientific Literacy insgesamt für einen Mythos hält.

Welterschließung und Biologie in der Gesellschaft) zusammen, während Ulrike Spörhase (2012, S. 26, 30-31) „visionäre Ziele“ von vorneherein für nichterreichbar hält und deren Funktion auf ein „fruchtbaren Nachdenkens“ über Sinn und Zweck des Unterrichts reduziert. Sie präsentiert stattdessen eine Liste mit siebzehn konkreten, aber sehr unterschiedlichen Einzelzielen. Ein Diskurs über diese Standpunkte findet, zumindest auf der Ebene von Fachpublikationen, kaum statt.

1.3.5 Wissenschaftsverständnis und naturwissenschaftliche Bildung

In Abschnitt 1.3.3 und 1.3.4 habe ich argumentiert, dass die Förderung von Wissenschaftsverständnis, im Gegensatz zum Inhaltslernen, mit den zentralen Argumenten für naturwissenschaftliche Bildung kompatibel ist. Elaboriertes Wissenschaftsverständnis gilt international auch unter Naturwissenschaftsdidaktikern seit Jahrzehnten als zentrales Ziel allgemeinbildenden naturwissenschaftlichen Unterrichts (Jenkins 2013). Dennoch zeigen praktisch alle Studien, dass das Wissenschaftsverständnis von Lehrern, Lehramtsstudierenden sowie Schülern und Schülerinnen verschiedener Schulstufen stark verbesserungsbedürftig ist (Lederman 2007, S. 836). Die besondere Schwierigkeit liegt vermutlich darin, dass eine Veränderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts, um Aussicht auf Erfolg zu haben, in mehreren Bereichen *simultan* erfolgen müsste. So ist bekannt, dass Schwierigkeiten aus der Fachsozialisation angehender Lehrerinnen und Lehrer resultieren. Hieraus folgt vermutlich eine mangelnde Bereitschaft zur Umsetzung entsprechender Unterrichtsansätze (Dittmer 2012). Gleichzeitig werden in Deutschland (siehe Publikation 3) und selbst im angelsächsischen Raum (Olson 2018) wissenschaftsreflexive Aspekte auf Lehrplanebene nach wie vor nur ungenügend berücksichtigt. Zudem fehlen entsprechende Prüfungsformate (siehe Allchin 2011, S. 535; Publikation 6) und Unterrichtsmaterialien.

Peter Fensham (2016) analysiert die Gründe dafür, dass ein unlängst unternommener Versuch, die australischen Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer allgemeinbildend-wissenschaftsreflexiv auszurichten, (aus seiner Sicht) gescheitert ist:

"The advisory group of science educators and science teachers put forward a very strong case for using this alternative axiom for determining the content in the

Science Understanding strand across all the years of compulsory schooling (years 1–10). Nevertheless, the bureaucrats (largely seconded from the state education authorities), who controlled the detailed writing of the new curriculum, chose to frame this science content for teaching and learning in the disciplinary strands (Vision 1) with which these authorities had, for many years, been comfortably familiar (ACARA 2014). [...] A new science curriculum for Australia, with its content and inquiry strands based on the Vision 2 axiom, would have required a variety of modes of assessment, new supporting materials, and considerable professional development of science teachers. None of these essential supporting conditions was part of the brief of the Australian Curriculum and Reporting Authority (ACARA). Such a disconnection between curriculum development, the assessment of its learning, and the teachers' professional development is a prescription for failure for any future direction for science education." (Fensham 2016, S. 176-177)

Er kommt, in Anbetracht der Widerstände, zu dem Schluss, dass *jede Revolution* des naturwissenschaftlichen Unterrichts zum Scheitern verurteilt ist und dass Veränderungen, wenn sie erfolgreich sein sollen, eher *evolutiv*, in kleinen Schritten, stattfinden müssen. Er schlägt daher vor, Lehrplanänderungen zunächst auf eine bestimmte Schulstufe und eine definierte Gruppe von Schülerinnen und Schülern zu begrenzen, Hilfen bei der Unterrichtsgestaltung, etwa durch die Verfügbarkeit von Praxisbeispielen und Unterrichtsmaterialien zu gewährleisten und Verbindlichkeit durch Aufgaben zum Wissenschaftsverständnis im Rahmen zentraler Prüfungen zu schaffen. Im folgenden Abschnitt wird die gegenwärtige Situation etwas ausführlicher dargestellt.

1.4 PdBD als Ressource für Wissen über Biologie

PdBD wurde im vorangegangenen Abschnitt 1.3 als Mittler zwischen Fachdidaktik und Philosophie der Bildung interpretiert. Es wurde aus bildungstheoretischer Sicht dafür argumentiert, dass Wissenschaftsreflexion der zentrale Aspekt allgemeinbildenden Biologieunterrichts in der Oberstufe ist. Ähnliche Sichtweisen werden, sowohl in Deutschland als auch international, seit langem vertreten.

Der deutsche Biologiedidaktiker Arne Dittmer (2010, S. 81) argumentiert, Grundlagenwissen im Bereich Wissenschaftsphilosophie, d.h. Wissen über die eigene Disziplin, sei biologisches Grundlagenwissen. Daher, so Dittmer, sollten epistemologische, wissenschaftssoziologische oder ethische Kenntnisse über die studierte und in der Schule zu lehrende Disziplin keineswegs als fachübergreifend oder gar fachfremd aufgefasst werden,

sondern obligatorischer Bestandteil der Fach- und Vermittlungskompetenz einer Biologielehrkraft sein. Allgemeine Wissenschaftsphilosophie und Wissenschaftsphilosophie der Biologie müssten, so Dittmer, genuiner Bestandteil der Fachausbildung von Biologielehrerinnen und Biologielehrern sein, weil das wissenschaftsphilosophisch vermittelte Verständnis der biowissenschaftlichen Sachverhalte notwendige Voraussetzung dafür sei, dass Lehrkräfte diese Inhalte im Unterricht adäquat vermitteln könnten.

Fast jeder Biologe kennt Theodosius Dobzhanskys Diktum zur Bedeutung der Evolutionstheorie für die Biologie:

“Seen in the light of evolution, biology is, perhaps, intellectually the most satisfying and inspiring science. Without that light it becomes a pile of sundry facts some of them interesting or curious but making no meaningful picture as a whole.” (Dobzhansky 1973, S. 128)

In analoger Weise kann argumentiert werden, dass biologische Erkenntnisse, und das gilt insbesondere auch für die Evolutionstheorie, nur Sinn machen, wenn sie philosophisch reflektiert und geklärt sind. Der Wissenschaftsphilosoph Michael Ruse führt zum Verhältnis zwischen biologischen Inhalten und deren Reflexion aus:

“The biologist-in-training needs to know the Hardy-Weinberg law. The biologist-in-training needs to know the Krebs cycle. The biologist-in-training needs to know the genetic code. But he or she needs also to have the tools, the methods, to move beyond these and to extend our understanding to the next and future generations. It is here that philosophy is not just important. It is fundamental.” (Kampourakis 2013, S. ix)

Es ist in diesem Zusammenhang wichtig zu betonen, dass wissenschaftsphilosophische Kenntnisse für Lehrkräfte auch dann unverzichtbar wären, wenn wissenschaftsphilosophische Themen im BU gar nicht explizit behandelt würden. Da diese aber bereits curricular verankert sind, ergibt sich die Notwendigkeit in besonderem Maße. Besonders offensichtlich ist dies in Hinblick auf den Kompetenzbereich „Bewertung“ der Bildungsstandards für das Fach Biologie. Strukturmodelle zu diesem Bereich enthalten explizit die Dimensionen „ethisches Basiswissen“ und „Argumentation“ (Reitschert 2008), sie beziehen sich also unmittelbar auf die philosophischen Disziplinen Ethik und Logik. Für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung existieren ebenfalls Rahmenkonzeptionen, die eine wissenschaftsphilosophische Ebene (Wissenschaftsverständnis) ausdrücklich beinhalten (Mayer

2007, S. 178) und somit den Bezug auf die philosophischen Disziplinen Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie erfordern. Das Gleiche gilt für Strukturmodelle zu einzelnen Aspekten des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung, beispielsweise zur Modellkompetenz, in denen wissenschaftsphilosophisches Wissen wesentlicher Bestandteil ist (Upmeyer zu Belzen 2010, S. 45-47).

Es mag zutreffen, dass Schülerinnen und Schüler epistemisches und ethisches Wissen nur auf Basisniveau erwerben können, es ist aber klar, dass Biologielehrerinnen und Biologielehrer (ebenso wie Lehrbuchautoren, Mitglieder in Kommissionen zur Erstellung von Abituraufgaben und Curricula sowie Biologiedidaktiker) wissenschaftsphilosophische Kenntnisse *in besonderem Maße* benötigen, beispielsweise um Bewertungskompetenz angemessen fördern und Abituraufgaben zur Evaluation von Bewertungskompetenz fachlich angemessen konstruieren zu können. Ein angemessenes wissenschaftsphilosophisches Niveau ist aber vermutlich, wie eigene Untersuchungen zeigen, beispielsweise bei der Konstruktion von Abituraufgaben, gegenwärtig nicht immer gegeben (siehe Publikation 6). Hinzu kommt, dass einige in der Naturwissenschaftsdidaktik verbreitete Konzepte zur Förderung von Wissenschaftsverständnis aus philosophischer Sicht möglicherweise schwerwiegende grundsätzliche Probleme aufweisen (siehe Publikation 2).

Es ist unklar, welchen Stellenwert Wissenschaftsphilosophie bei der Ausbildung von Lehrkräften in Deutschland derzeit hat, dieser dürfte sich an verschiedenen Universitäten unterscheiden. In Lehrbüchern der BD wird das Thema ebenfalls unterschiedlich stark berücksichtigt. Dabei fällt auf, dass Wissenschaftsphilosophie, im Gegensatz zu Disziplinen wie Psychologie, Kognitionswissenschaften und Soziologie in keinem Biologiedidaktik-Lehrbuch explizit als Bezugsdisziplin genannt wird. Andererseits enthält beispielsweise die *Biologiedidaktik* von Karl-Heinz Berck und Dittmar Graf (2018, S. 396-418) ein ganzes Kapitel zur Bedeutung philosophischen Hintergrundwissens für Biologielehrer, wobei Biophilosophie hier sehr stark auf die „Frage aller Fragen: ‚Was ist der Mensch?‘“ (S. 397) reduziert wird. In *Fachdidaktik Biologie* (Gropengießer et al. 2013, S. 79-141) finden sich sogar fünf Beiträge zum „Reflexionsrahmen des Biologieunterrichts“: Einführungen in Wissenschaftstheorie, Erkenntnistheorie, Wissenschaftsgeschichte,

Ethik, und Geschichte des Biologieunterrichts. In anderen Lehrwerken fehlen vergleichbare Ausführungen hingegen, beispielsweise in *Biologie-Didaktik* (Spörhase-Eichmann 2012) oder *Biologieunterricht heute* (Killermann 2005). Innerhalb des biologiedidaktischen Fachdiskurses spielen wissenschaftsphilosophische Fragen, wenn man den Anteil an Veröffentlichungen in deutschsprachigen Zeitschriften als Maßstab nimmt, jedenfalls nur eine untergeordnete Rolle (Publikation 5).

Ein weiteres Problem besteht darin, dass in Deutschland keine Wissenschaftsphilosophie-Lehrbücher existieren, die über die sehr stark vereinfachten Darstellungen in den Didaktik-Lehrwerken hinausgehen, aber dennoch für ein Laienpublikum verständlich geschrieben sind. So sind die deutschsprachigen Einführungen in die Philosophie der Biologie entweder aus einer speziellen Perspektive heraus verfasst (Köchy 2008; Vollmer 1995) oder (bzw. und) setzen bereits einiges an Kenntnissen voraus (Mahner 2000; Krohs 2005). International existieren demgegenüber vereinzelt Fachbücher, die zumindest beanspruchen, auf die Bedürfnisse angehender Lehrer zugeschnitten zu sein (Kampourakis 2013; Taylor 2011) sowie umfassende Handbücher zur Vermittlung von Wissenschaftsverständnis (Matthews 2015). Auch hierzu fehlen deutschsprachige Pendanten gegenwärtig. Insgesamt kann auch beklagt werden, dass sich bislang nur wenige deutsche Fachphilosophen explizit zu Fragen der biologischen oder naturwissenschaftlichen Bildung äußern oder geäußert haben, wenngleich es Ausnahmen gibt, wie beispielsweise Gerhard Vollmer (1993, 2000, 2011) oder Franz Wuketits (2000, 2011).

Lehrer- bzw. Unterrichtsmaterialien sind ebenfalls wenig verfügbar, wenn man von einzelnen Heften der Zeitschrift *Unterricht Biologie* (z.B. 397/398 zu Modellen, 333 zu Evolution und Schöpfung) oder den nicht mehr erhältlichen Materialien zur Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht (von Falkenhausen 2000) absieht. In den aktuellen Oberstufen-Lehrwerken fehlen wissenschaftsphilosophische Themen weitgehend oder sie sind inadäquat dargestellt, das gilt nicht nur für das Fach Biologie (Marniok 2016). Dies korrespondiert damit, dass insbesondere die epistemische Perspektive in den aktuellen Lehrplänen kaum berücksichtigt ist (siehe Publikation 3), und dass sowohl ethisches als auch epistemisches Wissen in zentralen Abiturprüfungen deutschlandweit praktisch keine Rolle spielt (siehe Publikation 6).

Im zweiten Kapitel werden, unter der Überschrift *Epistemische Kompetenz*, Vorschläge unterbreitet, wie der Stellenwert von Wissenschaftsverständnis im BU erhöht werden und worin diese Kompetenz bestehen könnte.

2 Übersicht: Epistemische Kompetenz

In Deutschland wird seit langem und bis heute gefordert, dass Schülerinnen und Schüler Wissenschaft verstehen bzw. Wissenschaftsverständnis entwickeln sollen (beispielsweise Falkenhausen 1985, S. 9; Mayer 2007, S. 178). Im angelsächsischen Raum sind verschiedene Bezeichnungen für weitgehend ähnliche Inhalte gebräuchlich, beispielsweise „Auffassungen über die Natur der Naturwissenschaft“ (*Views of the Nature of Science*, z.B. Lederman (2002), Deng (2011), Khishfe (2002)), „Auffassungen über Erkenntnis“ (*Epistemological views*, z.B. Schwartz (2004)), „Vorstellungen von der Natur der Naturwissenschaft“ (*Conceptions of Nature of Science*; z.B. Abd-El-Khalik (2000), Lederman (2002), Bell (2000)), „Verständnis der Natur der Naturwissenschaft“ (*Understandings of the Nature of Science*, z.B. Bell (2003), Carey (1993), Lederman (1998), Niaz (2001) und Ford (2008)), „Wissen über die Natur der Naturwissenschaft“ (*Knowledge of the Nature of Science* (Allchin 2011)), „Überzeugungen über die Natur der Naturwissenschaft“ (*Beliefs in the NOS*; z.B. Simmons (2006) Zeidler (2002)), „Vorstellungen über Naturwissenschaft“ (*Ideas about Science*, z.B. Osborne (2003) oder „Epistemisches Wissen“ (*epistemic knowledge*, z.B. OECD (2013)).

Während in diesem Jahrtausend die international verbreitete Bezeichnung *Nature of Science* verstärkt auch in Deutschland aufgegriffen worden ist (beispielsweise Kircher 2004; Hofheinz 2008; Kremer 2010; Henke 2016), werden gleichzeitig verschiedene angelsächsische Bezeichnungen weiterhin als Wissenschaftsverständnis übersetzt (beispielsweise *epistemological views*, z.B. durch Mayer 2007, S. 177 oder Kremer 2010, S. 8).

Im Folgenden (Haupt-)Teil der Arbeit wird ein zeitgemäßes, kompetenzorientiertes und bildungstheoretisch begründetes Konzept von Wissenschaftsverständnis vorgeschlagen. Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Überzeugung, dass Wissen über Naturwissenschaft, ihre gesellschaftliche und weltanschauliche Bedeutung, ihre Erkenntnismöglichkeiten und deren Grenzen sowie der Folgen ihrer Erkenntnisse, den bildungsbedeutsamen Kern des naturwissenschaftlichen Unterrichts ausmacht (siehe Abschnitt 1.3).

Der Kampf um den gesellschaftlichen Status der Wissenschaft und ihre Deutungshoheit stellt einen der fundamentalen Gegenwartskonflikte dar und wird in zahlreichen gesellschaftlichen Kontroversen ausgefochten. Es

ist nicht übertrieben in diesem Kontext von einem Kulturkampf zu sprechen der, aus bildungstheoretischer Sicht, im Rahmen von Oberstufenunterricht adäquat behandelt werden muss. Dabei ergibt sich die im naturwissenschaftlichen Unterricht eher ungewohnte Frage, wie mit weltanschaulichen Konflikten umzugehen und mögliche Indoktrination zu vermeiden ist. Der Hauptteil dieser Arbeit ist der Beantwortung dieser Frage gewidmet.

Aus kompetenzorientierter Sicht geht dann es darum, bei Schülerinnen und Schülern, aber auch Lehrerinnen und Lehrern die Fähigkeit und Bereitschaft zu fördern, über Besonderheiten, Möglichkeiten, Grenzen und Folgen naturwissenschaftlicher Wissensproduktion, sowie den gesellschaftlichen Status der Naturwissenschaften zu reflektieren und in Bezug auf entsprechende Kontroversen Stellung zu nehmen. Es bietet sich an, diese Fähigkeiten unter einem *Kompetenzbereich Reflexion* zu subsummieren, wobei zwischen einer ethischen und einer epistemischen Dimension unterschieden werden könnte. Letztere wird im Folgenden als *epistemische Kompetenz* bezeichnet.

In den folgenden Abschnitten werden die im zweiten Teil der Arbeit aufgeführten Publikationen kurz zusammengefasst (Übersicht siehe Tabelle 1). Publikationen 2 und 4 sind Artikel in Zeitschriften mit Review-Verfahren. Publikationen 1 und 3 Tagungsbandbeiträge mit Review-Verfahren, 5 und 6 Tagungsbandbeiträge ohne Review-Verfahren. Außerdem werden in Abschnitt 2.7 einige bislang unveröffentlichte Ergebnisse vorgestellt. Im Rahmen der Arbeit wurde noch ein Buch-Review in der Zeitschrift *Science & Education* und ein Beitrag zu einem internationalen Newsletter (*HPS&ST-Newsletter* 02/2019) veröffentlicht. Diese sind in Teil 2 als sonstige Publikationen 7 und 8 aufgeführt.

Nr.	Titel	Journal/TB	Jahr
1	Pseudowissenschaft? Ein Kontext für Reflexionen über Wissenschaft	Lehr- und Lernforschung i. d. Biologiedidaktik	2016
2	Controversy as a blind spot in teaching NOS: Why the range of different positions concerning NOS should be an issue in the science classroom	Science & Education	2017
3	Epistemische Kompetenz: Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht	Lehr- und Lernforschung i. d. Biologiedidaktik	2018
4	Between Scientism and Relativism: Epistemic Competence as an Important Aim in Science and Philosophy Education	RISTAL	2018
5	Epistemische Kompetenz. Eine transdisziplinäre Aufgabe für Philosophie- und Naturwissenschaftsdidaktik	Jahrbuch f. Didaktik d. Philosophie und Ethik	2019
6	Epistemische Kompetenz – Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht	Verhandlungen z. Geschichte und Theorie der Biologie	2019

Tabelle 1: Übersicht Publikationen

2.1 Förderung epistemischer Kompetenz - Pseudowissenschaft

In Publikation 1 wird vorgeschlagen, die Abgrenzung von Wissenschaft und möglicher Pseudowissenschaft, das sogenannte Demarkationsproblem der Wissenschaftstheorie, zur Förderung von Wissenschaftsverständnis bzw. epistemischer Kompetenz zu verwenden:

In der Literatur werden gegenwärtig verschiedene Strategien zur Förderung von Wissenschaftsverständnis bzw. NOS propagiert. Dazu gehören beispielsweise wissenschaftshistorische Fallstudien oder Wissenschaftssimulationen. Einigkeit herrscht darüber, dass erfolgreicher Unterricht erstens kontextualisiert bzw. problemorientiert angelegt sein muss. Zweitens scheint es erforderlich, die reflexive Ebene explizit zu machen, forschender Unterricht allein trägt scheinbar kaum zum Wissenschaftsverständnis bei.

Die Nutzung von lebensweltlich relevanten Demarkationsproblemen ist naheliegend, denn in diesem Kontext taucht erstens die Frage Was ist Wissenschaft? in lebensweltlich-gesellschaftlich relevanten Kontroversen auf und kann somit problemorientiert behandelt werden. Zweitens lässt sich an den Schwierigkeiten, die die Unterscheidung von Wissenschaft und Pseudowissenschaft mit sich bringt, über Wissenschaftsreflexion lernen. Zusammenfassend bieten sich Konflikte um den Wissenschaftsstatus potenzieller

Pseudowissenschaften für die Förderung epistemischer Kompetenz aus folgenden Gründen an:

- Schülerinnen und Schüler schulen ihre argumentativen Fähigkeiten bei der Analyse von Argumenten, die von Kritikern und Verteidigern der potenziell-pseudowissenschaftlichen Ansätze vorgebracht werden.
- Das normative Definitionsproblem der Abgrenzung von Wissenschaft und Pseudowissenschaft bereitet der Wissenschaftsphilosophie seit langem Schwierigkeiten. An diesen Schwierigkeiten können zentrale Aspekte von Wissenschaftsreflexion, u.a. Kontroversität, erarbeitet werden.
- Schülerinnen und Schüler können an der lebensweltlichen Relevanz von Kontroversen über potenzielle Pseudowissenschaft den Wert bzw. Nutzen von Wissenschaftsreflexion und Wissenschaftstheorie unmittelbar erkennen, das Demarkationsproblem ist sozusagen „Wissenschaftstheorie im Einsatz“ (Vollmer 1993).
- Schließlich entwickeln Schülerinnen und Schüler durch die Auseinandersetzung mit potenzieller Pseudowissenschaft ein adäquateres Bild von Wissenschaft, ihren Erkenntnismöglichkeiten und deren Grenzen.

Die Eignung des Demarkationsproblems wird in Publikation 1 auf allgemeiner Ebene diskutiert. Lediglich im Ausblick wird kurz auf einen möglichen Kontext, den US-amerikanischen Streit um Intelligent-Design, eingegangen. In der Zwischenzeit sind erste Schritte zur Konzeption einer entsprechenden Unterrichtseinheit unternommen worden. Über diese wird, obwohl bislang nicht publiziert, in Abschnitt 2.7 kurz berichtet.

2.2 Kontroversität als Kernelement von Wissenschaftsreflexion

In Publikation 2 wird das gegenwärtig etablierte Konzept zur Vermittlung von Wissenschaftsverständnis im naturwissenschaftlichen Unterricht, der sogenannte Konsensus-View, einer Kritik unterzogen. Zudem werden mögliche Einwände gegen diese Kritik diskutiert. Dem Konsensus-View wird mit epistemischer Kompetenz ein eigenes Konzept gegenübergestellt, in welchem das gegenwärtig in Deutschland maßgebliche Paradigma der Kompetenzorientierung auf den Bereich Wissenschaftsverständnis übertragen wird:

Viele Fachdidaktiker im Bereich der Naturwissenschaften gehen davon aus, es gäbe eine korrekte (adäquate, anspruchsvolle) Auffassung (Ansicht, Überzeugung, Vorstellung) von Wissenschaft. Sie vertreten daher die Ansicht, dass die Vermittlung eines bestimmten, gegenwärtig tendenziell erkenntnisrelativistischen, sozialkonstruktivistischen und antirealistischen Wissenschaftsverständnisses, Ziel des Unterrichts sein sollte. Dieser Anspruch ist erstens problematisch, weil Korrektheit oder Adäquatheit im Kontext Wissenschaftsverständnis nicht durch einen fachlichen Konsens legitimiert ist: Innerhalb und zwischen den wissenschaftsreflexiven Disziplinen (Wissenschaftsgeschichte, -soziologie und -philosophie) gibt es zwar möglicherweise von Zeit zu Zeit Mehrheitsmeinungen. Ein disziplinärer *Konsens*, ähnlich dem in den Naturwissenschaften hinsichtlich der schulrelevanten Inhalte in den naturwissenschaftlichen Fächern, existiert dort allerdings nicht. Die Elimination der fachspezifischen Kontroversen stellt zweitens in ideologiekritischer Hinsicht ein Problem dar, weil unterrichtliche Ziele gerade im Kontext Wissenschaftsverständnis / NOS stark mit weltanschaulich-politischen Überzeugungen verwoben sind (siehe Publikation 4).

Einwände gegen stärker philosophisch ausgerichtete Unterrichtsansätze sind, dass diese lebensweltlich irrelevant und für Schülerinnen und Schüler zu komplex wären. Wir legen dar, dass, im Gegenteil, wissenschaftsphilosophische Argumente in zahlreichen durchaus lebensnahen Kontroversen eine wichtige Rolle spielen. Zudem handelt es sich bei der Wahrnehmung, diese Argumente seien unzugänglich und komplex, eher um ein Vorurteil: Uneindeutigkeiten und Widersprüche werden von naturwissenschaftlich sozialisierten Lehrpersonen häufig mit Beliebigkeit verwechselt. Sie sind aber für die Behandlung wissenschaftsreflexiver Fragen unverzichtbar.

Ein weiteres Problem traditioneller Konzepte im Bereich Wissenschaftsverständnis besteht darin, dass unklar ist, welche Fähigkeiten damit verbunden sind und welche Struktur eine entsprechende Kompetenz aufweist. Wir argumentieren, dass die Teilkompetenzen epistemischer Kompetenz eine Analogie zu ethischer Kompetenz (bzw. Bewertungskompetenz) aufweisen müssen, einem Bereich in dem etablierte Kompetenzstrukturmodelle bereits existieren. Epistemische Kompetenz, als willentlich handelnder Umgang mit Wissen über naturwissenschaftliches Erkennen und naturwissenschaftliche Erkenntnisansprüche, bedeutet, dass Personen in der Lage und willens sind, über Besonderheiten, Möglichkeiten und Grenzen

naturwissenschaftlicher Wissensproduktion, sowie den gesellschaftlichen Status der Naturwissenschaften zu reflektieren, Stellung zu nehmen und naturwissenschaftliche Erkenntnisse, Methoden und Geltungsansprüche kritisch zu prüfen und zu würdigen. Epistemische Kompetenz bedarf zusammengefasst folgender Voraussetzungen:

- Grundlegendes *Wissen* über wissenschaftsreflexive Positionen, Argumente und Perspektiven.
- *Haltungen*, beispielsweise die Bereitschaft zu kritischem Denken und rationalem Diskurs sowie dazu, eigene Einstellungen wahrzunehmen und zu hinterfragen.
- *Fähigkeiten*, beispielsweise mit im Kontext Wissenschaftsreflexion unausweichlich auftretenden Aporien und Ambiguitäten konstruktiv umzugehen.
- *Fertigkeiten* im Bereich Argumentation.

2.3 Der Stellenwert von Wissenschaftsreflexion

In Publikation 3 wird das Ergebnis einer Untersuchung des Biologie-Lehrplans Nordrhein-Westfalen und einer Stichprobe von Abituraufgaben im Fach Biologie vorgestellt. Diese wurden daraufhin untersucht, welchen Stellenwert Wissenschaftsreflexion im Biologieunterricht gegenwärtig vermutlich hat:

Es kann davon ausgegangen werden, dass lehrersicher formulierte Lehrpläne in Kombination mit zentralen Abschlussprüfungen die Unterrichtsinhalte weitaus stärker determinieren, als dies früher der Fall gewesen ist. Besonderen Einfluss auf das Unterrichtsgeschehen haben außerdem vermutlich die in Prüfungen verwendeten Aufgabenformate und die abgefragten Inhalte.

Reflexiven Fähigkeiten kommt im einleitenden Abschnitt des Lehrplans ein hoher Stellenwert zu. Auf Ebene der Kompetenzbereiche wird Reflexion jedoch fast ausschließlich im Kontext Bewertung aufgegriffen und damit auf die ethische Perspektive reduziert. Bezüge auf Wissenschaftsverständnis bzw. die Fähigkeit zur epistemischen Reflexion, wie in zeitgenössischen Rahmenkonzeptionen zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung gefordert, finden sich auf dieser Ebene deutlich seltener und auf Ebene der

konkretisierten Kompetenzerwartungen nur noch vereinzelt. In der untersuchten Stichprobe von Abituraufgaben sind keine Aufgaben enthalten, die Wissenschaftsverständnis bzw. die Fähigkeit zur Wissenschaftsreflexion erfordern. Überraschenderweise gilt das auch für Aufgaben zum Kompetenzbereich Bewertung.

Wir unterbreiten einen Vorschlag dazu, wie der Stellenwert epistemischer Kompetenz verbessert werden könnte: Erstens sollten diese Fähigkeiten in die Struktur der Kompetenzbereiche besser, d.h. sichtbarer eingefügt werden. Sinnvoll wäre hierzu eine Erweiterung des Kompetenzbereichs Bewertung zu einem Bereich Reflexion. Unter diesem könnten denn sowohl die ethische als auch epistemische Perspektive, als ethische und epistemische (Urteils-)Kompetenz, gefasst werden. Zweitens scheint es notwendig, dass diese Fähigkeiten, das gilt für beide Perspektiven, auch in den Abiturprüfungen eingefordert werden.

2.4 Streit über die Grenzen der Naturwissenschaft

In Publikation 4 wird begründet, warum Wissenschaftsverständnis / epistemische Kompetenz Ziel des naturwissenschaftlichen (bzw. des Biologie-) Unterrichts und des Philosophieunterrichts sein sollte und warum hierfür eine Kooperation zwischen geistes- und naturwissenschaftlichen Fächern notwendig und ertragreich ist:

Eine der bedeutendsten gesellschaftlichen Kontroversen unserer Zeit ist der Streit um Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaften, um die Bedeutung von Rationalität und die Fortführung des Projekts der Aufklärung. Allgemeinbildender (Oberstufen-) Unterricht muss diese, im angelsächsischen Raum bisweilen als *science wars* bezeichnete, Kontroverse thematisieren (siehe auch Publikation 7). Dies geschieht gegenwärtig nicht ausreichend, weder im naturwissenschaftlichen Unterricht noch im Philosophieunterricht. Entweder werden, durch Beschränkung auf Vermittlung von Fachinhalten, die bildungsrelevanten gesellschaftlichen Kontroversen ausgeblendet, oder sie werden in eindimensional-inadäquater Weise behandelt, indem eine Position als Lerninhalt überhöht wird.

Es wird argumentiert, dass Lehrerinnen und Lehrer, aber auch Fachdidaktiker der naturwissenschaftlichen Fächer wissenschaftsreflexiver Expertise sowohl in fachlicher als auch didaktischer Hinsicht bedürfen, diese

aber vermutlich auf dem erforderlichen Niveau nicht durchgängig vorhanden ist. Spiegelbildlich zur Situation in den naturwissenschaftlichen Fächern fehlt Philosophielehrerinnen und Philosophielehrern wie auch Fachdidaktikern vermutlich in vielen Fällen das erforderliche naturwissenschaftliche Fachwissen, vor allem aber auch Einsicht in methodologische Grundlagen und Verfahren der Naturwissenschaften und naturwissenschaftliche Praxis.

Wir schlussfolgern, dass die skizzierten Probleme am besten durch einen interdisziplinären Ansatz von Naturwissenschafts- und Philosophiedidaktik bewältigt werden können und stellen mit epistemischer Kompetenz ein Konstrukt vor, in dem fachdidaktische Prinzipien und Inhalte der Naturwissenschaften und Philosophie verbunden sind und wechselseitig reflektiert werden. In dieser Weise stellt der Ansatz, zumindest für den deutschsprachigen Raum, ein Novum dar.

2.5 Der Umgang mit Szientismus

In Publikation 5 wird am Beispiel des Szientismus diskutiert, wie aus der Perspektive epistemischer Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht mit weltanschaulichen Positionen umgegangen werden sollte, und wie in diesem Zusammenhang sowohl eine kritische als auch wertschätzende Haltung gegenüber den Naturwissenschaften gefördert werden könnte:

Der Begriff Szientismus bezeichnet eine Position, die durch (über-)großen Optimismus hinsichtlich der Leistungsfähigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung charakterisiert ist. Studien legen nahe, dass ein relevanter Teil der Schülerinnen und Schüler szientistische Überzeugungen hat, dies wird in der Naturwissenschaftsdidaktik gemeinhin als Problem angesehen. Entsprechend sind Forderungen erhoben worden, den Szientismus im naturwissenschaftlichen Unterricht als korrekturbedürftige Haltung oder naive Überzeugung zu bekämpfen, beispielsweise indem Schülerinnen und Schülern mögliche Erkenntnisgrenzen der Naturwissenschaften bewusst gemacht, und alternative Erkenntnisweisen aufgezeigt werden.

Es wird argumentiert, dass naiver Szientismus, wie alle naiven Überzeugungen, selbstverständlich problematisch ist. Daraus folgt aber nicht, dass Szientismus per se zu verurteilen wäre. Stattdessen sollte zwischen naiver

Alltagswissenschaftsgläubigkeit und elaboriertem Wissenschaftsoptimismus unterschieden werden. Letzterer wird, als Minderheitenposition, auch im akademischen Diskurs vertreten und ist dadurch gekennzeichnet, dass Personen sich des weltanschaulichen Charakters ihrer Position ebenso bewusst sind wie möglicher Einwände dagegen.

Das Ziel von Unterricht, der sich mit Szientismus beschäftigt, kann aus der Perspektive epistemischer Kompetenz somit nicht darin bestehen, Schülerinnen und Schülern konkrete Überzeugungen zu vermitteln. Stattdessen sollte eine distanziert-reflektierte Haltung gegenüber den eigenen Überzeugungen angestrebt werden. Schülerinnen und Schüler sollten daher durchaus mit Problemen ihrer Position konfrontiert werden, dies sollte jedoch nicht in einseitig-überwältigender Weise und damit indoktrinierend, sondern reflexiv-kontrovers geschehen.

Dieses Vorgehen ist im Kontext Szientismus auch deshalb wichtig, weil der Begriff in verschiedenen lebensweltlichen Diskursen als Mittel der Diskreditierung des Gegenübers verwendet wird (beispielsweise von Impfgegnern oder Homöopathie-Anhängern gegenüber der naturwissenschaftlich begründeten Medizin). Um zu vermeiden, anti-szientifischen Vorurteilen Vorschub zu leisten, sollte diese Problematik mit Schülerinnen und Schülern explizit besprochen werden. Ich schlage außerdem vor, statt der Kampfbegriffe Szientismus-Wissenschaftsgläubigkeit und Anti-Szientifismus-Wissenschaftsfeindlichkeit das neutrale Begriffspaar Wissenschaftsoptimismus / Wissenschaftspessimismus zu verwenden.

2.6 Epistemische Kompetenz im Abitur

In Publikation 6 wird das Problem behandelt, dass Wissenschaftsverständnis, NOS oder epistemische Kompetenz im Abitur praktisch nicht geprüft wird. Es werden Leitlinien zur adäquaten Gestaltung von Prüfungsaufgaben vorgeschlagen und auf ein konkretes Beispiel angewendet:

Nimmt man an, dass die meisten Lehrerinnen und Lehrer das Ziel verfolgen, ihre Schülerinnen und Schüler optimal auf das Abitur vorzubereiten und nimmt man an, dass die Zeit für diese Vorbereitung angesichts der umfangreichen Vorgaben knapp ist, lässt sich vermuten, dass epistemische Wissenschaftsreflexion im Unterricht eine untergeordnete Rolle spielt, weil sie im Abitur nicht geprüft wird. Umgekehrt bedeutet das, dass Abituraufgaben ein

zentraler Hebel zur Implementation von Wissenschaftsreflexion im Biologieunterricht sein könnten. Dabei käme der Ausgestaltung dieser Aufgaben eine wesentliche Bedeutung zu, weil die fachlichen Anforderungen im Abitur vermutlich die Vermittlungspraxis im Sinne eines *teaching to the test* stark beeinflussen.

Es wird argumentiert, dass Prüfungsaufgaben im Kompetenzbereich Reflexion, sowohl in ethischer als auch epistemischer Hinsicht, durch bestimmte Konstruktionsmerkmale charakterisiert sein müssen, die sich aus den etablierten Standards der geisteswissenschaftlichen Fächer und aus vorhandenen Kompetenzstrukturmodellen ableiten lassen. Die ohnehin sehr wenigen Aufgaben im Bereich Bewertungskompetenz erfüllen diese Mindestanforderungen an eine fachlich angemessene ethische Auseinandersetzung allerdings nicht. Dies irritiert, weil Bewertungskompetenz, im Gegensatz zu epistemischer Kompetenz, seit langem curricular verankert ist und Unterrichtsmaterialien sowie Handreichungen verfügbar sind.

Eine der wenigen Vorgaben in den derzeit gültigen Lehrplänen für das Fach Biologie, die sich dem Bereich Wissenschaftsverständnis bzw. epistemische Kompetenz zuordnen lassen, ist, dass Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit entwickeln sollen, sich mit nicht-naturwissenschaftlichen Erklärungen zur Entstehung und Entwicklung der Lebewesen auseinanderzusetzen. In der untersuchten Abituraufgaben-Stichprobe wurde diese Fähigkeit einmal eingefordert. Auch diese Aufgabe weist, aus der Perspektive epistemischer Kompetenz, allerdings grundlegende fachliche Schwächen auf:

Es wird argumentiert, dass die Positionen tatsächlicher Kreationisten in der Aufgabe nicht deutlich werden und es daher unklar bleibt, wogegen die Schülerinnen und Schüler überhaupt Stellung beziehen sollen. Zudem wird in der Aufgabenstellung gefordert, dass die Kandidaten auf Basis der Evolutionstheorie gegen den Kreationismus argumentieren sollen und nicht mit wissenschaftstheoretischen Argumenten. Dies ist aber, wenn überhaupt, nur in Bezug auf bestimmte Spielarten des Kreationismus eine sinnvolle Strategie und geht in aller Regel an der tatsächlichen Auseinandersetzung vorbei. Hinzu kommt, dass auch die erwarteten biologiefachlichen Argumente teilweise so schwach sind, dass sie in einer Diskussion mit echten Kreationisten vermutlich nicht weiterhelfen würden.

Wir skizzieren, am Beispiel eines kreationistischen Lehrbuchs, wie den darin enthaltenen Argumenten begegnet werden müsste. Ob Schülerinnen

und Schüler im Rahmen des traditionellen Biologieunterrichts mit den argumentativen Ressourcen für eine adäquate Auseinandersetzung mit dem Kreationismus ausgestattet werden können, scheint jedoch zweifelhaft. Hierfür fehlen gegenwärtig sowohl die Zeit als auch die Expertise bei Lehrkräften. Es ist zu bedenken, dass das Gleiche für ethische Probleme gilt, in denen biologisches Fachwissen ebenfalls nur einen Nebenaspekt darstellt und die relevanten Argumente philosophischer Natur sind. Wir schließen mit der Forderung, allgemeinbildende, interdisziplinär angelegte und auf die Diskussion lebensweltlicher Kontroversen mit wissenschaftlichem Hintergrund ausgerichtete Kurse, beispielsweise im Rahmen von Projektkursen durchzuführen und zu evaluieren.

2.7 Anhang: Didaktische Rekonstruktion des Demarkationsproblems

Um, wie in Publikation 1 und 6 vorgeschlagen, ein Demarkationsproblem im Unterricht oder im Rahmen eines universitären Seminars gewinnbringend nutzen zu können, ist es erforderlich dieses didaktisch zu rekonstruieren. Im folgenden Abschnitt werden einige *provisorische* Ergebnisse einer solchen Rekonstruktion vorgestellt:

Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion ist ein theoretischer und methodischer Rahmen, sowohl für die Unterrichtsplanung als auch für die fachdidaktische Lehr-Lernforschung. Es besteht aus den drei Teilen *Fachliche Klärung*, *Erfassung der Schülerperspektiven* und *Didaktische Strukturierung*. Leitender Gedanke des Modells ist, dass Schülerinnen und Schüler häufig mit Vorstellungen in den Unterricht kommen, die sich von fachlichen Konzeptionen stark unterscheiden. Diese Vorstellungen müssen bei der Gestaltung des Unterrichts berücksichtigt werden, damit eine Veränderung in Richtung der fachlichen Konzepte wahrscheinlich wird (Kattmann 1997; Reinfried et al. 2009). Die für die *Didaktische Rekonstruktion* zu leistenden Forschungs- und Entwicklungsaufgaben betreffen (Reinfried 2009, S. 407):

- die empirische Erforschung der Anschauungen und inneren Vorstellungen von Lernenden zum jeweiligen Sachverhalt, sowie ihrer Lernwege durch Befragungen (*Erhebung von Schülervorstellungen zur Unterscheidung von Wissenschaft und Pseudowissenschaft in einem konkreten Kontext*).

- die Analyse der historischen und aktuellen Erkenntnisprozesse der jeweiligen Fachwissenschaften mit hermeneutischen Methoden (*Fachliche Klärungen* zum Demarkationsproblem, allgemein und im Kontext, s.o.).
- die Erstellung einer Lernstruktur mit den entsprechenden Konsequenzen für den Unterricht, bei der die Beziehungen zwischen der erarbeiteten jeweiligen Sachstruktur und den erhobenen Lerner-Perspektiven leitend sind (*didaktisch rekonstruierter Unterricht* zum Demarkationsproblem, relevanter Kontext, s.o.).

2.7.1 Vorstellungen zum Demarkationsproblem

Im Rahmen der Dissertation wurden mehrere kleinere empirische Studien durchgeführt. Die in diesem Rahmen gewonnenen Erkenntnisse sind überaus vorläufig und in vielerlei Hinsicht limitiert. Es wird nicht der Anspruch der Verallgemeinerbarkeit erhoben. Dennoch sollen hier einige grundlegende Befunde berichtet werden, weil sie möglicherweise Trends anzeigen, die einer Überprüfung wert wären.

In einer Studie wurden 20 Master- und 35 Bachelorstudierende dazu befragt, ob sie eine Definition von Wissenschaft für möglich halten, wie sie den Wissenschaftsstatus von Homöopathie und Intelligent-Design-Kreationismus einschätzen und wie sie ihre Einschätzung begründen. Außerdem wurde gefragt, wie sie die Verlässlichkeit naturwissenschaftlichen Wissens in verschiedenen Disziplinen einschätzen. Insgesamt wurden 16 geschlossene Items plus offenem Antwortformat verwendet. Ein Kategoriensystem wurde induktiv am Datenmaterial entwickelt. Zusätzlich wurden mit zehn Studierenden teilstrukturierte Follow-Up-Interviews geführt und das Kategoriensystem auf Basis der Interviewdaten ergänzt bzw. korrigiert.

Diese Stichprobe war in verschiedenen Hinsichten nicht repräsentativ: Beispielsweise war die Anzahl der befragten Personen zu gering, zudem wurden nur Studierende des Faches Biologie befragt. Es kann vermutet werden, dass Lehramtsstudierende der anderen Naturwissenschaften andere Ansichten haben. Hinzu kommt, dass in der Stichprobe überwiegend Frauen vertreten waren¹ (Interviews 8w/2m; Bachelor 22w/9m, 4 o. A.; Master

¹ Das resultiert aus der gegenwärtigen Verteilung im Lehramtsstudiengang Biologie, der ganz überwiegend von Frauen absolviert wird.

17w/1m, 2 o. A.). Dies könnte beispielsweise relevant sein, weil Hinweise existieren, dass Frauen häufiger Homöopathie nutzen als Männer (Peterle 2018) und dass Frauen insgesamt eher zur Akzeptanz von Übernatürlichem tendieren (Tobacyk 1983). In den Follow-Up-Interviews wurde zudem deutlich, dass die Studierenden einige Fragen falsch verstanden haben. Diese Fragen wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt, dennoch ist es möglich, dass weitere Fragen von Studierenden fehlinterpretiert wurden.

Die meisten Befunde, insbesondere die mit den Likert-Items gewonnenen, gelten daher nur für die untersuchte Gruppe². Wichtiger als die quantitativen Ergebnisse sind für unsere Fragestellung die Antworten auf die offenen Fragen und Interviews, auf deren Basis ein Kategoriensystem entwickelt wurde. Die Studierenden vertreten eine große Bandbreite von Ansichten darüber, wie sich Wissenschaft und Pseudowissenschaft unterscheiden. Auch diese Befunde gelten zunächst einmal nur für die untersuchte Studiengruppe, es ist sogar wahrscheinlich, dass andere Stichproben zu abweichenden Ergebnissen führen. Genau das ist eine wesentliche Erkenntnis der Studie:

Die verwendeten Wissenschaftlichkeitskriterien lassen sich nämlich zu einem großen Teil konkreten Lehrveranstaltungen zuordnen: Bei den Master-Studierenden dem Methodenseminar zum Praxissemester (hier wurden Gütekriterien empirischer Sozialforschung, Objektivität, Validität und Reliabilität, mit Wissenschaftlichkeit gleichgesetzt), sowie einem Seminar zur Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie der Naturwissenschaften (hier wurde meist mit Falsifizierbarkeit argumentiert). Und bei den Bachelor-Studierenden einer Veranstaltung des NAWI-Grundlagenmoduls (hier wurde auf ein Modell des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs Bezug genommen, welches induktive und deduktive Elemente vereint).

² Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Biologie-Lehramtsstudierende der Universität Münster im Allgemeinen optimistisch sind, dass Wissenschaft und Pseudowissenschaft unterschieden werden können. Eine Mehrheit schreibt wissenschaftlichem Wissen besondere Verlässlichkeit zu, etwa ein Drittel sieht dies aber skeptisch. Dass Wissenschaftlichkeit und Verlässlichkeit miteinander und beide mit der empirischen Zugänglichkeit des jeweiligen Gegenstandsbereiches korrelieren, scheinen die meisten Studierenden dennoch zu meinen. Die meisten Studierenden halten sowohl Homöopathie als auch Intelligent-Design für eine Pseudowissenschaft. Dieses Urteil fällt hinsichtlich des Intelligent-Designs eindeutiger aus, es irritiert zudem, dass eine Mehrheit der Studierenden es für möglich hält, Homöopathie könnte in Zukunft Wissenschaftsstatus erreichen.

Das hat zur Folge, dass sich die Argumentationen von Bachelor- und Master-Studierenden des gleichen Studiengangs an der WWU sehr deutlich unterscheiden. Dies wird vermutlich auch so sein, wenn Studierende verschiedener Fächer oder verschiedener Universitäten verglichen würden. Die Schlussfolgerung, die aus diesem Befund gezogen werden kann, ist, dass Ansichten über Wissenschaftlichkeit (zumindest im Rahmen von universitären Lehrveranstaltungen) beeinflusst werden können. Ein konkretes Desiderat wäre daher die Befragung von Schülerinnen und Schülern, die mit diesen Inhalten vermutlich noch gar nicht in Berührung gekommen sind³.

Interessant ist, dass die Studierenden das Demarkationsproblem offensichtlich nicht als *Problem* wahrgenommen haben. Fast alle Studierenden scheinen der Auffassung gewesen zu sein, eine Unterscheidung von Wissenschaft und Pseudowissenschaft sei, mittels der jeweiligen Kriterien, völlig *unproblematisch* möglich. Diese Sicherheit steht in einem Widerspruch zu der fachlichen Kontroverse über das Demarkationsproblem und zu dem diesbezüglichen Problembewusstsein von Experten.

2.7.2 Fachliche Klärungen zum Demarkationsproblem

Zur fachlichen Klärung des Demarkationsproblems wurde zum einen die umfangreiche Fachliteratur gesichtet, zusätzlich wurden Ansichten von Experten erhoben. Dabei wurden 24 Mitglieder eines Arbeitskreises Wissenschaftstheorie per Fragebogen zu verschiedenen Argumenten in den Kontexten Homöopathie und Intelligent-Design-Kreationismus befragt und acht Experten für Wissenschaftsphilosophie (überwiegend Dozenten im Fachbereich Philosophie) zu verschiedenen Aspekten des Demarkationsproblems interviewt.

Eine Darstellung der Geschichte des Demarkationsproblems oder auch nur des zeitgenössischen Diskurses sprengen den Rahmen dieses Abschnitts. Eine Übersicht geben beispielsweise der Eintrag in der *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Hansson 2014), sowie Kapitel in Lehrbüchern der Wissenschaftsphilosophie, beispielsweise von Martin Mahner (2007) oder Martin Curd et al. (2013). Mit *Philosophy of Pseudoscience* (Pigliucci

³ Eine Ausnahme dürften Personen sein, die in der Oberstufe Philosophiekurse belegt hatten. Zumindest gaben einzelne Studierende auf die Frage, woher sie ihre Kenntnisse über Wissenschaftlichkeit hätten, den Philosophieunterricht an.

2013) existiert zudem ein aktuelles Sammelwerk zu dem Thema, in dem insbesondere die Kapitel von Thomas Nickles sowie Daniel Thurs und Ronald Numbers in die allgemeine Problematik und Geschichte des Demarkationsproblems einführen.

In der Geschichte des Demarkationsproblems sind zahlreiche Lösungsvorschläge entworfen worden. Diesen kann zugutegehalten werden, dass sie jeweils wichtige Einsichten in das Phänomen Wissenschaft enthalten. Auf der anderen Seite hat sich zumindest bislang kein einfaches Kriterium finden lassen, mit dem Wissenschaft eindeutig zu bestimmen und von nicht-wissenschaftlichen Konkurrenten zu unterscheiden wäre. Dies gilt insbesondere auch für die Kriterien, die von den befragten Studierenden verwendet wurden, beispielsweise das auf Karl Popper zurückgehende *Falsifikationskriterium* (Popper 1994) oder das auf Autoren des Wiener Kreises zurückgehende *Verifikationskriterium* (beispielsweise Carnap 1931).

Es ist umstritten, ob komplexe *Kriterienkataloge*, wie die von Mario Bunge (1984) vorgeschlagene, aus zehn Familienähnlichkeitsaspekten zusammengesetzte Liste, erfolgreicher sind. Dies gilt auch für andere Ansätze, die auf *Familienähnlichkeiten* beruhen, beispielsweise in Hinblick auf explanatorische Kohärenz (Thagard 2007), Grad empirischen Wissens und theoretischen Verständnisses (Pigliucci 2013) oder unterschiedliche *Systematizitätsgrade* von Wissenschaft und Nicht-Wissenschaft (Hoyningen-Huene 2013).

Einige Wissenschaftstheoretiker vertreten auch die Ansicht, dass ein Demarkationskriterium, einfach oder komplex, in der Praxis gar nicht nötig wäre. Vielmehr müsste pragmatisch von Fall zu Fall entschieden werden (Laudan 1983). Im Fall des wissenschaftlichen Kreationismus, so meint beispielsweise Robert Pennock (2011), genüge es zum Ausschluss völlig, dass Intelligent-Design den methodischen Naturalismus als provisorische, aus der Erfahrung gewonnene und praktisch begründete Grundregel der Naturwissenschaften missachte. In anderen Fällen müssten entsprechend andere passende Kriterien herangezogen werden. Ausgeklügelte, universell auf alle Pseudowissenschaften passende Demarkationskriterien seien jedenfalls nicht nötig:

"We do not need to precisely delimit the boundaries of science any more than we need the precise boundaries of a pin to conclude that it is not science to ask how many angels can dance on its head." (Pennock 2011, S. 203)

Ein wichtiger Aspekt des Demarkationsproblems ist, dass nicht nur umstritten ist, nach *welchen* Kriterien Wissenschaft und Pseudowissenschaft unterschieden werden können, sondern bereits, ob das Anliegen einer Unterscheidung überhaupt *legitim* ist. Diese Kritik wird sowohl innerhalb der Wissenschaftstheorie, vor allem aber von Seiten der Wissenschaftssoziologie und -Geschichte vorgebracht (Hagner 2008; Gordin 2012). Manche Autoren gehen soweit, bereits den Versuch einer Abgrenzung von Wissenschaft und Pseudowissenschaft als szientistische Dogmatismus und illegitime Ausgrenzung zu bezeichnen (Babich 2015). Dies verweist auf den interessanten Aspekt, dass mit dem Demarkationsproblem nicht nur Fragen der Abwehr (von Pseudowissenschaft), sondern auch der Begrenzung (gegenüber szientistischen Überschätzungen) verbunden sind. Das Problem sozusagen von der Gegenseite, also nicht aus der Perspektive der *Ab-*, sondern der *Begrenzung* der (Natur-)Wissenschaft beleuchten beispielsweise die Beiträge in dem aktuellen Sammelwerk *Science Unlimited* (Boudry 2017).

Wissenschaftsphilosophische Experten sind sich der oben nur skizzierten Schwierigkeiten bewusst und sie berücksichtigen diese auch bei ihrer Argumentation zur Beurteilung potenzieller Pseudowissenschaft. Das bedeutet nicht, dass Experten zu einer anderen Beurteilung kommen würden (*alle* Experten halten sowohl Intelligent-Design als auch Homöopathie eindeutig für Pseudowissenschaften), es bedeutet nicht einmal zwingend, dass die Experten andere Kriterien einsetzen würden (das ist nur teilweise der Fall), die Unterschiede liegen eher darin, dass Experten die Schwierigkeiten kennen, diese aber gleichzeitig relativieren können, beispielsweise indem sie zugestehen, dass verschiedene Demarkationsprojekte auch unterschiedliche Herangehensweisen erfordern. Studierende verwenden Abgrenzungskriterien demgegenüber unkritisch: Sie vertreten entweder historische Ansichten (Verifikationskriterium, Falsifikationskriterium), ohne sich der damit verbundenen Schwierigkeiten bewusst zu sein, oder sie verallgemeinern methodologische Grundsätze sozialwissenschaftlicher Forschung zu allgemeinen Wissenschaftskriterien.

2.7.3 Didaktische Rekonstruktion: Ist Intelligent-Design Wissenschaft?

Sibylle Reinfried et al. (2009, S. 408) führen aus, dass Vorstellungsänderungen selten allein aufgrund rationaler Einsicht stattfinden. Affektive Aspekte wie Bedürfnisse, Interessen und Einstellungen spielten dabei eine nicht zu unterschätzende Rolle. Die Schülerinnen und Schüler sollten deshalb zur Reflexion darüber befähigt werden, inwieweit ihre Ansichten dem Problem gerecht werden und inwieweit ein adäquates, wissenschaftliches Verständnis zur Problemlösung beiträgt.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass Schülerinnen und Schüler mit ihrer intuitiv-vorunterrichtlichen bzw. unterrichtlichen Problemlösung vermutlich zufrieden sind, dass diese zu ihren Einstellungen und Weltanschauungen passt und dass sie sie daher ungern aufgegeben werden. Bei der didaktischen Rekonstruktion von biologischen Fachinhalten geht es darum, Alltagserklärungen in Richtung fachlicher Erklärungen zu verändern. Hierbei kann man davon ausgehen, dass die fachlichen Erklärungen häufig zwar weniger intuitiv sind, Probleme aber insgesamt besser lösen können. Im Bereich Wissenschaftsverständnis und auch im Kontext Demarkationsproblem besteht die besondere Schwierigkeit demgegenüber darin, dass ein befriedigendes fachliches Konzept möglicherweise gar nicht existiert und Gewissheiten aufgegeben werden sollen, ohne dass dafür neue angeboten werden können. Meiner Ansicht nach kann die Lösung für dieses Problem nur darin liegen, Schülerinnen und Schülern einerseits die Unzulänglichkeiten ihrer eigenen Lösungsansätze vor Augen zu führen, und aufzuzeigen, dass auch Alternativen Probleme beinhalten. Andererseits sollten sie aber verstehen, dass alle Vorschläge und Kritiken zu unserem Verständnis, was Wissenschaft ist, beigetragen haben. Welchen Standpunkt Schülerinnen und Schüler vertreten ist hingegen irrelevant solange grundlegende Übersicht vorhanden ist und angemessene Argumente verwendet werden.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass Demarkationsprobleme in der Regel im Rahmen gesellschaftlicher Kontroversen auftauchen, und daher Einstellungen und Weltanschauungen eine maßgebliche Rolle spielen. Die geplante Beeinflussung von Weltanschauungen und Einstellungen ist aus bildungsphilosophischer Sicht hochproblematisch und vermutlich in der Praxis auch nicht ohne weiteres möglich. Ziel jedes Unterrichts zum

Thema Demarkation, der relevante gesellschaftlicher Kontroversen als Kontext nutzt, muss daher immer auch das Verständnis der Kontroverse selbst sein, beispielsweise der historischen Zusammenhänge und der weltanschaulichen Positionen.

Verständnis ist hierbei keineswegs mit Akzeptanz gleichzusetzen: Zu verstehen, dass Personen aufgrund ihrer Einstellungen und Weltanschauungen in bestimmten Kontexten bestimmte Ansichten vertreten, bedeutet nicht, dass diese Ansichten damit gerechtfertigt wären. Es erklärt lediglich, warum diese Personen besseren Argumenten möglicherweise nicht zugänglich sind. Es ist klar, dass Weltanschauungen und Einstellungen, sofern sie bestimmte Grenzen nicht verletzen, auch dann zu tolerieren sind, wenn sie die *Akzeptanz* fachlicher Vorstellungen verhindern. Dennoch müssen entsprechende Personen fachliche Vorstellungen selbstverständlich zur Kenntnis nehmen *und* sie sollten verstehen, dass und warum ihre aus (irrationalen) Weltanschauungen und Einstellungen resultierende *Nicht-Akzeptanz* der fachlichen Vorstellungen kritisiert wird (Schmidt-Salomon 2016, S. 75-112).

Der seit einhundert Jahren vor US-amerikanischen Gerichten ausgefochtene Streit um den Wissenschaftsstatus zunächst der Evolutionstheorie und dann des vorgeblich wissenschaftlichen Kreationismus⁴ bietet einen Kontext, um im Biologieunterricht der Frage „Was ist Wissenschaft?“ problemorientiert nachzugehen. Ausgehend von einem konkreten Problem (beispielsweise Gerichtsverhandlung zu dem Antrag, Intelligent-Design als Inhalt des Biologieunterrichts zu behandeln) sollen Schülerinnen und Schüler ein vorläufiges, begründetes Urteil fällen. Die von den Schülern formulierten Begründungen geben einen Einblick in ihre Vorstellungen über Wissenschaftlichkeit, die im folgenden Unterricht problematisiert werden können. Hierbei können die Kriterien der Schülerinnen und Schüler mit historischen Lösungsvorschlägen zum Demarkationsproblem, denen sie vermutlich ähneln, verglichen werden. Vor dem Hintergrund der Verhandlung *McLean versus Arcansas* aus den 1980er Jahren und der an diesem Urteil geübten Kritik können Probleme und Einsichten von (zu rigiden und allgemeinen)

⁴ Unter Kreationismus wird hier jede Form von Schöpfungsglaube verstanden, sofern dieser (mindestens auch) den Anspruch erhebt, naturwissenschaftlich begründet zu sein.

Wissenschafts-Kriterien herausgearbeitet werden. Der Wandel in der Argumentationsstrategie beider Lager kann an einem zweiten großen Prozess, *Kitzmiller versus Dover*, erarbeitet werden, der in diesem Jahrhundert stattgefunden hat. Ein besonderes Augenmerk könnte in diesem Zusammenhang auf die Nutzung postmodernistisch-wissenschaftskritischer Argumente durch Intelligent-Design-Proponenten gelegt werden, weil diese Argumente auch in anderen Kontexten (z.B. Homöopathie) unter dem Deckmantel berechtigter Wissenschaftskritik zum Einsatz kommen. Umfassende englischsprachige Literatur ist vorhanden, eine Übersicht geben z.B. Robert Pennock und Michael Ruse (2009), die Expertengutachten beider Seiten lassen sich auch im Internet finden, z.B. auf der Seite des National Center for Science Education (NCSE 2008).

Wesentlich dürfte sein, die Ursachen für die Kontroverse zu beleuchten. Dazu gehört, neben einer Klärung der juristischen Besonderheiten des US-Kontextes vor allem auch die genaue Analyse des weltanschaulichen Konfliktes. Dieser wird häufig auf den Aspekt verkürzt, dass die Evolutionstheorie offensichtlich mit einem wörtlichen Verständnis der Bibel nicht vereinbar ist. Ein weiterer wichtiger Grund ist aber beispielsweise auch, dass durch die Evolutionstheorie eine naturalistische Erklärung der Vielfalt und Anpasstheit der Lebewesen vorliegt und damit ein zentrales (und überaus eingängiges) Argument für die Existenz Gottes obsolet geworden ist (Paley 1837). Der Versuch dieses Argument zu retten, bildet beispielsweise den Kern der Strategie des Intelligent-Designs, dessen Vertreter sich auf die Bibel gar nicht mehr beziehen. Einen guten Überblick über die historischen Hintergründe aber auch die Bezüge zu aktuellen Kulturkämpfen um Einheit der Wissenschaft, Szientismus und relativistische Wissenschaftsauffassung bietet beispielsweise ein aktuelles Buch des Historikers Adam Laats und des Bildungsphilosophen Harvey Siegel (2016).

Ein Desiderat besteht darin, die hier nur skizzierte Unterrichtseinheit konkret zu planen, durchzuführen und zu evaluieren. Im Rahmen des normalen Biologieunterrichts dürfte dies gegenwärtig nur mit Schwierigkeiten möglich sein. Zu groß ist der durch lehrersichere Curricula und zentrale Abiturprüfungen erzeugte Konformitäts- und Zeitdruck, unter dem die Kollegen derzeit stehen. Möglicherweise bieten die in manchen Bundesländern etablierten, obligatorisch fächerübergreifend angelegten Projektkurse eine

Gelegenheit. Eine Unterrichtseinheit zu den hier nur umrissenen Grenzfragen der Wissenschaft sollte dann in Zusammenarbeit mit Kollegen aus den Fächern Philosophie und Religion konzipiert und durchgeführt werden.

3 Zusammenfassung

Im ersten Kapitel wurde die normativ-theoretische Ausrichtung der vorliegenden Arbeit gerechtfertigt: Es wurde argumentiert, dass Philosophie für die Weiterentwicklung des Biologieunterrichts in drei Hinsichten relevant ist. Erstens als Bestandteil und Gegenüber, als externer Kritiker der Wissenschaft Biologiedidaktik und zweitens als ihre Fortsetzung in empirisch unzugänglichen, normativen Bereichen. Abhängig von der konkreten Begründung des Biologieunterrichts kann aus bildungstheoretischer Sicht argumentiert werden, dass Reflexion über die Naturwissenschaft Biologie, d.h. über Status, Genese (epistemische Reflexion) und Anwendung (ethische Reflexion) biologischen Wissens, (mindestens in der Oberstufe) der bildungsbedeutsame Kern des Faches ist. Damit wird Philosophie drittens zum unverzichtbaren Bestandteil der Ausbildung, Fort- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern. Hierbei steht, neben inhaltlichen Aspekten, vor allem die Entwicklung einer philosophisch-kritischen Haltung im Vordergrund. Philosophische Reflexion ist demnach auf drei Ebenen notwendig:

- Wissenschaftstheoretische Reflexion von Bedingungen, Annahmen, Methoden und Erkenntnissen der BD selbst,
- Begründung und Kritik der Zwecke von BU aus bildungsphilosophischer Perspektive, sowie
- Untersuchung der Bedingungen, Annahmen, Methoden und Erkenntnisse der Philosophie der Biologie in Hinblick auf ihre Bedeutung für BU, Lehrerausbildung, Fortbildung und Weiterbildung.

Im zweiten Kapitel wurde vor allem der dritte Aspekt vertieft: Epistemische Kompetenz beansprucht, ein bildungstheoretisch begründeter, wissenschaftsphilosophisch informierter und kompetenzorientierter Ansatz zur Vermittlung von Wissenschaftsverständnis im naturwissenschaftlichen Unterricht zu sein:

Es wurde argumentiert, dass Wissenschaftsreflexion im Biologieunterricht notwendig ist, um Personen auf grundlegende gesellschaftliche Gegenwartsdiskurse vorzubereiten. Weiter wurde aufgezeigt, dass Wissenschaftsreflexion in Lehrplänen und Abiturprüfungen kaum berücksichtigt wird und daher im Unterricht derzeit vermutlich nur einen geringen Stellenwert hat.

Sofern wissenschaftsreflexive Aspekte im Unterricht überhaupt behandelt werden, geschieht dies vermutlich oft in inadäquater Weise, weil in der Fachdidaktik gegenwärtig verbreitete Unterrichtskonzepte dazu tendieren, Kontroversität zu eliminieren. Epistemische Kompetenz stellt demgegenüber Kontroversität ins Zentrum wissenschaftsreflexiven Unterrichts. Wichtige Dimensionen epistemischer Kompetenz sind daher, neben wissenschaftsphilosophischem Überblickswissen, kritisches Denken, Ambiguitätstoleranz und die Fähigkeit mit Aporien umgehen zu können.

Es wurde argumentiert, dass der Streit um den Wissenschaftsstatus möglicher Pseudowissenschaften ein geeigneter Kontext sein könnte, um die genannten Kernbereiche epistemischer Kompetenz zu fördern. In Hinblick auf den Biologieunterricht bietet sich hierfür der seit 150 Jahren unter verschiedenen Vorzeichen geführte Streit zwischen Verfechtern der Evolutionstheorie und ihren religiösen Gegnern an.

4 Desiderate

Weitere Arbeit ist in mehreren sehr unterschiedlichen Richtungen notwendig:

- Erstens ist die bildungstheoretische Begründung des Konzepts überaus knapp und unzureichend geblieben. Naturwissenschaftlicher Unterricht bedarf, wie in Abschnitt 1.3 ausgeführt wurde, einer stichhaltigen und konsistenten Begründung auf der Basis eines schlüssigen und zeitgemäßen Allgemeinbildungskonzeptes. Es ist wichtig ein weiteres Mal zu betonen, dass *kontinuierliche* Arbeit an den normativen Fundamenten des naturwissenschaftlichen Unterrichts unverzichtbar ist, weil sich Fragen nach den grundlegenden Zielen der Fächer *prinzipiell* nicht abschließend beantworten lassen (siehe auch Abschnitt 1.2). Dies ist so, weil die Problemfelder schulischer Allgemeinbildung und damit die Anforderungen an zeitgemäße Allgemeinbildungskonzepte, von Veränderungen der gesellschaftlichen Rahmenbedingungen abhängig sind. In Abschnitt 1.3 wurde angedeutet, dass die Forderung nach epistemischer Kompetenz, auch vor dem Hintergrund der gegenwärtigen gesellschaftlichen Erfordernisse, möglicherweise plausibler begründet werden kann als die Forderung nach disziplinärem Fachwissen. Es ist erforderlich diese Argumentation innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktik, aber auch darüber hinaus, zur Diskussion zu stellen.
- Zweitens lassen die vorliegenden empirischen Befunde zu den lernerseitigen Voraussetzungen der Förderung epistemischer Kompetenz zu wünschen übrig: Sie sind nicht verallgemeinerbar, liegen nur für einen bestimmten Aspekt epistemischer Kompetenz und zudem auch nur für den universitären Bereich vor (Abschnitt 2.7). Wissen über die Vorstellungswelt der Schülerinnen und Schüler ist Bedingung für die Konzeption von Lehrmaterial, daher stellt die Erhebung von Vorstellungen über Wissenschaftlichkeit bei Schülerinnen und Schülern der Oberstufe ein Desiderat dar. Wünschenswert wären zudem empirische Untersuchungen zu anderen Dimensionen epistemischer Kompetenz, beispielsweise zu relevanten Einstellungen oder argumentativen Fähigkeiten. Dies gilt natürlich nicht nur für Schülerinnen und

Schüler, sondern auch für angehende Lehrerinnen und Lehrer. Bezogen auf die Lehrerausbildung legen die vorliegenden Befunde nahe, dass ein zentraler Aspekt epistemischer Kompetenz, Bewusstsein der Schwierigkeiten von Wissenschaftsreflexion, wenig vorhanden ist. Dies sollte in den entsprechenden Lehrveranstaltungen berücksichtigt werden. Die Planung, Durchführung und Evaluation einer entsprechenden Lehrveranstaltung stellt damit ebenfalls ein Desiderat dar (siehe folgender Punkt).

- Drittens sind bislang lediglich allgemeine Hinweise darauf gegeben worden, wie epistemische Kompetenz im Unterricht bzw. in universitären Lehrveranstaltungen gefördert werden kann. Ein ausgearbeitetes Unterrichtsbeispiel mit entsprechenden Materialien fehlt. Problematisch ist hierbei, dass Unterricht in der gymnasialen Oberstufe gegenwärtig sehr stark durch Lehrpläne und zentrale Abiturprüfungen determiniert wird. Solange Wissenschaftsverständnis, NOS oder epistemische Kompetenz nicht durch die Lehrpläne vorgegeben sind, werden Autoren von Schulbüchern und Lehrermaterialien diese Aspekte auch nicht berücksichtigen. Andere Möglichkeiten zur Verbreitung von Unterrichtsmaterial sind in Deutschland rar, es scheint aber ohnehin unwahrscheinlich, dass Kolleginnen und Kollegen unter den Bedingungen des Zentralabiturs und vor dem Hintergrund ihrer Ausbildung geneigt sind, von sich aus wissenschaftsreflexive Themen zu behandeln. Dies wird erst geschehen, sobald eine Notwendigkeit in Hinblick auf das Abitur besteht. Sollten wissenschaftsreflexive Aspekte in den zukünftigen Bildungsstandards für die Oberstufe, die gegenwärtig unter Federführung des IQB in Berlin entwickelt werden, stärker berücksichtigt sein als dies bislang der Fall ist, besteht ein besonders dringliches Desiderat darin, neben Unterrichtsbeispielen auch adäquate Aufgabenbeispiele zu konzipieren. Diese sind notwendig, um Lehrkräften zu verdeutlichen, wie sie Wissenschaftsverständnis, NOS oder epistemische Kompetenz in Hinblick auf das Zentralabitur fördern müssen. Dieser Punkt hängt somit von Rahmenbedingungen ab, die nicht beeinflusst werden können. Möglicherweise ist es daher sinnvoll, den Fokus zunächst auf den Bereich universitärer Lehrerausbildung zu legen (siehe vorangegangener Punkt).

- Viertens stellen Nachweise, dass Teilbereiche epistemischer Kompetenz im Unterricht gefördert werden können und Vergleiche verschiedener Unterrichtskonzepte weitere Desiderate dar. Diese Aufgaben stellen sich vermutlich aber erst dann, wenn die umrissenen Vorbedingungen erfüllt sind.

5 Literaturverzeichnis Teil 1

- Abd-El-Khalick, F. (2001). Embedding Nature of Science Instruction in Pre-service Elementary Science Courses: Abandoning Scientism, But... *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 215–233. doi.org/10.1023/A:1016720417219
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701. doi.org/10.1080/09500690050044044
- Aikenhead, G. S. (1996). Science Education: Border Crossing into the Subculture of Science. *Studies in Science Education*. (27), 1–52.
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518–542. doi.org/10.1002/sce.20432
- Anelli, C. (2012). Scientific Literacy: What Is It, Are We Teaching It, and Does It Matter? *American Entomologist*, 57(4), 235–243. Retrieved from http://entomology.wsu.edu/wp-content/uploads/2012/02/Anelli2011_scientific-lit.pdf
- Babich, B. (2015). Calling Science Pseudoscience: Fleck's Archaeologies of Fact and Latour's 'Biography of an Investigation' in AIDS Denialism and Homeopathy. *International Studies in the Philosophy of Science*, 29(1), 1-39. doi.org/10.1080/02698595.2015.1071550
- Barrow, R., & Woods, R. (2001). *An introduction to philosophy of education* (3. ed.). London: Routledge.
- Baumert, J. (2001). *Deutschland im internationalen Bildungsvergleich*. Mc Kinsey. Werkstattgespräche, Museum für ostasiatische Kunst, Köln.
- Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the Nature of Science and Decision Making on Science and Technology Based Issues. *Science Education*, 87(3), 352–377. doi.org/10.1002/sce.10063
- Bell, R. L., Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (2000). Developing and acting upon one's conception of the nature of science: A follow-up study. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 563–581. doi.org/10.1002/1098-2736(200008)37:6<563::AID-TEA4>3.0.CO;2-N
- Berck, K.-H., & Graf, D. (2018). *Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden* (5., aktualisierte Auflage). Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag.
- Biesta, G. (2007). Why "What Works" won't work: Evidence-Based Practice and the Democratic Deficit in Educational Research. *Educational Theory*, 57(1), 1–22. doi.org/10.1111/j.1741-5446.2006.00241.x

- Bosse, D. (2013). Die gymnasiale Oberstufe unter Standardisierungsdruck. In D. Bosse, F. Eberle, & B. Schneider-Taylor (Eds.), *Standardisierung in der gymnasialen Oberstufe* (pp. 69–80).
- Boudry, M., & Pigliucci, M. (Eds.). (2017). *Science unlimited? The challenges of scientism*.
- Brezinka, W. (2015). Die "Verwissenschaftlichung" der Pädagogik und ihre Folgen. Rückblick und Ausblick. *Zeitschrift Für Pädagogik*, 61(2), 282-294.
- Brüggemann, O. (1967). *Naturwissenschaften und Bildung.: Die Anerkennung des Bildungswertes der Naturwissenschaften in Vergangenheit und Gegenwart*. Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Bunge, M. (1984). What is Pseudoscience? *The Sceptical Inquirer*. (9), 36–51.
- Burkard, U., & Schecker, H. (2014). Curriculare Delphi-Studien. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 159–168). Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum.
- Bussmann, B., & Haase, V. (2016). Was heißt es, Indoktrination zu vermeiden? *ZfDPE*, 38(3), 87–99.
- Carey, S., & Smith, C. (1993). On Understanding the Nature of Scientific Knowledge. *Educational Psychologist*, 28(3), 235–251.
- Carnap, R. (1931). Überwindung der Metaphysik durch logische Analyse der Sprache. *Erkenntnis*. (2), 219–241.
- Carrier, M. (2007). Wege der Wissenschaftsphilosophie im 20. Jahrhundert. In A. Bartels & M. Stöckler (Eds.), *Wissenschaftstheorie: Ein Studienbuch* (pp. 15–45). Paderborn: Mentis.
- Curd, M., Cover, J. A., & Pincock, C. (Eds.). (2013). *Philosophy of science: The central issues* (2nd ed). New York: W.W. Norton.
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., & Chai, C. S. (2011). Students' Views of the Nature of Science: A Critical Review of Research. *Science Education*, 95(6), 961–999. doi.org/10.1002/sce.20460
- Destatis. (2018). *Statistisches Jahrbuch Deutschland 2018*. Wiesbaden.
- Dittmer, A. (2010). *Nachdenken über Biologie: Über den Bildungswert der Wissenschaftsphilosophie in der akademischen Biologielehrerbildung* (1. Aufl). Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.
- Dittmer, A. (2012). Wenn die Frage nach dem Wesen des Faches nicht zum Wesen des Faches gehört: Über den Stellenwert der Wissenschaftsreflexionen in der Biologielehrerbildung. *ZISU*. (1), 146–160.

- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the Light of Evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125–129. doi.org/10.2307/4444260
- DPG. (2008). *Naturwissenschaftler: Stundenstreichungen im achtjährigen Gymnasium gefährden Zukunftsfähigkeit unseres Landes*. Retrieved from www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/stellungnahmen/stundenstreichung_2008.pdf
- DPG, GDCh, GDNÄ, vdbiol, MNU, & VDI. (2006). Gemeinsame Stellungnahme zur Stundentafelgestaltung für die Oberstufe des achtjährigen Gymnasiums. Retrieved from <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/stellungnahmen/index.html>
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham [u.a.]: Open Univ. Press.
- Erdfelder, E., & Ulrich, R. (2018). Zur Methodologie von Replikationsstudien. *Psychologische Rundschau*, 69(1), 3–21. doi.org/10.1026/0033-3042/a000387
- Falkenhausen, E. v. (1985). *Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe*. Köln: Aulis-Verlag Deubner.
- Falkenhausen, E. v. (Ed.). (2000). *Biologieunterricht - Materialien zur Wissenschaftspropädeutik*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Fensham, P. J. (2016). The Future Curriculum for School Science: What Can Be Learnt from the Past? *Research in Science Education*, 46(2), 165–185. doi.org/10.1007/s11165-015-9511-9
- Ford, M. (2008). 'Grasp of Practice' as a Reasoning Resource for Inquiry and Nature of Science Understanding. *Science & Education*, 17(2-3), 147–177. doi.org/10.1007/s11191-006-9045-7
- Gordin, M. D. (2012). *The pseudoscience wars: Immanuel Velikovsky and the birth of the modern fringe*. Chicago: University of Chicago Press.
- Gräber, W., & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy - Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Eds.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 7–20). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Graf, D. Biologiedidaktische Dissertationen bis 2014. Retrieved from www.uni-giessen.de/fbz/fb08/Inst/biologiedidaktik/mitarbeiter/Graf/diss_biod_25_Jahre.pdf
- Gropengießer, H., Harms, U., & Kattmann, U. (Eds.). (2013). *Fachdidaktik Biologie* (9th ed.). Hallbergmoos: Aulis Verlag.

- Hagner, M. (2008). Bye-bye science, welcome pseudoscience? Reflexionen über einen beschädigten Status. In D. Rupnow (Ed.), *Pseudowissenschaft: Konzeptionen von Nichtwissenschaftlichkeit in der Wissenschaftsgeschichte* (1st ed., Vol. 1897, pp. 21–50). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Hamann, M., Konnemann, C., & Asshoff, R. (2016). Wissen über Grenzen der Naturwissenschaften (am Beispiel des Szientismus) und Bildung durch Biologieunterricht. In J. Menthe, D. Höttecke, & T. Zabka (Eds.), *Befähigung zur gesellschaftlichen Teilhabe; Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (pp. 261–272). [S.l.]: WAXMANN VERLAG GMBH.
- Hansson, L., & Lindahl, B. (2015). Students, science and scientism: A story about resistance. In IHPST (Ed.). Retrieved from <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:854733/FULLTEXT01>
- Hansson, S. O. (2014). Science and Pseudo-Science. Retrieved from <https://plato.stanford.edu/entries/pseudo-science/>
- Heise, H., Sinzinger, M., Struck, Y., & Wodzinski, R. (2014). *DPG-Studie zur Unterrichtsversorgung im Fach Physik und zum Wahlverhalten der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf das Fach Physik*.
- Hell, W. (2018). Signifikant! Die Replikationskrise in der Psychologie. *Skeptiker*. (2), 58–66.
- Henke, A. (2016). Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – Forschender und historisch orientierter Physikunterricht im Vergleich. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 22(1), 123–145. doi.org/10.1007/s40573-016-0046-z
- Heymann, H. W. (1996). *Allgemeinbildung und Mathematik. Reihe Pädagogik: Vol. 13*. Weinheim: Beltz.
- Hofheinz, V. (2008). *Erwerb von Wissen über "Nature of Science": Eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht*.
- Hoyningen-Huene, P. (2013). *Systematicity: The nature of science. Oxford studies in philosophy of science*. New York: Oxford University Press.
- Huber, L. (2013). Welche Wahl haben Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe. In D. Bosse, F. Eberle, & B. Schneider-Taylor (Eds.), *Standardisierung in der gymnasialen Oberstufe* (pp. 81–104).
- IBO. (2018). The International Baccalaureate® (IB) Diploma Programme (DP) curriculum. Retrieved from <https://www.ibo.org/programmes/diploma-programme/curriculum/>

- Jenkins, E. W. (2013). The 'nature of science' in the school curriculum: The great survivor. *Journal of Curriculum Studies*, 45(2), 132–151. doi.org/10.1080/00220272.2012.741264
- Kampourakis, K. (Ed.). (2013). *The philosophy of biology: A companion for educators. History, philosophy and theory of the life sciences: v.1*. Dordrecht, New York: Springer.
- Kattmann, U. (2013a). Begründung des Biologieunterrichts. In H. Gropengießer, U. Harms, & U. Kattmann (Eds.), *Fachdidaktik Biologie* (9th ed., pp. 24–28). Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Kattmann, U. (2013b). Auswahl und Verknüpfung der Lerninhalte. In H. Gropengießer, U. Harms, & U. Kattmann (Eds.), *Fachdidaktik Biologie* (9th ed., pp. 29–39). Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschafts-didaktische Forschung und Entwicklung. *ZfDN*, 3(3), 3–18.
- Kauder, P. (2014). Themenkonjunkturen im Spiegel erziehungswissenschaftlicher Dissertationen und Habilitationen 1945 – 2009. In R. Fatke & J. Oelkers (Eds.), *Das Selbstverständnis der Erziehungswissenschaft: Geschichte und Gegenwart: 60. Beiheft* (1st ed.). Weinheim: Beltz.
- Keuffer, J., & Hahn, S. (Eds.). (2009). *Wissenschaftspropädeutik. TriOs: Vol. 4.2009,2*.
- Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551–578. doi.org/10.1002/tea.10036
- Killermann, W., Hiering, P., & Starosta, B. (2005). *Biologieunterricht heute* (14th ed.). Donauwörth: Auer.
- Kircher, E., & Dittmer, A. (2004). Lehren und lernen über die Natur der Naturwissenschaften - ein Überblick. In C. Hößle, D. Höttecke, & E. Kircher (Eds.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (pp. 2-22). Schneider Verlag Hohengehren.
- Klafki, W. (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. s.l.: Beltz Verlagsgruppe.
- KMK (2018). Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung, Retrieved from www.kmk.org/themen/allgemeinbildende-schulen/bildungswege-und-abschluesse/sekundarstufe-ii-gymnasiale-oberstufe-und-abitur.html

- Köchy, K. (2008). *Biophilosophie zur Einführung. Zur Einführung: Vol. 350*. Hamburg: Junius.
- Kremer, K. H. (2010). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen: Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I (Dissertation). Universität Kassel, Kassel.
- Krohs, U., & Toepfer, G. (Eds.). (2005). *Philosophie der Biologie: Eine Einführung* (Orig.-Ausg., 1. Aufl, Vol. 1745). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (Eds.). (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Imprint: Springer Spektrum.
- Kuhlmann, M. (2017). Allgemeine Wissenschaftstheorie und die Philosophie der Einzelwissenschaften. In S. Lohse & T. Reydon (Eds.), *Grundriss Wissenschaftsphilosophie: Die Philosophien der Einzelwissenschaften* (pp. 17-52). Darmstadt: WBG.
- Kupsch, J. (2008). "Alles, was man wissen muss" Bausteine für ein Fächer übergreifendes Kerncurriculum Naturwissenschaften. In K. P. Ohly & G. Strobl (Eds.), *Beltz-Bibliothek. Naturwissenschaftliche Bildung: Konzepte und Praxisbeispiele für die Oberstufe* (pp. 171–212). Weinheim: Beltz.
- Laats, A., & Siegel, H. (2016). *Teaching evolution in a creation nation. The history and philosophy of education*.
- Laudan, L. (1983). The Demise of the Demarcation Problem. *Physics, Philosophy and Psychoanalysis*, 76, 111–127. doi.org/10.1007/978-94-009-7055-7_6
- Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understanding of the nature of science. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 83–126). Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–880). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521. doi.org/10.1002/tea.10034
- Lind, G. (1996). Physikunterricht und formale Bildung. *ZfDN*, 2(1), 53–68.
- Mahner, M. (2007). Demarcating Science from Non-Science. In T. A. F. Kuipers (Ed.), *Handbook of the philosophy of science. General philosophy of science: Focal issues* (pp. 515–575). Amsterdam, London: North Holland.

- Mahner, M., & Bunge, M. (2000). *Philosophische Grundlagen der Biologie*. Berlin: Springer.
- Marniok, K., & Reiners, C. S. (2016). Die Repräsentation der Natur der Naturwissenschaften in Schulbüchern. *CHEMKON*, 23(2), 65–70. doi.org/10.1002/ckon.201610265
- Matthews, M. R. (2015). *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science* (20th anniversary rev. and expanded ed.). New York, NY: Routledge.
- Mayer, J. (2007). Mayer: Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung - Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- McComas, W. F., & Olson, Joanne, K. (1998). The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In W. F. McComas (Ed.), *The Nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 41–52). Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Millar, R. (2002). Towards a science curriculum for public understanding. In S. Amos (Ed.), *Teaching science in secondary schools: A reader* (pp. 113–128). London: Routledge-Falmer.
- Mohr, H. (2005). *Strittige Themen im Umfeld der Naturwissenschaften: Ein Beitrag zur Debatte über Wissenschaft und Gesellschaft* (Vol. 16). Berlin: Springer.
- Moser, P. (2008). Von der Wissenschaftstheorie zur Wissenschaftsphilosophie: Ein Gespräch mit Martin Carrier, Holger Lyre, Wolfgang Spohn und Manfred Stöckler. *Information Philosophie*. Retrieved from <http://www.information-philosophie.de/?a=1&t=939&n=2&y=4&c=68#>
- MSW NRW. (2018). *Amtliche Schuldaten*. Retrieved from <https://www.schulministerium.nrw.de/docs/bp/Ministerium/Service/Schulstatistik/Amtliche-Schuldaten/index.html>
- National Center for Science Education (Ed.). (2008). *Kitzmiller, et al. v. Dover Area School District - Expert Report*. Retrieved from <http://ncse.com/creationism/legal/expert-witnesses>
- Neumann, I., & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. *ZfDN*, 19, 211–234.
- Niaz, M. (2001). Understanding nature of science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, 85(6), 684–690. doi.org/10.1002/sce.1032

- OECD. (2013). PISA 2015: DRAFT SCIENCE FRAMEWORK. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>
- Ohly, K. P., & Strobl, G. (2008). Einführung. In K. P. Ohly & G. Strobl (Eds.), *Beltz-Bibliothek. Naturwissenschaftliche Bildung: Konzepte und Praxisbeispiele für die Oberstufe* (pp. 9–14). Weinheim: Beltz.
- Olson, J. K. (2018). The Inclusion of the Nature of Science in Nine Recent International Science Education Standards Documents. *Science & Education*, 27(7-8), 637–660. doi.org/10.1007/s11191-018-9993-8
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "Ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720. doi.org/10.1002/tea.10105
- Paley, W. (1837). *Natürliche Theologie*. Retrieved from <http://books.google.de/books?id=-84GAAAACAAJ&printsec>
- Pennock, R. T. (2011). Can't philosophers tell the difference between science and religion? Demarcation revisited. *Synthese*, 178(2), 177–206. doi.org/10.1007/s11229-009-9547-3
- Pennock, R. T., & Ruse, M. (Eds.). (2009). *But is it science? The philosophical question in the creation/evolution controversy* (Updated ed.). Amherst, N.Y.: Prometheus Books.
- Peterle, J.-T. (2018). *Homöopathie - ein Überblick*. Retrieved from <https://fowid.de/meldung/homoeopathie-ueberblick>
- Pigliucci, M. (2013). The Demarcation Problem. A (Belated) Response to Laudan. In M. Pigliucci, M. Boudry, & M. Pigliucci (Eds.), *Philosophy of pseudoscience: Reconsidering the demarcation problem*. Chicago, Ill.: The Univ. of Chicago Press.
- Pigliucci, M., Boudry, M., & Pigliucci, M. (Eds.). (2013). *Philosophy of pseudoscience: Reconsidering the demarcation problem*. Chicago, Ill.: The Univ. of Chicago Press.
- Pigliucci, M. (2016). The Nature of Philosophy: How Philosophy Makes Progress and Why It Matters. Retrieved from <https://platofootnote.wordpress.com/2016/04/01/the-nature-of-philosophy-preamble/>
- Popper, K. R. (1994). *Logik der Forschung* (10., verb. und verm. Aufl, Bd. 4). Tübingen: Mohr.
- Raspe, H. (2018). Die klinische Humanmedizin ist eine Handlungswissenschaft eigenen Rechts – ein Versuch. In D. Ringkamp & H. Wittwer (Eds.), *Was ist Medizin? Der Begriff der Medizin und seine ethischen Implikationen* (pp. 167–195). Freiburg, München: Verlag Karl Alber.

- Reinfried, S., Mathis, C., & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge Zur Lehrerinnen- Und Lehrerfortbildung*, 27(3), 404–414.
- Reinhardt, S. (2016). The Beutelsbach Consensus. Advance online publication. doi.org/10.4119/UNIBI/jsse-v15-i2-1523
- Reitschert, K., Langlet, J., Hößle, C., Mittelsten, Scheid, N., & Schlüter, K. (2007). Dimensionen Ethischer Urteilskompetenz: Dimensionierung und Niveaunkonkretisierung. *MNU*, 60(1), 43–51.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific Literacy / Science Literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., Schöps, K., Neumann, K., Schmidtner, S., Parchmann, I., & Prenzel, M. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2015: Ergebnisse des internationalen Vergleichs mit einem modifizierten Testansatz. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme, & O. Köller (Eds.), *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (pp. 45–98). Münster, New York: Waxmann.
- Schmidt-Salomon, M. (2016). *Die Grenzen der Toleranz: Warum wir die offene Gesellschaft verteidigen müssen* (Originalausgabe). München, Berlin, Zürich: Piper.
- Schulz, R. M. (2013). Philosophy of Education and Science Education: A Vital but Underdeveloped Relationship. In M. R. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history* (pp. 1259–1316). Dordrecht: Springer.
- Schurz, G. (2014). *Einführung in die Wissenschaftstheorie* (4., überarb. Aufl). Darmstadt: Wiss. Buchges.
- Schüssler, R., Schöning, A., Schwier, V., Schicht, S., Gold, J., & Weyland, U. (Eds.). (2017). *Forschendes Lernen im Praxissemester: Zugänge, Konzepte, Erfahrungen*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Schwartz, R. S. (2004). Epistemological Views in Authentic Science Practice: A Cross-discipline Comparison of Scintists' Views of Nature of Science and Scientific Inquiry (Dissertation).
- Shamos, Morris, H. (2002). Durch Prozesse ein Bewußtsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Eds.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 45–68). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

- Simmons, M. L., & Zeidler, D. L. (2006). Beliefs in the Nature of Science and Responses to Socioscientific Issues. In D. L. Zeidler (Ed.), *Science & Technology Education Library: Vol. 19. The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (pp. 81–94). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Snow, C. P. (2012). *The Two Cultures. Canto Classics*. New York: Cambridge University Press.
- Spörhase-Eichmann, U., & Köhler, K. (Eds.). (2012). *Biologie-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (5., überarb. Neuaufl.). Berlin: Cornelsen.
- Stenmark, M. (1997). What is Scientism? *Religious Studies*, 33(1), 15–32. doi.org/10.1017/S0034412596003666
- Strobl, G. (2008). Naturwissenschaftliche Bildung für alle auf der Oberstufe - Begründungen, Ziele und Realisierungsfragen. In K. P. Ohly & G. Strobl (Eds.), *Beltz-Bibliothek. Naturwissenschaftliche Bildung: Konzepte und Praxisbeispiele für die Oberstufe* (pp. 16–30). Weinheim: Beltz.
- Terhart, E. (2006). Bildungsphilosophie und empirische Bildungsforschung - (k)ein Missverhältnis? In L. Pongratz (Ed.), *Bildungsphilosophie und Bildungsforschung* (pp. 9–36). Bielefeld: Janus-Press.
- Terhart, E. (2011). Hat John Hattie tatsächlich den Heiligen Gral der Schul- und Unterrichtsforschung gefunden? Eine Auseinandersetzung mit *Visible Learning*. In E. e. a. Keiner (Ed.), *Metamorphosen der Bildung. Historie - Empirie - Theorie. Festschrift für Heinz-Elmar Tenorth*. (pp. 277–292). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Thagard, P. R. (2007). Coherence, Truth, and the Development of Scientific Knowledge. *Philosophy of Science*, 74, 28–47.
- Thomas, G. P., & Durant, J. R. (1987). Why Should We Promote the Public Understanding of Science? In M. Shortland (Ed.), *Scientific Literacy Papers* (pp. 1–14). Oxford: Rewley House.
- Thüringer Bildungsplan bis 18 Jahre, Freistaat Thüringen. Ministerium für Bildung, Jugend und Sport 2015.
- Tobacyk, Jerome, J., & Milford, G. (1983). Belief in Paranormal Phenomena: Assessment Instrument Development and Implications for Personality Functioning. *Journal of Personality and Social Psychology*, 44(5), 1029-1037.
- Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *ZfDN*, 16, 41–57.

- Vollmer, G. (1993). *Wissenschaftstheorie im Einsatz: Beiträge zu einer selbstkritischen Wissenschaftsphilosophie*. Stuttgart: S. Hirzel.
- Vollmer, G. (1995). *Biophilosophie*. Stuttgart: Reclam.
- Vollmer, G. (2000). Was ist Wissenschaft? In E. v. Falkenhausen (Ed.), *Biologieunterricht - Materialien zur Wissenschaftspropädeutik* (pp.152–163). Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Vollmer, G. (2011). Wie wissenschaftlich ist der Evolutionsgedanke? In D. Graf (Ed.), *Evolutionstheorie - Akzeptanz und Vermittlung im europäischen Vergleich* (pp.45–64). Berlin: Springer.
- Wuketits, F. M. (2000). Biologie und Religion: Warum Biologen ihre Nöte mit Gott haben. *PdNBidS*, 49(6), 2–5.
- Wuketits, F. M. (2011). Affen und Menschen: Zum gegenwärtigen Bild einer erregenden Verwandtschaft. In B. Kanitscheider (Ed.), *Schriftenreihe der Karl Popper Foundation Klagenfurt: Vol. 6. Das naturwissenschaftliche Weltbild am Beginn des 21. Jahrhunderts* (pp.143–160). Frankfurt am Main [u.a.]: Lang.
- Yacoubian, Hagop, A. (2012). Towards a Philosophically and a Pedagogically Reasonable Nature of Science Curriculum (Dissertation). University of Alberta, Edmonton, Alberta.
- Zeidler, D. L., Walker, K. A., Ackett, W. A., & Simmons, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), 343–367. doi.org/10.1002/sce.10025
- Zeyer, A. (2005). Szientismus im naturwissenschaftlichen Unterricht? Konsequenzen aus der politischen Philosophie von John Rawls. (Jahrgang 11), 193-206. Retrieved from <http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/jg11.htm>

Teil 2: PUBLIKATIONEN

Wissenschaftliche Beiträge

1 Pseudowissenschaft? Ein Kontext für Reflexionen über Wissenschaft.

Kötter, M., & Hammann, M. (2016). Pseudowissenschaft? Ein Kontext für Reflexionen über Wissenschaft. In: *Bildung durch Biologieunterricht : Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Hamburg 2015 / Ulrich Gebhard und Marcus Hammann (Hrsg.)*. - Innsbruck : StudienVerlag, 2016. - S. 41–55 (Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik ; 7), ISBN: 978-3-7065-5589-0

Zusammenfassung: In diesem bildungstheoretischen Beitrag wird der Vorschlag begründet, Auseinandersetzungen über den wissenschaftlichen Status mutmaßlicher Pseudowissenschaft (Demarkationsproblem) als Kontext für die Vermittlung von Wissenschaftsverständnis (NOS) zu nutzen.

Abstract: In this theoretical contribution to the aims of biology education, the suggestion is made that debates on the scientific character of what is considered as pseudoscience (the demarcation-problem of the philosophy of science) can be used for fostering an understanding of the nature of science (NOS).

1.1 Die Natur der Naturwissenschaften

Lernen über die Natur der Naturwissenschaften (*Nature of Science, NOS*) wird in den maßgeblichen Standarddokumenten des angelsächsischen Raumes seit vielen Jahren propagiert und auch in der deutschen Naturwissenschaftsdidaktik diskutiert (z. B. Hößle et al. 2004). Im aktuellen PISA-Framework 2015 wird NOS (als Wissen über die epistemisch relevanten Aspekte von Wissenschaft und des von ihr erzeugten Wissens) als zentrale Komponente von *Scientific Literacy* aufgefasst (OECD 2013).

NOS-Unterricht wird in der Literatur verschieden begründet (Driver et al. 1996). In diesem Beitrag wird argumentiert, dass ein zentrales Ziel darin besteht, sowohl naiver Wissenschaftsgläubigkeit als auch -ablehnung zu begegnen: Wissenschaftsgläubigkeit entsteht, wenn Antworten auf die Frage, wie Wissenschaft Erkenntnisse gewinnen sollte (epistemische Normen idealisierter Wissenschaft), für faktisch betriebene Wissenschaft gehalten werden; naive Wissenschaftsskepsis entsteht, wenn die berechtigte Kritik an

diesem Bild ihrerseits verabsolutiert und Wissenschaft, wie sie ist, samt ihren Wissensansprüchen resignierend abgelehnt wird. Da Einschätzungen des epistemischen Status von Wissenschaft und des von ihr hervorgebrachten Wissens von erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Überzeugungen abhängen, sollten Personen in der Lage sein, diese begründet und reflektiert zu vertreten.

In der Naturwissenschaftsdidaktik gibt es seit längerem einen Diskurs darüber, was die schulrelevanten NOS-Inhalte sind und welche NOS-Vorstellungen als angemessen gelten können. Diese Debatte kann hier nicht annähernd dargestellt werden. Vielmehr wird argumentiert, dass NOS-Unterricht sowohl generelle Aspekte von Wissenschaft vermitteln sollte (Kampourakis 2016a) als auch die Pluralität philosophischer Positionen, die hinter diesen allgemeinen Aspekten liegen (Alters 1997; Eflin et al 1999). Kontroversen, so könnte man in Anlehnung an den aus der politischen Bildung bekannten Beutelsbacher-Konsens (lpb BW 1976) formulieren, sollten im Unterricht auch als Kontroversen behandelt werden. Zwar verfolgt NOS-Unterricht nicht das Ziel, Schülerinnen und Schüler zu Philosophen auszubilden (Abd-El-Khalick et al. 1998). Dennoch sollten Schülerinnen und Schüler lernen, wie beispielsweise Sufen Chen (2006) ausführt, ihre Überzeugungen zu rechtfertigen und nicht von einer bestimmten philosophischen Position überzeugt werden. Dies gilt schon deshalb, weil auch NOS-Konzepte selbst dem Wandel unterliegen und damit vorläufig sind.

Auch in Bezug auf die Vermittlung von NOS-Inhalten werden derzeit verschiedene Ansätze propagiert: Weitgehende Einigkeit besteht darüber, dass die Vermittlung am besten explizit-reflexiv und kontextualisiert erfolgen sollte (Abd-El-Khalick 2012). Darüber hinaus herrscht jedoch Uneinigkeit, ob wissenschaftshistorische Fallbeispiele (Clough 2011), Gründe wissenschaftlichen Irrtums und institutionalisierte Möglichkeiten der Irrtumskorrektur (Allchin 2012), reflexive Auseinandersetzung mit simulierter wissenschaftlicher Praxis (Duschl & Grandy 2012) oder eine Kombination verschiedener Ansätze (Allchin et al. 2014) zielführend sind.

In diesem Aufsatz soll ein Beitrag zu dieser Diskussion geleistet werden. Speziell wird argumentiert, Ansätze zur Unterscheidung von Wissenschaft und *Pseudowissenschaft*, das sogenannte *Demarkationsproblem* der Wissenschaftstheorie, als Gegenstand von NOS-Unterricht zu nutzen.

Die Auseinandersetzung um die Abgrenzbarkeit der Wissenschaft bietet sich als Kontext für die Vermittlung genereller Aspekte von Wissenschaft an, da die damit verbundenen Probleme von Lernern zu ihrer Bewältigung einen Konzept-Wechsel erfordern (Kampourakis 2016b). Sie könnte darüber hinaus aber auch für wissenschaftsphilosophische Betrachtungen dienen, weil mit dem Demarkationsproblem zentrale Kontroversen der Wissenschaftsphilosophie verbunden sind.

1.2 Pseudowissenschaft – Problem oder Kontext

Einige Autoren (z. B. Graf 1999; Berck 2002; Good 2012) vertreten die Ansicht, allgemeinbildender Unterricht sei angesichts der verbreiteten Akzeptanz von Pseudowissenschaft geradezu verpflichtet, derartige Ansätze kritisch zu reflektieren. Diese Forderung wird damit begründet, dass Pseudowissenschaft entweder ein gesellschaftliches und individuelles Problem (Mahner 2007; Tsai et al. 2015) oder ein Indikator sowohl für problematische Einstellungen wie Wissenschaftsfeindlichkeit als auch für einen Mangel an kritischem Denken (Hergovich & Arendasy 2005; Schmaltz & Lilienfeld 2014) wäre.

Diese Anliegen mögen durchaus berechtigt sein. In diesem Aufsatz geht es jedoch um ein anderes Ziel, nämlich darum, das Demarkations-Problem im Unterricht als ungelöste Frage zu behandeln, d. h. als einen Gegenstand, an dem Lehrerinnen und Lehrer sowie Schülerinnen und Schüler über Naturwissenschaften lernen können (Matthews 2012). In Anlehnung an Gerhard Vollmer (1993) wird argumentiert, dass Lernende durch die Auseinandersetzung mit Pseudowissenschaft aufgefordert werden sollen, ihre wissenschafts- und erkenntnistheoretischen Positionen zu überprüfen. Sie sollen erkennen, dass diese auf Voraussetzungen beruhen und so dazu gebracht werden, den eigenen Erkenntnisrahmen zu definieren, zu hinterfragen und zu begründen. Damit ist klar, dass das Anliegen nicht darin besteht, Schülerinnen und Schülern Demarkationskriterien an die Hand zu geben, mit deren Hilfe eine Unterscheidung von Wissenschaft und Pseudowissenschaft zu bewerkstelligen wäre und welche von ihnen in lebensweltlichen Kontexten im Sinne einer Checkliste angewendet werden könnten. Stattdessen können die Probleme, die beim Versuch entstehen, Pseudowissenschaft von Wissenschaft zu unterscheiden, dazu genutzt werden, Schülervorstellungen über Wissenschaft herauszufordern, um so die Möglichkeit für NOS-

Lernen überhaupt erst zu schaffen. Die mit dem Demarkationsproblem zusammenhängenden Schwierigkeiten sind dabei einerseits geeignet, naiver Wissenschaftsgläubigkeit zu begegnen, weil klar wird, wie schwierig es ist, Wissenschaft zu definieren und Gründe für ihren Anspruch auf verlässliches Wissen zu geben. Die im Rahmen des Demarkationsproblems vorgebrachten Lösungsvorschläge sind andererseits aber auch geeignet, den Blick von den grundlegenden Einschränkungen menschlicher Erkenntnis auf die wissenschaftsimmanenten Mechanismen der Irrtumskorrektur zu lenken und so Möglichkeiten aufzuzeigen, wie der mit wissenschaftlichem Wissen verbundene Verlässlichkeitsanspruch eventuell doch begründet werden kann.

Eine besondere Gelegenheit ergibt sich daraus, dass das Demarkationsproblem nicht nur eine Möglichkeit bietet, um auf der Meta-Ebene über Wissenschaft, sondern auf der Metaebene über Wissenschaftsreflexion selbst zu reflektieren. Dieser Vorschlag orientiert sich an Harvey Siegel (1993), der argumentiert, Kontroversen auf erkenntnistheoretischer Ebene zum Gegenstand von Unterricht zu machen: Ein zentraler Streitpunkt besteht zum Beispiel darin, ob Wissenschaftsforschung überhaupt normative Aufgaben, wie sie das Demarkationsproblem darstellt, behandeln, oder sich auf die möglichst genaue Beschreibung von Wissenschaft beschränken sollte. Es stellt sich also die Frage, wer überhaupt bestimmt, was Wissenschaft ist und was nicht.

Bislang wurde kaum untersucht, ob Pseudowissenschaft als Kontext für NOS-Lernen erfolgreich eingesetzt werden kann (z. B. Turgut 2011). Dass erst so wenige empirische Arbeiten existieren, ist insbesondere vor dem Hintergrund erstaunlich, dass in zahlreichen aktuellen (angelsächsischen) NOS-Lehrbüchern die Auseinandersetzung mit Pseudowissenschaft ebenso als Vermittlungskontext eingesetzt wird, (z. B. Swinbank & Taylor 2008; van de Lagemaat 2011) wie in älteren Materialien zur Wissenschaftspropädeutik (Falkenhausen 2000).

1.3 Pseudowissenschaft – ein schwieriger Begriff

Die Autoren des vorliegenden Beitrags sind sich der Schwierigkeiten des Begriffs Pseudowissenschaft durchaus bewusst. Dittmar Graf (1999) etwa verwendet den weniger pejorativen Terminus *Parawissenschaft*, um die Vorläufigkeit einer solchen Beurteilung deutlich zu machen. Wir meinen jedoch, dass der Begriff nicht vermieden, sondern diskutiert werden sollte:

Der Begriff Pseudowissenschaft wird alltagssprachlich, etwa in den Medien, faktisch verwendet. Beispiele sind die aktuelle Diskussion um das Pflanzenschutzmittel Glyphosat, in der sich die Protagonisten gegenseitig pseudowissenschaftliches Handeln vorwerfen, und die anhaltende Debatte über den Status der Homöopathie. Selbst wenn man aus Gründen, auf die wir noch eingehen werden, die Verwendung des Begriffs im Sinne einer wissenschaftstheoretisch eindeutigen Kategorie ablehnen sollte, ist es sinnvoll, den Begriff im Unterricht zu diskutieren. Dies gilt allein schon, um seine Berechtigung zu hinterfragen und auf die Schwierigkeiten, die mit der Benutzung verbunden sind, etwa den möglichen Missbrauch als Stigmatisierungsbegriff, hinzuweisen. Hinzu kommt, dass unter Experten keineswegs Einigkeit darüber herrscht, dass man auf die Kategorie Pseudowissenschaft verzichten sollte. Auch diese Position wird im Verlauf des vorliegenden Beitrags genauer dargestellt. Aus didaktischer Sicht stellt der Umstand, dass es sich um einen polarisierenden Begriff handelt, eventuell sogar einen Vorteil dar, da sich aus Kontroversen situationales Interesse und Lernmotivation ziehen lässt. Gestützt wird diese Vermutung durch eigene Erfahrungen mit Studierenden in Seminar-Sitzungen zum Thema Pseudowissenschaft. Auch Schülerinnen und Schüler fragen nicht anlasslos: „Was ist Wissenschaft?“ Im Gegenteil, derartige Unterrichtsinhalte gelten allgemein als abstrakt, trocken und schwierig, bei Lernenden ebenso wie bei Lehrenden. Die Frage, ob es sich bei konkreten, lebensweltlich relevanten Ansätzen (z. B. Homöopathie) um Pseudowissenschaft handelt, ist demgegenüber deutlich motivierender, führt aber zum gleichen Problem: Die Antwort auf die Frage „Was ist Pseudowissenschaft?“ hängt nämlich offensichtlich von der Antwort auf die Frage „Was ist Wissenschaft?“ ab. Mit anderen Worten: Der Begriff Pseudowissenschaft führt zu Problemen, mit denen sich Schülerinnen und Schüler auseinandersetzen und dabei NOS-Wissen erwerben können.

1.4 Was ist (Pseudo-) Wissenschaft?

Im Gegensatz zur angelsächsischen Trennung von science (= empirische Wissenschaften) und humanities (= Kultur- und Geisteswissenschaften) kennt der deutsche Sprachgebrauch den Oberbegriff Wissenschaft, der die systematische, üblicherweise institutionalisierte Erkenntnisgewinnung insgesamt bezeichnet. Wir meinen mit Wissenschaft hier ausschließlich den Bereich der Naturwissenschaft, beabsichtigen damit aber weder sämtliche

außerwissenschaftlichen Bereiche menschlicher Erkenntnis gegenüber der Wissenschaft zu diskreditieren noch die nichtempirisch arbeitenden Wissenschaften gegenüber den Naturwissenschaften auszuschließen.

Die meisten menschlichen Tätigkeiten, beispielsweise Kochen, Musizieren, Sport, Religion, etc. können von Wissenschaft leicht dadurch unterschieden werden, dass sie nicht zum Zweck der Erkenntnisgewinnung betrieben werden und dies auch nicht behaupten. Sie können als *Nicht-Wissenschaft* bezeichnet werden (Schurz 2014). Die Vorsilbe *pseudo* (ψεύδεις) hingegen bedeutet falsch-, unecht-, trug-. Pseudowissenschaft wäre demnach etwa mit Scheinwissenschaft zu übersetzen. Die Abgrenzung gegenüber Bereichen, die Wissenschaftlichkeit behaupten, denen man diesen Status aber nicht zugestehen will, fällt deutlich schwerer und stellt unter dem Begriff des Demarkations- bzw. Abgrenzungsproblems eines der ältesten und bis heute eines der zentralen Themen der Wissenschaftstheorie dar (Curd 2013). Es verwundert daher nicht, dass eine Vielzahl von Ansätzen zur Unterscheidung von Wissenschaft und Pseudowissenschaft vorgeschlagen wurden, wobei die Bandbreite der Kriterien von der Analyse der in Aussagen verwendeten Begriffe bis zu sozialen Unterschieden und von einfachen Kriterien wie Falsifizierbarkeit bis hin zu umfangreichen Merkmalslisten reicht (für eine Übersicht siehe z. B. Christian 2013).

Warum ist die Abgrenzung so schwierig? Ein Blick auf den aktuellen Eintrag der Stanford Enzyklopädie der Philosophie (Hansson 2014) verdeutlicht das Problem: “[...] to be pseudoscientific, an activity or a teaching has to satisfy the following two criteria:

- (1) it is not scientific, and
- (2) it is part of a doctrine whose major proponents try to create the impression that it represents the most reliable knowledge on its subject matter.”

Gegen diese Definition lassen sich zwei grundlegende Einwände formulieren: Erstens setzt sie voraus, dass die Frage „Was ist Wissenschaft?“ befriedigend beantwortet werden kann, was hochgradig umstritten ist, und zweitens vertritt Hansson die Auffassung, dass Wissenschaftlichkeit besondere Verlässlichkeit impliziere. Die epistemische Überlegenheit der Wissenschaft wird jedoch ebenfalls kontrovers diskutiert. Die Frage, ob es sich bei

einem Unterfangen um eine Pseudowissenschaft handelt, führt somit unmittelbar zu zentralen Kontroversen der Wissenschaftsforschung, die als Lerngelegenheiten für NOS-Unterricht genutzt werden können. Im Folgenden werden die angesprochenen Kontroversen kurz skizziert. Im letzten Abschnitt wird beschrieben, wie eine Umsetzung im Unterricht aussehen könnte.

1.5 Lerngelegenheit: Ist das Demarkationsproblem (un)lösbar?

Während Laien häufig annehmen, Wissenschaft sei anhand einfacher Merkmale charakterisier- und damit von anderen Bereichen unterscheidbar, sind Wissenschaftstheoretiker in der Regel deutlich skeptischer. William McComas (1996) nennt in diesem Zusammenhang zehn „Wissenschaftsmythen“, beispielsweise, dass Laien Wissenschaft häufig durch den Hinweis auf eine einheitliche wissenschaftliche Methode charakterisieren (Mythos 3) oder meinen, es handele sich bei wissenschaftlichen Aussagen um absolute Wahrheiten (Mythos 5), zumindest, wenn sie auf dem sorgfältigen, unvoreingenommenen Sammeln von Fakten beruhen (Mythos 4). Zahlreiche empirische Studien bestätigen die Existenz dieser Vorstellungen, deren Thematisierung als ein zentrales Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts gilt (z. B. Lederman 2007). Jürgen Langlet (2008) spricht in diesem Zusammenhang von der „Entmystifizierung von Wissenschaft“. Experten bzw. Personen mit entsprechendem Vorwissen verweisen eher auf die Schwierigkeiten, die sich aus dem Versuch der Unterscheidung von Wissenschaft und anderen Bereichen ergeben. Beispielsweise sind 80 % der von Brian Alters (1997) in einer Studie befragten Philosophen skeptisch hinsichtlich der Lösbarkeit des Demarkationsproblems. Eine einschlägige Arbeit des amerikanischen Wissenschaftsphilosophen Larry Laudan (1983) trägt den bezeichnenden Titel „*The Demise of the Demarcation Problem*“. Laudan argumentiert, dass i) die bisherige Suche nach einem Demarkationskriterium gescheitert sei und man daher ii) im Sinne einer pessimistischen Metainduktion darauf schließen könne, dass dies auch in Zukunft so bleiben würde. Gründe für das Scheitern lägen darin, dass iii) keine Aussicht bestünde, eine Anzahl hinreichender und gemeinsam notwendiger Bedingungen für Wissenschaftlichkeit zu finden, weil iv) Wissenschaft ein viel zu heterogenes Feld sei, sodass alle Kriterien v) entweder zu weit oder zu eng ausfallen würden und unserer Intuition gültiger Wissenschaft somit nicht

entsprechen. Daher sei es eine pragmatische Lösung, epistemische und methodologische Fragen nur noch in konkreten Fällen zu stellen, um verlässliches und unverlässliches Wissen zu unterscheiden. Statt sich weiter mit der Abgrenzung von Wissenschaft zu beschäftigen, so die Empfehlung Laudans, solle sich die Wissenschaftstheorie anderen Aufgaben zuwenden – ein Einwand der, so Kostas Kampourakis (2016b), erst recht für den NOS-Unterricht gelten würde.

Eng mit der Unlösbarkeit des Demarkationsproblems ist die Forderung verbunden, auf die Verwendung des Begriffs Pseudowissenschaft zu verzichten. Schließlich, so Michael Gordin (2012), sage niemand von sich selbst, er sei ein Pseudowissenschaftler, seine Tätigkeit bestehe darin, Pseudowissenschaft zu betreiben oder die Ergebnisse seiner Arbeit wären pseudowissenschaftlich. Das macht die Verwendung in Wissenschafts-, aber auch in Bildungskontexten überaus begründungsbedürftig. Der Wissenschaftshistoriker Michael Hagner (2008) beispielsweise bestreitet, dass Pseudowissenschaft in der zeitgenössischen Diskussion überhaupt eine eigene Kategorie bezeichnen würde und zeigt an historischen Fallbeispielen, dass es sich um einen politischen Kampfbegriff handelt, der willkürlich auf die Bühne gehoben wird und in Wahrheit nur dazu dient, unliebsame Konkurrenten zu diskreditieren. Ist der Begriff Pseudowissenschaft tatsächlich redundant und sollte auf Grund seines pejorativen Charakters vermieden werden?

Auf der anderen Seite ist Larry Laudans pessimistische Einschätzung nicht ohne Kritik geblieben: In der Praxis, so argumentieren Befürworter des Demarkationsproblems, sei es schließlich oft schwierig oder sogar unmöglich, Begriffe in der von Laudan geforderten Weise zu bestimmen. Diese Anforderung wäre also auch für Wissenschaft unangemessen hoch. Sie schlagen daher eine Lösung in Form von Familienähnlichkeitskonzepten vor, die auf Ludwig Wittgenstein (1958) zurückgeht. Dieses Konzept ist auf Wissenschaft (Dupré 1993), das Demarkationsproblem selbst (Pigliucci 2013b) sowie die NOS-Problematik angewendet worden (Irzik & Nola 2013).

Gegen Hagners Befund, dass der Begriff Pseudowissenschaft in der aktuellen Forschung nicht mehr verwendet würde, kann eingewendet werden, dass dies vielleicht auf die Wissenschaftsgeschichte zutrifft, keinesfalls aber auf die Wissenschaftstheorie, in der sich das Themenfeld derzeit wieder größerer Aufmerksamkeit erfreut (z. B. Pigliucci & Boudry 2013). Zudem

weisen Befürworter darauf hin, dass Begriffe, die einen Mangel aufzeigen, von den Adressaten selbstverständlich nicht gerne erhalten werden. Das allein scheint jedoch, so Alexander Christian (2013), kein Grund, auf sie zu verzichten. Es stelle sich vielmehr die Frage nach ihrem rationalen Kern. Ob aktuelle Beiträge zum Demarkationsproblem ausreichen, den Begriff Pseudowissenschaft rational zu füllen, ist eine Frage, die vom epistemologischen Standpunkt abhängt und ergebnisoffen mit Schülern diskutiert werden sollte.

Dass ein Begriff nicht permanent, sondern nur in bestimmten Situationen verwendet wird, ist zudem nicht unbedingt ein Zeichen von Willkür: Wissenschaft ist ein gesellschaftliches Subsystem mit spezifischen epistemischen Zielen, zu deren Erreichung sich institutionalisierte Mechanismen der Irrtums- und Fehlerkorrektur etabliert haben. Darüber hinaus verfolgt Wissenschaft aber natürlich auch nichtepistemische Ziele, wie etwa Selbsterhalt oder Beitrag zu Diskursen in bestimmten gesellschaftlichen Bereichen. Aus dieser Perspektive mag es Szenarien geben, bei denen mehrere Faktoren, beispielsweise i) zu einem gewissen Grad erfolgreiche Imitation wissenschaftlicher Institutionen, ii) Ausschaltung der o. g. Korrektur-Mechanismen durch eigene methodologische Grundlagen und Standards bzw. einen eigenen Wissenschaftsbegriff, iii) finanzielle und personelle Ressourcen und iv) hohes gesellschaftliches Bekanntheits- und Akzeptanzniveau zusammenkommen. Es ist plausibel, dass *solche* Szenarien besondere Formen der Abgrenzung erfordern, was jedoch kaum als Willkür bezeichnet werden kann.

Zusammenfassend vertreten die Autoren des vorliegenden Beitrags den Standpunkt, dass diese Fragen nicht entschieden werden können und sollten. Der wichtige Punkt hierbei ist, dass es sich um offene Fragen handelt und sowohl die Pro- als auch die Kontra-Argumente, d. h. die Lösungsvorschläge zum Demarkationsproblem als auch ihre Schwierigkeiten für NOS-Lernen bedeutsam sind.

1.6 Lerngelegenheit: Ist die epistemische Überlegenheit der Wissenschaft (k)ein Mythos?

Thomas Kuhn hat, so Ian Hacking (1996), mit seinem 1962 erschienenen Buch „*Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*“ eine regelrechte Krise der Rationalität der Wissenschaft ausgelöst. Nach Paul Feyerabend (1986)

behauptet Wissenschaft auf Grund ihrer besonderen Methode, überlegene Erkenntnis zu erlangen. Da eine solche Methode nicht existiere, sei Wissenschaft nur eine von vielen zu überwindenden Ideologien. In vergleichbarer Weise behaupten postmoderne Philosophen das „Ende der großen Erzählungen“ (Lyotard 2012), insbesondere der Moderne mit ihrem Rationalitätsideal (und der Wissenschaft als Manifestation dieses Ideals). Der Punkt ist hierbei nicht, dass Rationalität an sich, sondern ein absolutistisches Verständnis von Rationalität abgelehnt wird. Lyotard postuliert stattdessen die Heterogenität von Welterklärungsansätzen, die, mit je eigenen, unvergleichbaren und unvereinbaren Formen von Rationalität, gleichberechtigt nebeneinanderstünden. Wissenschaft sei nur einer von vielen.

Es ist offensichtlich, dass das Demarkationsproblem obsolet wird, wenn man diese Auffassungen der Gleichwertigkeit unterschiedlicher Formen von Rationalität akzeptiert. Wenn sich Wissenschaft in epistemischer Hinsicht nicht von Ideologien und Religionen unterscheidet, sind Abgrenzungen letztlich nur als das Durchsetzen der eigenen Orthodoxie gegenüber Andersdenkenden zu verstehen. Sollte dann wissenschaftlichem Wissen nicht sogar in besonderem Maße misstraut werden? Susan Haack (2012) hält in diesem Zusammenhang nicht nur die übertriebene Wertschätzung von Wissenschaft für ein Zeichen von *Szientismus*, sondern bereits Versuche ihrer Abgrenzung von anderen Bereichen.

Eng verbunden mit der Skepsis gegenüber wissenschaftlicher Rationalität ist die Auffassung, dass Fragen nach Erkenntnis und Wissenschaft ausschließlich deskriptiv beantwortet werden können. Traditionell erhebt Wissenschaftstheorie den Anspruch, normative Fragen zu beantworten (Schurz 2014). Aus dieser Perspektive ist es das Ziel von Wissenschaftstheorie, Verfahren, Kriterien oder Ergebnisse von Wissenschaft nicht nur zu explizieren, d. h. ihre faktische Verwendung zu untersuchen, sondern diese auch in Hinblick auf ihre Erkenntnisziele epistemisch zu beurteilen (Carrier 2007). Seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts ist, verstärkt auch durch den Einfluss von Thomas Kuhn, die Berechtigung apriorischer (rationalistischer) und damit auch normativer Zugänge in der Erkenntnis- und damit auch Wissenschaftstheorie in Frage gestellt worden. Stattdessen wurde die Naturalisierung der Wissenschaftstheorie z. B. durch Wissenschaftssoziologie, Wissenschaftsstatistik, etc. (häufig als *science-studies* zusammengefasst) gefordert

und betrieben. Sofern die Untersuchung von Wissenschaft und Pseudowissenschaft aus dieser Perspektive überhaupt sinnvoll ist, handelt es sich um deskriptive Analysen der jeweiligen Tätigkeitsbereiche, ihrer Sozialstrukturen, Institutionen, ihrer Sprache, der formellen und informellen Normen, etc., während die epistemisch-normativen Zugänge der Wissenschaftstheorie bedeutungslos werden.

Relativistische und postmoderne Deutungen der Thesen Kuhns sind von vielen Philosophen kritisiert worden (z. B. Laudan 1990; Koertge 2000; Boghossian 2013). Dennoch haben diese Ansätze nach wie vor großen Einfluss auf die didaktische NOS-Diskussion (Loving 2000). Hierbei spielt das oben genannte didaktische Ziel der Entmystifizierung von Wissenschaft sicher eine Rolle. Aus diesem lässt sich aber nicht folgern, dass Relativismus und Postmodernismus Leitideen naturwissenschaftlichen Unterrichts sein müssten. So argumentiert Michael Matthews (2015) gegen die oben angedeuteten sozialkonstruktivistischen Positionen, dass ein Verständnis, etwa der sozialen Eingebundenheit von Forschung, in Anbetracht der naiven Wissenschaftsgläubigkeit vieler Menschen ein wichtiges Lernziel sei. Aber die entscheidende Frage wäre hierbei nicht, ob wissenschaftsexterne Faktoren einen Einfluss auf wissenschaftliche Aussagen hätten (das sei unzweifelhaft der Fall), sondern ob dieser Einfluss für Erkenntnisgewinnung wünschenswert wäre. Hierin zeige sich die Notwendigkeit erkenntnis- und wissenschaftstheoretischer Reflexion, die uns erst die (epistemischen) Gründe dafür liefere, den Einfluss von Macht, Geschlecht, Rasse, Religion, etc. auf Wissenschaft *kritisieren* zu können. Ohne diese Reflexion wäre Wissenschaft das, was die beteiligten Personen dafür hielten. Dies, so argumentieren beispielsweise Geert Keil und Herbert Schnädelbach (2000), reiche für eine Charakterisierung jedoch nicht aus, weil wir uns nicht allein auf die Autorität der existierenden Wissenschaft verlassen, sondern Gründe für diese (faktische) Autorität erfahren wollten.

Bei vielen Autoren hat sich daher in Bezug auf die Kontroverse um deskriptive und normative Ansätze der Wissenschaftsreflexion die Auffassung durchgesetzt, man könne beide komplementär auffassen und zugestehen, dass sowohl soziale als auch epistemische Faktoren Einfluss ausübten (z. B. Carrier 2007; Haack 2007).

Auch hier geht es uns nicht darum, für eine der Positionen zu argumentieren. Vielmehr soll verdeutlicht werden, dass auch in diesem Bereich eine,

von allen maßgeblichen Experten geteilte Standardauffassung in den Referenzdisziplinen fehlt und die Ansichten bezüglich der Rationalität und Objektivität wissenschaftlicher Erkenntnis nach wie vor weit auseinandergehen. Die Kontroversen um das Demarkationsproblem bieten in diesem Zusammenhang eine Möglichkeit, die Bandbreite der vertretenen Positionen auszuloten, um auf diese Art und Weise einen wissenschaftsphilosophischen Überblick zu gewinnen, der Bedingung für einen ersten eigenen Standpunkt ist.

1.7 Ausblick

Konkret würde es sich z. B. anbieten, im Unterricht zur Evolutionstheorie die juristischen Auseinandersetzungen über den wissenschaftlichen Status von Intelligent Design (ID) in den USA zu thematisieren und zunächst zu fragen, wie die Schülerinnen und Schüler selbst in der Richterrolle urteilen und wie sie ihre Urteile begründen würden. Die dabei vermutlich zu Tage geförderten Alltagsvorstellungen über Wissenschaft könnten leicht mit Argumenten und Beispielen konfrontiert werden, die die Notwendigkeit einer fundierten fachlichen Auseinandersetzung vor Augen führen. Dabei sind viele Fragen zu klären: Wen halten die Schülerinnen und Schüler für Experten hinsichtlich der Wissenschaftlichkeit von ID: Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler selbst, Wissenschaftssoziologen oder Wissenschaftstheoretiker (bzw. abstrakter: Sollte die Frage nach dem Wissenschaftsstatus normativ oder deskriptiv beantwortet werden)? Wie unterscheiden sich die Antworten dieser Expertengruppen? Hierbei könnten verschiedene Standpunkte zur Abgrenzung von Wissenschaft, darunter auch historische, die Schülervorstellungen eventuell ähneln, diskutiert, kritisiert und gewürdigt werden. Ist in Anbetracht der zu Tage geförderten Uneinigkeit und der Tatsache, dass nicht nur Wissenschaft selbst, sondern auch Auffassungen, über Wissenschaftlichkeit einem historischen Wandel unterworfen sind, der Begriff Pseudowissenschaft für ID überhaupt gerechtfertigt?

Umgekehrt erheben ID-Vertreter die Frage nach dem Wissenschaftsstatus der Evolutionstheorie: Handelt es sich noch um eine wissenschaftliche Theorie oder bereits eine „säkulare Religion“ (Ruse 2003)? Hier können einerseits Grenzen naturwissenschaftlicher Aussagemöglichkeiten verdeutlicht werden, indem Schwächen szientistischer Überschätzung von Wissenschaft, etwa beim Versuch, Gott durch Evolution zu widerlegen, aufgezeigt

werden (Pigliucci 2013a). Andererseits kann der pauschale Vorwurf, jeder Versuch epistemischer Begründung wissenschaftlicher Standards wäre bereits Szientismus, genutzt werden, um auf Probleme postmoderner Wissenschaftskritik aufmerksam zu machen (Pennock 2010; Pigliucci 2015).

Bislang existieren kaum Erkenntnisse zu Schülervorstellungen über die Abgrenzbarkeit von Wissenschaft und Pseudowissenschaft. Diese sind jedoch Voraussetzung für die Planung von Unterrichtseinheiten. Daher wird derzeit eine entsprechende Studie von den Autoren dieses Beitrags durchgeführt. Ob auf dem skizzierten Weg ein adäquateres Bild von Wissenschaft und eine fundierte Begründung des eigenen erkenntnistheoretischen Standpunktes erreicht werden kann, soll im Rahmen dieser Studie ebenfalls empirisch untersucht werden.

1.8 Literatur

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education*. doi:10.1007/s11191-012-9520-2
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural Wiley Online Library. *Science Education*, 82(4), 417–436. doi:10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4%3C417:AID-SCE1%3E3.0.CO;2-E/abstract
- Afonso, A. S., & Gilbert, J. K. (2010). Pseudo-science: A meaningful context for assessing nature of science. *International Journal of Science Education*, 32(3), 329–348. doi:10.1080/09500690903055758
- Allchin, D. (2012). Teaching the nature of science through scientific errors. *Science Education*, 96(5), 904–926. doi:10.1002/sce.21019
- Allchin, D., Andersen, H. M., & Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, 98(3), 461–486. doi:10.1002/sce.21111
- Alters, Brian, J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39–55. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199701)34:1<39:AID-TEA4>3.0.CO;2-P
- Carrier, M. (2007). Wege der Wissenschaftsphilosophie im 20. Jahrhundert. In A. Bartels & M. Stöckler (Eds.), *Wissenschaftstheorie. Ein Studienbuch* (pp. 15–45). Paderborn: Mentis.

- Chen, S. (2006). Views on science and education (VOSE) questionnaire. *AP-FSLT*, 7(2).
- Christian, A. (2013). *Wissenschaft und Pseudowissenschaft* (Vol. 3). Frankfurt am Main [u. a.]: Lang.
- Clough, M. P. (2011). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. *Science & Education*, 20(7–8), 701–717. doi:10.1007/s11191-010-9310-7
- Curd, M., Cover, J. A., & Pincock, C. (Eds.). (2013). *Philosophy of science: The central issues* (2nd ed). New York: W.W. Norton.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham [u. a.]: Open Univ. Press.
- Dupré, J. (1993). *The disorder of things: Metaphysical foundations of the disunity of science*. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Pr.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2012). Two Views about Explicitly Teaching Nature of Science. *Science & Education*. doi:10.1007/s11191-012-9539-4
- Eder, E., Turic, K., Milasowszky, N., van Adzin, K., & Hergovich, A. (2011). The Relationships between Paranormal Belief, Creationism, Intelligent Design and Evolution at Secondary Schools in Vienna (Austria). *Science & Education*, 20(5–6), 517–534. doi:10.1007/s11191-010-9327-y
- Eflin, J. T., Glennan, S. & Reisch, G. (1999). The nature of science: A perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (1), 107–116.
- Falkenhausen, E. v. (Ed.). (2000). *Biologieunterricht – Materialien zur Wissenschaftspropädeutik*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Feyerabend, P. K. (1986). *Wider den Methodenzwang*. Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft: Vol. 597. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Good, R. (2012). Why the Study of Pseudoscience Should Be Included in Nature of Science Studies. In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research. Concepts and methodologies* (pp. 97–106). Dordrecht: Springer.
- Gordin, M. D. (2012). *The pseudoscience wars. Immanuel Velikovsky and the birth of the modern fringe*. Chicago: University of Chicago Press.
- Graf, D. (1999). Parawissenschaften– ein Thema für den Biologieunterricht? *MNU*, 52(3), 170–174.
- Haack, S. (2012). Six Signs of Scientism. *LOGOS & Episteme*, III (1), 75–95.
- Haack, S. (2007). *Defending science– within reason. Between scientism and cynicism*. Amherst, N.Y.: Prometheus Books.

- Hacking, I. (1996). *Einführung in die Philosophie der Naturwissenschaften* (Vol. 9942). Stuttgart: Reclam.
- Hagner, M. (2008). Bye-bye science, welcome pseudoscience? In D. Rupnow (Ed.), *Pseudowissenschaft*. (1st ed., Vol. 1897, pp. 21–50). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Hansson, S. O. (2014). *Science and Pseudo-Science*. Retrieved from <http://plato.stanford.edu>
- Hergovich, A., & Arendasy, M. (2005). Critical thinking ability and belief in the paranormal. *Personality and Individual Differences*, *38*(8), 1805–1812. doi:10.1016/j.paid.2004.11.008
- Höfle, C., Höttecke, D., & Kircher, E. (Eds.). (2004). *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften*: Schneider Verlag Hohengehren.
- Irzik, G., & Nola, R. (2013). New Directions for Nature of Science Research. In M. R. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history*, (pp. 999–1021). Dordrecht: Springer.
- Kampourakis, K. (2016a). The „general aspects“ conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 1-16.
- Kampourakis, K. (2016b). (The) Nature(s) of Science(s) and (the) Scientific Method(s). *Science & Education*.
- Keil, G., & Schnädelbach, H. (2000). Naturalismus. In G. Keil & H. Schnädelbach (Eds.), *Naturalismus. Philosophische Beiträge* (1st ed., Vol. 1450, pp. 7–45). [Frankfurt am Main]: Suhrkamp.
- Koertge, N. (Ed.). (2000). *A house built on sand: Exposing postmodernist myths about science*. New York: Oxford Univ. Press.
- Langlet, J. (2008). Wissenschaftspropädeutik. In H. Gropengiesser, D. Eschenhagen, & K. Etschenberg (Eds.), *Fachdidaktik Biologie* (8th ed., pp. 66–84). Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Laudan, L. (1983). The Demise of the Demarcation Problem. *Physics, Philosophy and Psychoanalysis*, *76*, 111–127. doi:10.1007/978-94-009-7055-7_6
- Laudan, L. (1990). *Science and Relativism: Some key controversies in the philosophy of science*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–880). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Loving, C. C., & Cobern, W. W. (2000). Invoking Thomas Kuhn: What Citation Analysis Reveals about Science Education. *Science Education*, *9*(1/2), 187–206. doi:10.1023/A:1008716514576

- Lpb BW. (1976). *Beutelsbacher Konsens*. Zugriff am 15. 08. 2015. Verfügbar unter <http://www.lpb-bw.de/beutelsbacher-konsens.html>
- Lyotard, J.-F. (2012). *Das postmoderne Wissen: Ein Bericht* (7., überarb. Aufl.). *Passagen Forum*. Wien: Passagen.
- Mahner, M. (2007). Demarcating Science from Non-Science. In T. A. F. Kuipers (Ed.), *Handbook of the philosophy of science. General philosophy of science. Focal issues* (pp. 515–575). Amsterdam, London: North Holland.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research. Concepts and methodologies* (pp. 3–26). Dordrecht: Springer.
- Matthews, M. R. (2015). *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science* (20th anniversary rev. and expanded ed.). New York, NY: Routledge.
- McComas, W. F. (1996). Ten Myths of Science: Reexamining what we think we know. *School Science & Mathematics*, 10–24.
- OECD. (2013). *PISA2015: DRAFT SCIENCE FRAMEWORK*. Retrieved from www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm
- Pennock, R. T. (2010). The Postmodern Sin of Intelligent Design Creationism. *Science & Education*, 19 (6–8), 757–778.
- Pigliucci, M. (2013). The Demarcation Problem. A (Belated) Response to Laudan. In M. Pigliucci & M. Boudry (Eds.), *Philosophy of pseudoscience. Reconsidering the demarcation problem*.
- Pigliucci, M. (2013a). New Atheism and the Scientistic Turn in the Atheism Movement. *Midwest Studies in Philosophy*, 142–153.
- Pigliucci, M. (2015). Scientism and Pseudoscience: A Philosophical Commentary. *Journal of bioethical inquiry*, 12 (4), 569–575.
- Pigliucci, M. & Boudry, M. (Hrsg.). (2013). *Philosophy of pseudoscience. Reconsidering the demarcation problem*.
- Ruse, M. (2003). Is Evolution a Secular Religion? *Science* (299).
- Schmaltz, R. & Lilienfeld, S. O. (2014). Hauntings, homeopathy, and the Hopkinstown Goblins: using pseudoscience to teach scientific thinking. *Frontiers in psychology*, 5, 336.
- Schurz, G. (2014). *Einführung in die Wissenschaftstheorie* (4., überarb. Aufl.). Darmstadt: Wiss. Buchges.
- Siegel, H. (1993). Naturalized philosophy of science and natural science education. *Science & Education*, (2), 57–68. doi:10.1007/BF00486661

- Swinbank, E., & Taylor, J. (2008). *Perspectives on science: The history, philosophy and ethics of science* (Repr). Harlow: Heinemann.
- Tsai, C.-Y., Lin, C.-N., Shih, W.-L. & Wu, P.-L. (2015). The effect of online argumentation upon students' pseudoscientific beliefs. *Computers & Education, 80*, 187–197.
- Turgut, H. (2011). The Context of Demarcation in Nature of Science Teaching: The Case of Astrology. *Science & Education, 20*(5–6), 491–515. doi:10.1007/s11191-010-9250-2
- van de Lagemaat, R. (2011). *Theory of knowledge for the IB diploma*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vollmer, G. (1993). *Wissenschaftstheorie im Einsatz: Beiträge zu einer selbstkritischen Wissenschaftsphilosophie*. Stuttgart: S. Hirzel.
- Wittgenstein, L. (1972). *Philosophical Investigations* (1. Aufl / 3rd ed, Bd. 1972). Oxford: Blackwell

2 Controversy as a blind spot in teaching NOS: Why the range of different positions concerning NOS should be an issue in the science classroom.¹

Kötter, M., & Hammann, M. (2017). Controversy as a blind spot in teaching NOS: Why the range of different positions concerning NOS should be an issue in the science classroom. *Science & Education*, 26(5), 451–482. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9913-3>

Abstract: In this article, the argument is put forth that controversies about the scope and limits of science should be considered in Nature of Science (NOS) teaching. Reference disciplines for teaching NOS are disciplines, which reflect upon science, like philosophy of science, history of science, and sociology of science. The culture of these disciplines is characterized by controversy rather than unified textbook knowledge. There is common agreement among educators of the arts and humanities that controversies in the reference disciplines should be represented in education. To teach NOS means to adopt a reflexive perspective on science. Therefore, we suggest that controversies within and between the reference disciplines are relevant for NOS teaching and not only *the* NOS but *about* NOS should be taught, too. We address the objections that teaching about NOS is irrelevant for real life and too demanding for students. First, we argue that science-reflexive meta-discourses are relevant for students as future citizens because the discourses occur publicly in the context of sociopolitical disputes. Second, we argue that it is in fact necessary to reduce the complexity of the above-mentioned discourses and that this is indeed possible, as it has been done with other reflexive elements in science education. In analogy to the German construct *Bewertungskompetenz* (which means the competency to make informed ethical decisions in scientific contexts), we suggest *epistemic competency* as a goal for NOS teaching. In order to do so, science-reflexive controversies must be simplified and attitudes toward science must be considered. Discourse on the scientific status of potential pseudoscience may serve as

¹ The final publication is available at <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-017-9913-3>.

an authentic and relevant context for teaching the controversial nature of reflection on science.

2.1 Teaching *The (General Aspects of) NOS or About NOS?*

There is general agreement that science education aims to teach not only content and procedural knowledge but also knowledge about the epistemic foundations of science (OECD 2013, p. 6). These aspects are often referred to as *Nature of Science (NOS)*. The most common NOS conception today is the so-called consensus view or *general aspect approach (GA)* (Kampourakis 2016). The GA is usually legitimized with reference to the work of science educators who conducted three well-known studies to identify NOS aspects that should be taught in school (Neumann and Kremer 2013, p. 213).

In the 1990s, McComas and Olson (2002) analyzed standard documents from five Anglo- Saxon countries and identified about 40 NOS aspects that were included in most or all papers. Using a different research approach, Osborne et al. (2003) provided a Delphi study involving 23 experts from different fields, such as science education, science, and the science-reflective disciplines², who were asked to build consensus on the question “What ‘Ideas about Science’ should be taught in school science?” This process revealed ten NOS aspects, which showed some similarity to the findings of McComas. Finally, Lederman (2007, pp. 832–834) examined several NOS aspects regarding three questions: (i) Is knowledge of NOS aspects accessible to students (can they learn and understand it)?; (ii) Is there a general consensus about which aspects constitute NOS?; (iii) Is it useful for all citizens to understand NOS aspects? Lederman identified the following elements

² We use the term *science-reflective disciplines* as a generic term for the entirety of disciplines that have science as their object of investigation (philosophy, history, and sociology of science, often called HPSS, as well as disciplines such as anthropology of science). We distinguish between *philosophy of science* and *science studies*. The latter denotes empirical-descriptive disciplines (e.g., sociology of science), whereas philosophy of science also includes normative aspects. In German, *Wissenschaftstheorie* (theory of science), which means the analytic tradition of the epistemology (and ontology) of science, is sometimes distinguished from philosophy of science, which has a broader meaning and includes a more continental (some may call it postmodern) tradition, and the field of ethical questions in the context of science. However, these terms are controversial (see, for example, the chapter about postmodernism by Gary Aylesworth (2015) in the Stanford Encyclopaedia of Philosophy).

that people should know or learn: (1) a distinction exists between observation and inference; (2) a distinction exists between scientific laws and theories; (3) scientific knowledge involves human imagination and creativity (scientific explanations are inventions); (4) scientific knowledge is subjective and/or theory laden (background factors affect scientists' work); (5) science is practiced in the context of a larger culture (scientists are the product of that culture); and therefore, (6) scientific knowledge is tentative (it is never absolute or certain).

Although the GA, especially the list described above, propagated by Lederman and other authors (e.g., Abd-El-Khalick, Schwartz, Bell, see Matthews 2012, p. 9) has been very influential, it has been criticized by various science education scholars. In a recent study, Kampourakis (2016, p. 8) summarized the main objections and defended the GA against its critics. In his view, there are four main lines of argumentation against the GA: first, science cannot be adequately described by lists of simple statements; second, general NOS aspects are aspects of human knowledge in general and not of science in particular; third, there are no aspects that are common across all science; and fourth, aspects of the inquiry processes of science are not (or are inconsistently) included.

In response to these lines of argumentation, Kampourakis (2016, p. 10) argued first that NOS, like all subject matter content, needs to undergo didactic transposition; second, that the main aim of the GA is not to demarcate science from non-science but to address students' preconceptions about NOS; third, that one therefore should start with general aspects; and fourth, that it seems pedagogically useful to distinguish between aspects of scientific knowledge and inquiry because students have been found to conceptualize them independently. Therefore, Kampourakis concluded that the GA remains an effective way to introduce students to NOS, but he concedes that critics have noted some important aspects. His proposal is to take the GA as a starting point for NOS education in order to address the most common preconceptions about science. This approach can be complemented by a more detailed and complex conceptualization when students are prepared for it. As a more complex NOS approach, he recommends the so-called *family resemblance approach (FRA)*, which has a long history in the philosophy of science, has been introduced into science education by Irzik and Nola

(2011) and has recently been worked out in a book-length contribution by Erduran and Dagher (2014).

In what follows, we point to another, more fundamental line of critique against the GA, whose central argument is that NOS should not be taught as scientific content is usually taught – that is, as “facts about science” (e.g., Matthews 2012). Because teaching NOS requires reflecting on science and because reflecting on science is the domain of disciplines such as history, sociology, and especially philosophy of science, we propose the argument that the standards of teaching in subjects such as history, sociology, and especially philosophy are also applicable to NOS teaching in the science classroom and to science-teacher education. An indispensable aspect of reflecting on science in a philosophical manner is the awareness of central controversies within and between the science-reflective disciplines and the ability to address these controversies appropriately. We call this approach teaching about NOS rather than teaching the NOS.

In his foreword to the above-mentioned book by Erduran and Dagher (2014), Stephen Norris puts forth the following argument: considering that NOS itself is fraught with controversy in the science reflective disciplines and that controversy and conflicting views are the norm in science education as well, there are two basic solutions for the problem. On the one hand, one can teach the NOS, which means searching for aspects about which there is a general consensus (or about which there is the least controversy). This is the so-called GA. On the other hand, one could teach about NOS, which means addressing the science-reflective disciplines and their controversies themselves.³ One may add a third solution, which is to sidestep the philosophical dimension of reflection on science altogether and limit NOS teaching to a broad and authentic description of factual science.

The aim of this article is twofold: we first develop supporting arguments for teaching about NOS, which entails addressing reflections on science at a meta-level by addressing science-reflective controversies. Teaching about NOS, however, in our view is no end in itself. In the second part of this article (Sect. 2.2.4), we outline a model of what we call epistemic competence, the ability (and willingness) to critically scrutinize the content of science (and

³ Norris is skeptical about the second solution, because it is not what science teachers desire as part of their science courses. We will respond to this objection in some detail in Sect. 2.3.2.

the application of that content), the methods used to produce the scientific outcome and the claims for reliability associated with them – claims about the scope of science in society and as a source of knowledge. We think that reflecting on NOS at the meta-level, for the purpose of developing reasoned NOS views, is a necessary foundation for this ability. We are also aware of the limitations of this approach. Bringing more philosophy into science classrooms is not exactly what science teachers typically desire. We address such objections in Sect. 2.2.3. Our general perspective on this issue is that teaching about NOS, as with NOS teaching in general, requires a long-term perspective.

As Leden et al. (2015, p. 1167) state for the general implementation of NOS in the curricula and in the classroom, courses for pre- and in-service teachers can constitute a starting point for change in general and for teaching about NOS. As a first step, we recommend that teaching about NOS should become part of university curricula (and it should be noted that prospective scientists will also profit from such science-reflective courses). However, in principle, we think that teaching about NOS can also take place in the science classroom. In Sect. 2.4.3, we briefly sketch how this can be done. In the following sections, we first try to clarify what we call teaching about NOS and how it differs from teaching the GA. We then discuss the relation between teaching about NOS and some recently discussed alternatives to the GA, *naturalized* NOS and the above-mentioned FRA.

2.2 What Is Teaching About NOS?

Abd-El-Khalik (2012c, p. 2091) uses the phrase teaching about NOS for “instruction aimed at helping learners [...] develop informed epistemological understandings about the generation and validation of scientific knowledge, and the nature of the resultant knowledge.” According to Abd-El-Khalik, informed epistemological understandings include the theory-laden nature of observation, the underdetermination of theory, epistemological holism, and the social nature of science, in short, the scholarly background of the general aspects of science and scientific knowledge mentioned in the first section. We agree with Abd-El Khalik that learners should grapple with the aforementioned epistemological issues. Our understanding of teaching about NOS differs insofar we do not think that it is sufficient to point out to stu-

dents (and teachers) that observations are theory laden, theories are underdetermined by evidence, societal forces influence science, etc. Rather, teaching about NOS, as we understand it, requires addressing the underlying controversies explicitly (for example, about implications of the underdetermination thesis for rational choice between scientific theories), thus giving students (and teachers) the intellectual tools they need to critically reflect on science and scientific knowledge themselves and on other people's reflections as well. Some authors seem to share that view, for example, Chen (2006, p. 4) has argued that "students should learn to justify their beliefs, not to believe in a certain philosophical position." Some German science educators hold similar positions. For instance, Kircher (2009, p. 765) has argued that "[NOS] teaching is about arguments, about pros and cons, about interpretation and not about the correct epistemology." Meyling (2002, p. 463) has likewise argued that NOS teaching in general should be based on the principle of plurality and that different viewpoints related to the epistemology and philosophy of science should be offered to students, as "there is not such a thing as 'the' correct (constructivist, positivist, ...) philosophy of science." Similarly, Matthews has repeatedly argued for teaching about NOS (e.g., Matthews 2012) and criticized the position that the aim of NOS education is the teaching of one specific philosophical view: "Students' opinions can be criticized and corrected, but finally they must be encouraged to make their own decisions and develop their own informed positions" (Matthews 1997, pp. 326–327). Clough (2007) has likewise argued for investigating NOS – instead of teaching NOS – and proposes that NOS issues should be addressed as questions rather than tenets. Finally, Yacoubian (2012, 2015) has suggested promoting students' critical thinking abilities and use them to scrutinize NOS views themselves. We agree with the cited authors and argue that NOS views should not be imparted by teachers but be developed by students.

Approaches to teaching the NOS have in common that they claim to offer students a sophisticated understanding of what science is. The fundamental problem is that views of science, with respect to the situation in the science-reflective disciplines, are contentious and that there is, if anything, a contemporary mainstream instead of a consistent understanding. Thus, the problem with NOS as a didactical construct is that it is always a delayed echo to that mainstream (we detail the construction and transposition of NOS in

Sects. 2.2.1 and 2.2.2, respectively). Allchin (2011, p. 526), for example, rightly argues that a substantial part of Anglo-Saxon post-World War II NOS discourse has been strongly influenced by logical empiricism (or positivism) and that since the 1980s postpositivistic developments, mainly influenced by historian of science Thomas Kuhn, became dominant (see, for example, Loving and Cobern 2000; Matthews 2004). Although the German discourse after World War II was also initially influenced by logical empiricism, the development in the 1980s was quite different from that in the Anglo-Saxon countries because the German analog to NOS, *Wissenschaftspropädeutik*, was mainly committed to critical rationalism and referred to the philosophy of Karl Popper as well as the German philosopher of science Gerhard Vollmer (see, for example, Falkenhausen 1985; Vollmer 2000). Although the two approaches are therefore based on entirely different philosophical positions, they share that both focus on one specific perspective, which has been under critique for decades in the reference disciplines and barely consider that controversy. This, by the way, is also true for approaches of naturalized NOS, which we discuss in some detail in Sect. 2.2.4.

Essentially, we put forth the argument that science education should stop searching and striving for a sophisticated view on science, the NOS. As an alternative, we propose an approach similar to the standards in teaching the humanities, teaching about NOS, which involves keeping a critical distance from the technical discourses of the referent disciplines and identifying central controversies that are reconstructed and contextualized in a life-world relevant manner for the purpose of teaching. Important is the understanding that reflecting on science in general means that controversial positions and arguments exist, as well as that this is no shortcoming but the very nature of the matter. And this understanding, which can only be acquired by discussing science-reflective controversies, in turn, has specific importance to student's dealing with certain life-world controversies like the ones mentioned, for example, in Sect. 2.3.1.

Regarding the standards for teaching NOS-like content in the philosophy classroom, we offer more details in Sect. 2.2.3. It goes without saying that the argument that we develop implies a fundamental shift in NOS teaching, from the teaching of definite views about what science is to acknowledging that there is an open discourse about different perspectives on science.

2.2.1 Reference Disciplines for Scientific Content and NOS Differ

Subject matter taught in school, Kampourakis (2016) argued, is a product of *didactic transposition*. NOS, in this view, is a product of didactic transposition and thus a didactic answer to the question “what is science?” Tiberghien (2007) also described curricula as the outcome of a transposition process: based on Chevallards theory of ecology of knowledge, she mentioned two basic statements: 1) knowledge has a life of its own within certain communities; 2) because it is embedded in a matrix of other group-specific knowledge, the meaning of knowledge changes when it is transferred into a different community. This, according to Tiberghien, is transposition. From this perspective, curriculum development is the transposition of the accepted knowledge from one expert community (for example, scientists) to another (for example, science educators). The second basic statement, according to Tiberghien, is that curricula are *legitimized* by reference to the scholarly consensus of the relevant expert group outside the educational system.

Because of the incorporation of NOS into science curricula, reference disciplines – and hence the relevant expert groups – are enlarged to include the science-reflective disciplines, according to Tiberghien (2007). This enlargement is necessary, as the philosopher of science Janich (2007) has noted, because scientists themselves know about the foundations and underlying conditions of their disciplines often only implicitly, and therefore can be considered as experts in specific aspects of science content and practice but not in science itself.

References to the sciences can be used to legitimize curricula, but they do not determine them because curricula are modified by the transposing community, which, for example, may pursue different aims and hold different beliefs. Concerning the didactical reconstruction of NOS, there is a particular absence of consensus among expert groups. Whereas, for example, at a school-relevant level, there is consensus about evolutionary theory, as a quick glance into different textbooks confirms (for example, Storch et al. 2013; Heinisch et al. 2016; Futuyma and Held 2007), the situation in the science-reflective disciplines is far less conclusive, even at the level of introductory textbooks. It follows that *intelligent design*, for example, is not taught as a valid theory in biology classrooms (the claim of its proponents specifically is “teach the controversy!,” see Forrest 2007, p. 20) because

there is consensus in the scientific community that there is simply only one theory about evolution today. In Kuhnian terms, evolution can therefore be called the paradigm of biology.⁴

There is general agreement, however, about the fact that comparable paradigms do not exist in the arts, the humanities, and the social sciences. For example, Niaz et al. (2003, p. 790), quoted Shulman in stating that “for the social sciences and education, the coexistence of competing schools of thought is a natural and quite mature state.” Within the disciplines that reflect upon science (as well as in the arts and humanities in general), there are conflicting theories, even at the school-relevant level. Therefore, in many subjects taught in school, these controversies are addressed; examples include supply-and-demand theories in economics, different social theories in sociology and scientific realism versus anti-realism in philosophy (further details are given in Sect. 2.2.3). In comparison with the traditional content of science education, an additional difficulty for the didactical transposition of NOS stems from the fact not only that the relevant expert groups differ on issues central to their own disciplines (e.g., unity of science, demarcation problem, rationalism versus historicism; see Alters 1997; Eflin et al. 1999; Bourget and Chalmers 2014) but also that it seems controversial which disciplines are relevant – insofar as they reflect upon science – and which are irrelevant (see Sect.2.2.4).

2.2.2 Teaching the NOS Eliminates the Nature of Reflection (About Science)

Tiberghien (2007) quoted Tseitlin and Galili, who argued that in traditional science curricula, the “nucleus” of science – that is, fundamental principles,

⁴ Of course, this is a simplification of the situation in biology. We do not want to state that evolutionary biology is somehow completed. Indeed, evolutionary theory, as well as the system of inter-related theories that are usually termed such, underlies an ongoing process of change and extension (for example, in the course of the *modern synthesis* at the beginning of the twentieth century or recent progress in the field of *evolutionary developmental biology*). It is needless to say that there have been, and are still ongoing, controversies about myriad questions within this – what perhaps can, according to Imre Lakatos, better be understood as a progressive research program. What we want to illustrate with the example of evolution theory in biology compared with theories in the humanities is simply that *no rival approaches to explaining evolution* (at least at the fundamental level) have been established in biology ever since Darwin.

paradigm, and claims of meta-disciplinary nature (=NOS) – is eliminated. At present, it is universally agreed upon that this leads to a distorted view of science. Our argument, essentially, is that NOS curricula that promote teaching of some kind of the NOS similarly fade out one of the core dimensions of the science-reflective disciplines: their understanding of themselves, particularly their culture of discourse and the existence of a range of relevant and valid science-reflective perspectives.

Owing to disagreement within and between the science-reflective disciplines, NOS content is less determined than science content. Answers to the question what NOS aspects should be taught at school, what views on science can be considered naïve, and what views can be considered sophisticated depend, on the one hand, on the aims pursued. For example, it makes a difference if science education is embedded in an enlightenment tradition with ideal science as a role model for the education of rationality or if science education aims to inform citizens about factual science as a mighty societal institution among others (for a review of different arguments brought forward for NOS education, see, for example, Driver et al. 1996). On the other hand (and strongly overlapping with the pursued aims), the answer to the question what characterizes a sophisticated NOS view (and an irrelevant, problematic, or simplistic one) strongly depends on the science-reflective stance that a person holds. One of the main reasons for the ongoing controversies in NOS education about this question lies in the fact that science educators not only hold their own science-reflective views but also claim that their own views are generally accepted as established NOS doctrine.⁵ This becomes obvious when, for example, answers in line with (social) con-

⁵ For example, there has been a trend, for some time, in NOS-education to equate anti-realism and instrumentalism with an elaborated and sophisticated NOS view (for example, Upmeier zu Belzen and Krüger 2010, p. 46; Lederman et al. 2002, p. 516). Note that this should not be taken as a plea for scientific realism (nor do we want to take sides in other debates, such as rationalism versus constructivism or epistemic absolutism versus relativism)! Our position is that NOS education should generally help students examine, sometimes strengthen, and sometimes change their own positions and not persuade them of a certain epistemic or science-reflective position. More specifically, if we find it problematic that many students hold *naïve* realist views, it does not follow that they should become (often naïve) anti-realists; rather, they should become *sophisticated* realist or antirealist.

structivist statements are considered the correct answers in NOS assessments (see, for example, a critique of this particular practice by Deng et al. 2011, pp. 962–966).

Thus, we put forth the argument that because this process is invisible to students and because alternative views are not discussed, one of the core dimensions of reflection on science is lost, insofar as (i) there is no NOS view that can be classified as consensus (textbook- knowledge) in the science-reflective disciplines; (ii) there are different and often conflicting views that are, on the one hand, well founded and, on the other hand, can nonetheless be criticized with good arguments; (iii) the diversity of views about NOS is no shortcoming but the *nature of NOS reflection* as such (if not of reflection in general); and (iv) the diversity of views about NOS means not that all positions and arguments are equivalent (naïve relativism) but that they can be evaluated on the basis of the standards of the science-reflective disciplines.

Elimination of science-reflective controversies is an inevitable result of the strategies used in the studies described in the first section of this paper, which aim to identify general aspects of NOS. McComas and Olson (2002) have explicitly searched for substantial agreement in standard documents (which also represent a kind of consensus). Osborne et al. (2003) used a Delphi study, which is a method to establish consensus even when the situation is controversial. Lederman (2004) similarly embarked on a search for school-relevant NOS aspects and, as a basis for including NOS aspects, used consensus about NOS aspects as the criterion for inclusion. These strategies thus eliminated controversies about NOS. As a consequence, there are blind spots in the current teaching of NOS, which unfortunately make it rather difficult for science educators to see the diversity of different views as an opportunity to develop a deeper understanding rather than as a problem.⁶ In the following section, we develop the argument that teaching about NOS

⁶ In a recent paper, Abd-El-Khalik (2012b, p. 1046) made the concession that “philosophical, historical, and sociological controversies cannot be dismissed altogether because, in essence, they represent the very content of the construct of NOS.” Nonetheless, he argued that controversies should be an exclusive topic at the university level, while for school, he promoted the “pragmatic” approach of teaching general NOS aspects. While we agree that preservice science teachers certainly should address the complexities of science reflection on an academic level, we think that, on an appropriate lower level, students, at least in upper secondary school, can also tackle the fact that, in essence, NOS means controversy.

should be part of science education by referring to teaching standards for other school subjects, where it is common practice to address a range of different positions.

2.2.3 Standards for Teaching Humanities as Standards for Teaching NOS

For the construction of NOS curricula, it seems beneficial to rely on the expertise of philosophy educators, history educators, sociology educators, and politics educators; to our knowledge, this approach has not been adopted thus far. In what follows, we do not address the question whether there are statements about science that are accepted by most experts of the science-reflective community: this question automatically leads to the NOS, for example, the already known GA. Rather, we would like to pursue the following question: what aspects of teaching NOS – that is, *teaching to reflect on science* – are relevant and important for students?

First and foremost, there is a document called Beutelsbacher Konsens (Ipb BW 1976), which not only is a major reference point for political education in Germany but also has had implications for other subjects, such as history (see Bergmann 2007, for example) and philosophy. Beutelsbacher Konsens prohibits indoctrinating students. More specifically, the argument is made that “controversies [in the reference disciplines] must appear as controversies in the classroom.”⁷ For ethical questions, for example, Bussmann and Hasse (2016, p. 87) argued that a “pluralism of perspectives must be considered systematically.” On the one hand, the authors argued that moral-ethical judgments – as rational discourse – should take into consideration the variety of positions in philosophy as an academic discipline. On the other hand, the authors’ view was based on methodical considerations – philosophizing as an elementary culture technique. Therefore, the authors claimed that teaching should fundamentally focus on controversy.

In philosophy as a school subject in Germany, reflection on science is an explicit part of the curricula in the upper classes of high school. Like science education, philosophy education therefore provides the opportunity to think systematically about the demands, scope, limits, and possibilities of knowledge, especially scientific knowledge.

⁷ Citations from the various German documents are translated to English by the authors.

The national philosophy curriculum (NW 2014a, pp. 11–12), for example, defines the “ability to engage in philosophical reflection” as the primary goal of philosophy education. This includes “comprehending problems in their contexts and critically reflecting upon relevant philosophical positions.” These aims are congruent with the overall teaching approach described in the philosophy curriculum for the Land Schleswig-Holstein (SH 2002, p. 30), which is described as “dissent between antagonistic positions, which equally claim the ‘truth’ for themselves. [...] This rules out both treating specific philosophical positions as the norm and using a merely historical approach” (compare this with the philosophy curriculum for the Land Berlin, which is almost identically worded) (BE 2006, p. 9). The philosophy curriculum for the Land Hamburg (HH 2009, p. 1) offers the following details: “Philosophical approaches are used to clarify the guiding questions and they are always confronted with alternative ways of thinking.” To put this aim into practice, the philosophy curriculum for the Land Schleswig-Holstein (SL 2008, p. 15), for example, suggests avoiding using overly theoretical approaches and instead “using provocation through polarizing terms” as a teaching method by, for example, contrasting the terms opinion, belief, and knowledge.

A look at the kinds of competences tested in current Abitur examinations in philosophy further illustrates this position. As an example, we analyzed the exam questions in philosophy in the Land North-Rhine-Westphalia (NW 2014b) concerning the topic “problems of thinking, epistemology and science.” In the years 2013–2015, seven tasks were used for examination, with a range of different topics, such as “empiricism versus rationalism” (GK 2013), “ethics and the limits of science” (LK 2013), “science practices and criticism of science” (GK 2014), “validity of science” (GK 2015), and “empiricism as an epistemological position” (LK 2015). The tasks included working materials in the form of texts by Plato, Berkeley, Locke, Mittelstraß, Hoerster, Feyerabend, and Popper, for example. As an interesting detail, despite differences in themes and authors, the formulation of the work instructions is identical. According to the item developers, the tasks provide information about students’ competence to reflect upon knowledge and science. In particular, students should be able to (i) identify controversial issues and classify statements according to basic positions; (ii) evaluate positions and judge arguments; and (iii) justify their own position.

In the textbook *Logik der Philosophie* (Logic of Philosophy), Hardy and Schamberger (2012, p. 33) made an important point in arguing that philosophical debates typically never come to a definite end. There may be a kind of mainstream, but there is always a range of different positions. According to the authors, this is the reason why there is no such thing as philosophical textbook knowledge. There are textbooks, but they contain knowledge about the history of philosophy without providing definitive answers to philosophical questions. Instead of trying to teach definitive philosophical textbook-knowledge, one should teach appreciation for consistency in one's own beliefs and the methods for their critical examination.

The notion of controversy can also be found in other relevant textbooks of philosophy education. However, this perspective is often taken for granted; that is, in many cases, it is not mentioned explicitly. Nevertheless, it is evident in the underlying conceptualization of many books. Educators of philosophy Balliet and Steenblock (2015), for example, present the topic *Wissenschaft und Welterkenntnis* (Science and Knowledge of the World, a collection of teaching material for philosophy teachers) in the form of a historic-discursive passage. A range of science-reflective issues are presented for discussion, particularly texts by authors who hold controversial positions. Examples include texts by Hans Mohr and Max Born, which focus on accountability in science, by Karl Popper and Thomas Kuhn, which elaborate on the rationality of science, and by Emil Du Bois-Reymond and Thomas Nagel, which address the question of the scientific worldview as a model. An analogous approach can be found in textbooks for the university level, for example, *Studienbuch Wissenschaftstheorie* (Course Book Philosophy of Science) by Bartels and Stöckler (2007), where many topics (for example, scientific realism) are presented in a historic-discursive way.

Consultation with philosophy educators and teachers – in the context of the present study – confirmed the viewpoint that philosophical reflection on science at the school level entails discussing controversial issues rather than teaching one specific science-reflective view. All 12⁸ persons with

⁸ We asked a total of six philosophy lecturers at the university level (four philosophers of science, one philosopher of ethics, and one professor for philosophy education) and six philosophy teachers in upper secondary school. Eight persons were interviewed, and four persons responded to a questionnaire. The interviews were structured and were guided by a manual: We first asked how science teachers should go about science

whom we talked advocated for addressing science-reflective controversies in the (science) classroom. For example, one expert noted that “it is necessary to make it clear to the students that there are neither simple answers nor fixed knowledge in philosophy of science to promote an adequate picture of what philosophers of science are doing” (E1). Another expert argued that “central strategies of argumentation, which are paradigmatic from the perspective of philosophy of science, [and] central perspectives which are relevant [to] the topic should be used as tools for student’s own reflection” (E2). Similarly, another expert argued that “because in philosophy of science, in particular, no generally accepted position exists, it is essential to teach reflectivity by addressing the different positions that exist.”

One might argue that exclusive reference to the specific situation in Germany is a limitation to our attempt to contribute to the wider discourse about teaching about NOS in many countries. This objection is in principle valid, and supporting evidence from the curricula of other countries (for example, France or Italy) would strengthen our argument. However, standard documents and curricula of this sort are missing in many countries; for example, in the USA, philosophy education is rarely included in school subjects. Therefore, we decided to focus on the situation in Germany. In addition, we think that considering the situation in Germany may be of some interest for an international audience, at least as an impulse for the recent discourse.

Furthermore, we think that views regarding how philosophy should be taught are quite similar worldwide. This is the impression one gets when considering, for example, Anglo- Saxon philosophy of science textbooks. Instead of describing one specific view of the philosophy of science, the standard textbook *Philosophy of Science* (Curd et al. 2013), for example, presents

reflection in the science classroom. Then, we asked them to comment on teaching the NOS versus teaching about NOS. The specific question was as follows: “There are conflicting views about teaching NOS in science education. [The two positions were shortly summarized.] Which position do you prefer? (a) Today, there is consensus within science-reflective disciplines about how to characterize science or knowledge in general; this consensus should be taught in school science. (b) Today, there are conflicts within and between science-reflective disciplines regarding how science can be characterized. These should be presented as open questions and discussed in school science.” Most respondents suggested discussing central controversies (although there was disagreement about what they are) as an answer to the first question, and all respondents preferred teaching about NOS as an appropriate way of reflecting on science.

a range of controversial positions to central issues, and the authors comment on them. The curriculum of the *International Baccalaureate Organization (IBO)* lists the critical analysis of the nature of knowledge as one of three core elements to be addressed. The associated textbooks *theory of knowledge* (e.g., van Lagemaat 2011; Alchin and Henly 2014) almost entirely focus on questions that are answered in different – and controversial – ways so that students can scrutinize them and use them to justify their own positions. Van de Lagemaat (2011, p. viii) described the aim of the TOK course in the following way: “The vast majority of the questions raised in this book do not have definite answers, but this does not make them less important. My aim in writing this book is not to save you the effort of thinking about these issues, but to provoke you to think about them for yourself.”

In a similar way, Swinbank and Taylor (2008, p. vii), in the introduction of *Perspectives on Science*, a UK textbook with a meta-science focus, stated that “Perspectives on science is designed to help you address historical, ethical and philosophical questions relating to science. It won’t provide easy answers, but it will help you to develop skills of research and argument, to analyze what other people say and write, to clarify your own thinking and to make a case for your own point of view.” Concerning the overarching aim of philosophical reflection on science, the authors (p. 149) explained that “Having learned something about some of the central ideas and questions within the philosophy of science, you are now in a position to evaluate the viewpoints of some scientists who were asked to describe how they viewed science. The aim here is to use these ideas as a springboard to develop and support your own thinking. *You should not assume that the ideas presented here are correct. They are intended to provide a starting point for discussion* (emphasis added).”

In sum, it can be concluded that despite all conceptual and textual differences, there is a consensus in philosophy education that it is essential to teach knowledge about different positions and arguments – rather than specific views – and to foster the ability to answer philosophical questions, which involves logic, for example. Martens (2013, p. 30ff) considered this ability an elementary cultural technique (see also Pfister 2014, p. 33ff) that is closely related to the concept of competence, which is developed further in Sect. 2.4. When the argument is made that teaching about NOS (which includes addressing controversies related to NOS) at the high school level

should be objected to, an important point is missed: the controversial nature of the science-reflective disciplines itself is one of the core areas of NOS.

Before examining the relation of teaching about NOS to some recently discussed alternatives to the GA, naturalized NOS and the FRA, we would like to argue against a possible misunderstanding of the argument developed in this article. In our view, it would be a mistake to aim at what Eflin, Glennan, and Reisch (1999) called a “middle of the road approach” (in the context of different accounts on the work of Thomas Kuhn). The authors rightly argued for the necessity to avoid “an overly simplistic pluralism in which all philosophical positions are seen as equally viable,” but this was done best in the way proposed by Bussmann and Hasse (2016, p. 97): “[Controversy] should not be confused with postmodern arbitrariness, because such teaching, as a consequence, ends with the exchange and evaluation of arguments, whereby poor arguments must be criticized and good arguments appreciated. Consensus is, in most cases, no appropriate goal.” Allchin (2004, p. 944) noted the challenge for science educators to chart a course between the Scylla of scientism (the nightmare of many sociologists of science) and the Charybdis of relativism (the nightmare of many philosophers of science). We agree that both scientism and relativism are problematic, but we also think that science educators should not believe that it is their task to chart a course for their students. To remain with the nautical picture, we think that it is essential to make the epistemic shallows visible to students, which is best done in a way that enables students to detect them in various waters. The solution is not to harmonize – and thus neutralize – controversial positions, but to discuss them with students.

2.2.4 Can Naturalized NOS Sidestep the Problems of Teaching About NOS?

For some time, there has been a growing demand for an increased focus on empirical-descriptive approaches of science reflection in NOS, especially from science studies (Allchin 2004; Zemplén 2009). In what follows, we refer to this approach as naturalized NOS (a term used for example by Duschl and Grandy 2011). Naturalizing NOS can basically be understood in two ways: the first (which seems to be Duschl’s perspective) is the uncontroversial claim that every meaningful reflection on science must consider empir-

ical knowledge about science, gained, for example, by science studies or history of science. Some authors have taken the stronger view that the difficulties of teaching about NOS can be sidestepped by *eliminating* the philosophical, viz. normative epistemological, issues altogether and instead focus solely on presenting an authentic picture of actual science.

Rudolph (2000, pp. 406–407), for example, criticized the GA in noting that such general statements, in his view, lack professional justification. Teaching about NOS (i.e., addressing the science-reflective controversies themselves in the science classroom), on the other hand, would be illusory considering the necessary changes in curriculum, the actual goals of science education and, above all, the lack of “intellectual sophistication required to even begin to consider the complex philosophical, sociological and historical arguments that would make up the subject of such a comparative study.”⁹ Rudolph therefore suggested that NOS teaching should focus on the acquisition of factual knowledge about actual scientific work. According to Rudolph (2000, pp. 415–416), struggles over the ultimate aims of science and the justification of scientific knowledge claims are “not necessary, not warranted, and in the end, probably not even intelligible”; therefore, they are “more properly considered within the broader domains of philosophy.” Thus, the argument continues that there is “no ready place [for philosophy] in the traditional school science curriculum.” We will respond to the objection that science classrooms should not become philosophy classrooms in some detail in Sect. 2.3.2. Here, we use Rudolph’s approach of naturalized NOS to further elaborate our understanding of the difference between teaching the NOS and teaching about NOS.

Naturalized NOS points to the *fundamental* controversy about the question whether epistemology (for example, Quine 1969) and reflection on science (for example, Bloor 1991) should exclusively follow an empirical-descriptive approach or whether a need for normative approaches remains. This issue, however, is controversial in science education and in the epistemology and philosophy of science. Although a detailed description of the respective arguments from both sides is beyond the scope of this text, important points of reference are, for example, Kim (1988), who argued

⁹ To be accurate, Rudolph (2000, p. 415) did not call for the outright elimination of NOS in school but thought that its philosophical proportions should be limited to some well-defined space outside existing science teaching.

against naturalized epistemology, Keil and Schnädelbach (2000), who argued against naturalized reflection on science, and Abd-El- Khalik (2012a, p. 366ff), who argued against naturalized NOS and noted that sociological approaches to the study of science should not be privileged because sociology of science is just one source among many others, “which scholars of science have systematically drawn upon in their continued attempts to develop a robust account of NOS.” He furthermore stated that it is not clear how normative judgements about knowledge claims can be derived from descriptions of scientific practice and that a neutral empirical-descriptive perspective on science must remain an illusion.

The argument that we develop in this article does not imply that teaching about NOS involves privileging one side of the debate over the other. To the contrary, teaching about NOS, in our view, should focus on controversy. This does not mean that we ourselves hold no view on the debate on naturalism; we certainly do, and it should be added that the authors of this paper differ in their views on naturalism, as on several other topics. What we share, however, is the view that personal epistemological views should not lead NOS teaching. This does not mean that we should hide our beliefs while teaching; on the contrary, we should make them transparent and, even more important, make it transparent for students that competing views exist. Our proposal for addressing the problem sketched above would be to teach (the controversy) about (naturalizing) NOS. Furthermore, to avoid misunderstandings, we think that the findings of science studies are tremendously important and valuable for reflecting upon science and that every meaningful philosophical approach must take them into account. However, it remains an open question whether a solely empirical-descriptive approach to factual science is sufficient for understanding science or whether we also need normative reflections about what ideal science should look like.

Siegel (1993) put forth the very same argument in claiming that it is the fundamental controversy about the relevant methodological perspective for science reflection itself, which is naturalized-descriptive philosophy of science versus normative approaches that should be addressed in science education. Siegel substantiated his argument by noting, first, that it is essential to realize that “the nature of science is neither given, nor univocal, nor clear [...] in short, that the ‘nature of science’ is contentious; that there are radi-

cally different ways of understanding and conceiving of science, and that responsible and well-informed scientists and students of science favor fantastically different accounts of science and its nature” (p. 63). In addition, he noted that confronted with the problems of naturalizing philosophy of science, students will also reflect on the way in which science itself is empirical or “natural” (p. 62).

2.2.5 Science as Family Resemblance - Teaching the NOS or About NOS?

As mentioned, the FRA represents a recent teaching approach in the context of NOS. In what follows, we briefly examine the relationships between the FRA and both teaching the NOS and teaching about NOS. Family resemblance, as a technical term, belongs to the central concepts of the philosophy of the late Ludwig Wittgenstein. The concept aims to capture terms of everyday language, which resist straightforward definitions. In the philosophy of science, defining what counts as science or scientific practice (for example, for demarcating science from pseudoscience) turned out to be difficult if not an outright unsolvable task (Laudan 1983). Laudan's argument for refuting the demarcation problem is that considering the heterogeneity of science, it is impossible to find demarcation criteria in terms of necessary and sufficient conditions. Some philosophers of science have therefore promoted versions of the FRA as possible solutions for the demarcation problem (for example, Bunge 1991, or recently Pigliucci 2013a). According to Bunge (1991, pp. 245–247), science is a complex object that must satisfy several conditions. Non-science and pseudoscience can be demarcated from proper science because they fail to satisfy these conditions (at least approximately).

In the context of science education, Irzik and Nola (2011, pp. 592–593) proposed the FRA as a possibility to overcome some of the weaknesses of the GA, especially that the GA ignores the aims and methodological rules of science, separates scientific inquiry from NOS, is blind to the differences of the scientific disciplines as well as to the changes in NOS itself, and finally lacks sufficient systematic coherence. The authors offered four categories as a structural description of NOS. Irzik and Nola (2013) expanded their former solely philosophical-cognitive approach by adding the social dimension of science. This extended approach has been recently worked out (and expanded again with the societal environment of science, for example, the

economic or political power structures) in a book-length contribution by Erduran and Dagher (2014). This expanded version includes 11 categories, structured in an epistemic-cognitive dimension and a social-institutional dimension. The former dimension consists of aims and values, practices, methods and methodological rules, and the latter, of professional activities, scientific ethos, social certification and dissemination, social value, social organizations and interactions, political power structures, and financial systems.

The initial aim of applying cluster concepts like family resemblance to science was to find answers to the primarily normative epistemological question of how to distinguish between science and other human endeavors. This aim has somewhat changed in the educational context. Erduran and Dagher (2014) Dagher and Erduran (2016) used the FRA in a descriptive way to identify and organize a comprehensive collection of aspects relating to science. According to the authors, its purpose is to provide learners, science teachers and curriculum developers with “an image of science as a holistic, dynamic and comprehensive system with various influences” in order to “give students a coherent and authentic picture of science (and nature of science) by making the relations of the different features of science, mentioned above visible” (Dagher and Erduran 2016, p. 9). We agree with the proponents that the FRA can lead to a better understanding, especially of the fact that there are simultaneously differences and similarities of science. Furthermore, we agree that the bandwidth of aspects of science is much wider than that of the GA and that many important issues, such as the aims and methodological rules of science, are considered. The FRA can, in principle, be interpreted as teaching the NOS as well as teaching about NOS. However, in practice, we harbor doubts insofar as the FRA may lead to teaching the NOS rather than teaching about NOS because the latter perspective is not mentioned explicitly. In our view, the FRA is a perfect tool for organizing NOS themes in a curricular framework. It also may be a valuable tool in the classroom to generate a comprehensive understanding of science. However, we think that a reflective dimension should be added to it more explicitly.

Thus, the GA, the FRA and naturalized NOS will, despite their great differences and maybe also their intentions, very likely be interpreted as versions of teaching the NOS instead of teaching about NOS. Therefore, a large part of contemporary NOS discourse focuses solely on questions regarding the

NOS. This leads to the problem that questions of teaching about NOS are widely ignored, even if they can be legitimately asked. However, there are some objections against teaching about NOS that cannot be disregarded.

2.3 Objections Against Teaching About NOS

There are two main objections against addressing science-reflective controversies as topics in teaching about NOS. Both implicitly stem from the criteria developed by Lederman, described in Sect. 1: Lederman (2007) argued that (i) NOS content should be accessible to students and that (ii) it should be useful for students as future citizens. The objections have been made (for example by Smith et al. 1997, pp. 1102–1103) that science-reflective controversies – teaching about NOS – are (i) abstract and unintelligible and (ii) irrelevant for real (societal) life. In the following sections, we respond to these objections.

2.3.1 Is Teaching About NOS Irrelevant to Real-Life Problems?

There is ongoing discourse about whether teaching NOS is relevant for socioscientific decision making (SSI). According to Kampourakis (2016, p. 1), “*science literacy* could be perceived as comprising two distinct competencies: (1) understanding how scientific research is conducted, what kind of knowledge it produces, and being able to use this knowledge; (2) developing reasoned arguments and being involved in decision making about socioscientific issues.” This reflects the fact that the question of whether and, if so, how NOS and SSI are linked is not an easy question to answer in light of rather inconclusive empirical findings.

Regarding the GA, it seems unclear whether this approach adds to a person’s ability to make decisions about socioscientific issues. From a GA perspective, it can be argued, for example, that subjective and sociocultural aspects of NOS may help students understand why researchers do not always agree with one another (which is often reported in the media). This is true, and students should certainly know that science and scientists are unavoidably influenced by cultural, political, and economic environments, as well as by personal biases and psychological aspects. In fact, science – or rather scientific knowledge – is subjective and socioculturally embedded. Empirical evidence from the sociology of science supports this claim and there is no reason to doubt these findings. However, teaching these findings without

further reflection would suffer from the same problem as teaching science content as facts without (explicitly) teaching NOS. As in the first case, there is the risk of generating naïve conceptions (myths) of science and there is the risk of generating naïve NOS conceptions in the latter. One example is naïve (in the sense of unfounded) epistemic relativism, which we think not only lacks philosophical sophistication, but also is highly problematic in discourses relevant to everyday life.

In this context, the argument can be made that teaching the NOS may have undesirable side-effects. For example, there is a risk that NOS teaching leads to the naïve relativistic view that all knowledge claims are equally valid. This argument is supported by empirical findings (for example, Abd-El-Khalick 2001, pp. 229–230). Clough (2007, p. 35) reported that “[...] when addressing the historical tentative character of science years ago while teaching high school science, my students would jump from the one extreme of seeing science as absolutely true knowledge to the other extreme as unreliable knowledge” (see also van Dijk 2011, p. 1092). Abd-El-Khalik (2012c, p. 2097) states that, for example, social NOS “should not be confused with relativistic notions of scientific knowledge.” He is certainly right, but the problem is, that social NOS (as well as, for example, the underdetermination-thesis, the concept of theory-ladenness and epistemological holism) *are* in fact used to defend epistemological relativism, in the scholarly discourses (see Laudan 1990 for a witty overview) as well as in the broader society. It is significant that relativism (and radical skepticism) is classified as a problematic barrier to a deeper understanding in philosophy education when it is adopted by students in beginner philosophical courses (see, for example, Pfister 2014, p. 49). This is so because in epistemology, questioning knowledge claims in such a radical way is only a starting point which leads to the very real task of justifying arguments that gaining knowledge about the world is nevertheless possible (Ernst 2014, pp. 28–42).

In times like these, when the authority of science and the credibility of its knowledge claims have come under attack and the importance of considering scientific knowledge in the context of grave societal decisions is denied by influential groups (in Germany, *postfactual* has been declared as the term of the year 2016), it seems to be not without risk to focus solely on the tentativeness of science without examining the underlying controversy. Allchin

(2011) for example noted that the focus on tentativeness and resulting relativistic views may be very problematic in the context of political-societal struggles because the slogan of the tentativeness of scientific knowledge can be misused as a weapon against science, for example, by climate-change skeptics in devaluating the scientific consensus (see Oreskes and Conway 2011) or by creationists in discrediting evolutionary scientists as dogmatic (see Pennock 2010; see also Harker 2015 on both cases). Even skeptics about science and truth such as Bruno Latour realized that the use of their own arguments leads to the situation that the real danger for society comes no longer from an unreflected trust but from an unreflected distrust in science:

“[...] American kids are learning that facts are made up, that there is no such thing as natural, unmediated, unbiased access to truth, that we are always prisoners of language, that we always speak from a particular standpoint, and so on, while dangerous extremists are using the very same argument of social construction to destroy hard-won evidence [for climatic-change] that could save our lives.” (Latour 2004, p. 227)

Furthermore, there is lack of a plausible causal link, for example, between improved decision making on specific problems, such as whether drinking water be fluoridated, and knowledge about the ultimate tentativeness of scientific knowledge. Some authors have therefore claimed that *functional* NOS, that is, knowledge about how factual science works, can be used for making decisions about SSI (for example, Ford 2008a, b). Allchin (2011, p. 522), for example, criticized the GA for its lack of relevance to everyday life and calls for a functional understanding of NOS that can lead to informed citizens who are “competent interpreters, or ‘critics’, of science [...] in the same way that film or music critics can effectively assess art without necessarily producing art themselves.” Allchin focused on a broad understanding of scientific practice, especially potential sources of scientific error and how factual science prevents, mitigates or accommodates them (p. 524). However, in contrast with the argument developed in this paper, he also considered philosophical questions of minor interest for NOS teaching (p. 523).

We agree with many aspects of Allchin’s analysis of how NOS can contribute to scientific literacy and his focus on NOS as competence rather than mere knowledge. The same applies, for example, to the approach of Michael Ford, who rightly argued for giving learners a *grasp of scientific practice*, that is, an awareness of the rationale and nature of critique in scientific practice: to know that scientific knowledge is held accountable through its explicit

connections to empirical evidence, to know how to construct and critique knowledge claims appropriately and to know that the interaction of these processes produces reliable scientific knowledge on the communal level in order to effectively and appropriately criticize science related claims. We think that these approaches significantly contribute to decision making, especially on the individual level and to some extent on the societal level, for example, concerning issues such as the fluoridation of drinking water, vaccination, electromagnetic radiation, and preventive medical checkups.

One is tempted to say that controversies about NOS are, by comparison, purely academic and that they lack relevance for the world we live in. Considering that there is ongoing debate on the question of what NOS is, not only in the science-reflective disciplines but also, for example, in science education and in larger society, it follows that the contents of these debates may also be interesting for the target group of science education. Allchin (2004), for example, wrote about one of the central disputes:

“The difference of perspective about sociology of science parallels, of course, larger cultural debates: the science classroom has become contested turf in the lingering Science Wars. Of course, the disagreement about sociology of science is not an armchair intellectual debate. It is a power struggle. It is about the scope of authority of science. Hence, the discourse typically evokes deep emotions.” (Allchin 2004, pp. 935–936)

Indeed, it is necessary to identify relevant controversies, reconstruct them at an appropriate level and embed them in authentic real-life contexts. As Allchin mentioned, there is a kind of ongoing cultural war not only in the science-reflective disciplines and science-education but also in everyday life. One can find numerous disputes in newspapers and especially on the internet, and in society more broadly, about what science and NOS are. Examples are the disputes over the following questions: Should Intelligent Design (ID) be taught as an alternative to evolutionary theory in school (Junker and Scherer 2013)? Should ID be tolerated as a student’s worldview (Reiss 2008)? Has science proven that god does not exist (Dawkins 2009)? Other examples are as follows: Is homeopathy an alternative to conventional medicine or a pseudoscience (Graf and Lammers 2013)? Are gender studies a dangerous ideology or an innovative scientific approach (Kutschera 2016)? Has neuroscience shown that there is no such thing as free will (a question which affects notions of personal responsibility and legal consequences;

Roth 2016)? The link that connects these disputes is the *scope of authority of science*, a phrase used by Allchin (2004) to describe a fundamental cultural struggle, also known in Anglo-Saxon countries as the *science wars* (for review and commentary see, for example, Labinger and Collins 2001; Brown 2001). We consider the question of how much authority science has in society of high importance so that it should be given space in the science classroom. Abstract and, at first glance, irrelevant discourses about the unity of science and the rationality of epistemic norms tackle the roots of our cultural self-conception: essentially, “the way we live hangs on it,” as Brown (2001, p. ix) wrote in his book on the science wars. This may sound a little bit too dramatic, but in some countries, there are tendencies to implement alternatives to science at the highest societal level, for example, *Vedic science* in India (Nanda 2003) and *Islamic science* in Turkey (Nola and Irzik 2006, pp. 441 – 461). Terms that play an important role within the mentioned disputes are *Pseudoscience* and *Scientism*, which will be discussed in Sect. 2.4.3.

Therefore, in contrast with Allchin (2011), we think that an understanding of the philosophy of science and its nature *as well* as knowledge about factual science is necessary. This is so because improvement in people’s ability to reflect on science (which, in our view, is synonymous with philosophizing about science) cannot totally be superseded by mere information about scientific practice (see Sect. 2.2.4). Philosophical arguments such as the theory ladenness of observation and norm circularity of what counts as evidence are used as rhetorical weapons in the above-mentioned disputes and should not be disregarded in science education. Allchin (2011, p. 523), for example, suggested that “the best way to disarm criticism of evolution as ‘merely a theory’ may not be by clarifying the meaning of the term ‘theory’ but rather by rendering the whole discussion moot by redirecting focus to the robustness of the evidence.” This is rendered problematic by the fact that ID proponents actually claim that what counts as evidence is determined by the paradigm (evolution) itself; therefore, they argue that adopting a different framework with different presuppositions (for example, that the supernatural exists and exerts influence on reality) allows one to interpret empirical data in different ways (Junker and Scherer 2013). In cases such as this, what is clearly needed is a philosophical analysis of the arguments used. Pigliucci (2002, p. 264) reported that science majors hold on

more strongly to paranormal beliefs than students of the humanities and explains the difference with reference to the fact that the latter were trained in critical thinking and philosophy of science, while the former were not. This statement points to connections between critical thinking and argumentation and between NOS and SSI. In Sect. 2.4, we briefly discuss contemporary approaches that see critical thinking and argumentation as the foundational pillar both of NOS and SSI (Yacoubian 2015; Khishfe 2012).

The relationship between (individual and societal) everyday life, science, and philosophical reflection about science takes a prominent place in current philosophy education discourse. Philosophy educators Bussmann and Martens (2016) called this relationship *Philosophiedidaktisches Dreieck* (triangle of philosophy education, Fig. 1) and stated that it should not be understood solely as a heuristic for reflection on a science-based world in philosophy but as an approach to show an adequate picture of the role that philosophy has played from the beginning of modern science, that is, integration and reflection on the contents and methods of science.

At present, this conception is used to incorporate the scientific perspective into philosophy education. We suggest that it also be used as a tool for incorporating the philosophical perspective into science education.

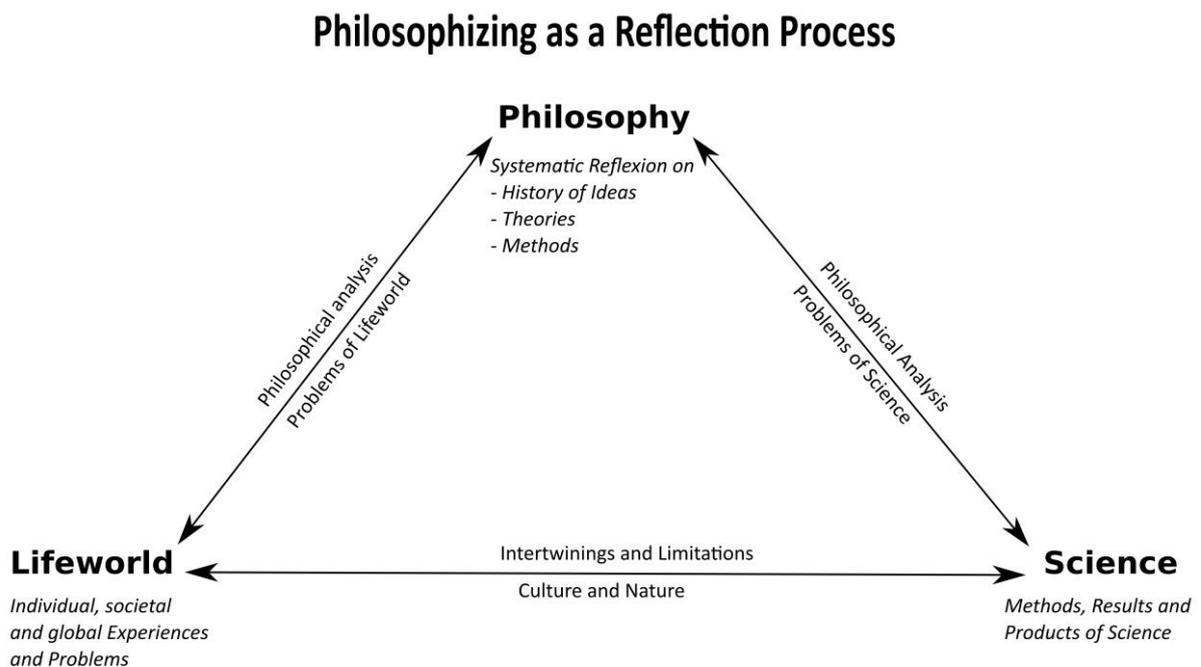


Fig. 1 Triangle of philosophy education (Bussmann and Martens 2016)

2.3.2 Is Teaching About NOS too Ambitious?

A common argument against addressing science-reflective controversies is that science classrooms should not become philosophy classrooms. Science teachers are often unwilling to teach about NOS, as topics are considered too abstract and controversies are expected to lead to confusion among students (Dittmer 2006, pp. 1102–1103). Thus, it seems clear that teaching about NOS is new, and it may be perceived as challenging by teachers who may even resist it. One of the main reasons for doing so is that science teachers see themselves more as working scientists and feel uncomfortable when they are forced to reflect on science. Empirical evidence shows that many science teachers feel a strong uneasiness with respect to philosophical questions in the science classroom (Dittmer 2010, pp. 146–166; Leden et al. 2015, p. 1166). This view runs counter to the perspective described in this paper, which requires a willingness to handle ambiguity and tackle the aporia of philosophy of science.

The second obstacle for teaching NOS found in the aforementioned both studies is *insecurity* in teaching NOS in an appropriate manner. Because science teachers are unprepared for teaching (about) NOS, the argument continues that it should not be a topic in the science classroom (Smith et al. 1997; Rudolph 2000). Although this argument seems plausible at a first glance, it does not stand up to closer examination, as it would be a logical fallacy to conclude from the empirical evidence that science teachers *do not want* to teach about NOS and regard it as worthless, unimportant or dispensable, that it therefore *should not become* part of the science curriculum.

In our view, the mentioned caveats point to the deeper problem that “the intellectual life of the whole of western society” is split into, what Snow (2012) more than 50 years ago called, “the two cultures.” Overcoming this intellectual segregation is one of the fundamental educational goals for science education and for education in the humanities. This is the underlying challenge of NOS teaching, at the school level and especially at the university level. Teaching about NOS in this sense aims at offering insight into the nature of reflection on science, that is, among other things, acceptance of aporia and ambiguity as a feature and not a shortcoming.

Philosophy of science suffers from, what Pigliucci (2016, p. 25) termed, an image problem, especially among scientists (and science teachers). A

well-known example is Nobel-winning physicist Richard Feynman, who criticized philosophy of science for being “as useful to scientists as ornithology is to birds” (Pernu 2008). This quote reveals a blatant misunderstanding of what the major point of the philosophy of science is, which is obviously not to solve scientific questions but, as Pigliucci (2016, p. 27) states, to generate theories of how science works, analyze the logic underlying the practice of the various subdivisions of the scientific enterprise and serve as an external mediator and sometimes critic of the social implications of scientific findings – activities that may sometimes be helpful to working scientists but are not in other cases.

Teaching about NOS should help overcome the split of cultures and lead to students’ (as well as science teachers’ and scientists’) acceptance of science reflection and willingness to engage in NOS discourse themselves. In a recent study, Hammann et al. (2016) drew attention to the problem of scientism and proposed addressing it in the science classroom. The awareness of what kind of questions about science various science-reflective disciplines (including philosophy of science) can legitimately ask, how they answer them, and what the respective limits of the complementary approaches are, seems promising to face scientism and its counterpart post-modernism.

To get back to the question about whether teaching about NOS can be practically implemented in university and school education, we would like to note that there are examples of successful implementations of sophisticated philosophical reflections in science education, for instance, in the field of *Bewertungskompetenz* or *ethische Urteilskompetenz* (competence to evaluate ethical problems in the context of science) in German biology classrooms (Reitschert et al. 2007). It is also telling that in the context of bioethics, the goal is not to teach a specific ethical stance but to discuss controversial positions that can be compared and analyzed but not integrated as a compromise.

Regarding *ethical* reflection, science educators have succeeded in implementing an approach for reflection about (ethical implications of) science by modeling different and deeply conflicting traditions of ethical thinking (for example, utilitarian, and deontological ethics) and central arguments in

live-world discourses (for example, the so-called SKIP¹⁰ arguments in the context of stem cell research, see BMBF 2008 for a concrete realization). In the following sections, we briefly outline what *epistemic competence* as an analogous approach to NOS could look like.

2.4 Teaching About NOS: Epistemic Competence

Although we launch the present argument to address controversies over, for example, what constitutes science or what the scope and limits of science are, based on how philosophy (of science) is taught in school and university, our reason for promoting teaching about NOS is certainly not that students should become philosophers of science as an end in itself. Our aim is to develop students' own abilities to reflect on science because we think that these abilities will help them understand urgent societal questions about the scope and limits of science. We therefore propose that science education should promote students' epistemic competence: the ability (and willingness) to take reasoned positions in discourses about the scope and limits of science, to critically scrutinize the content of science and the application of that content, the methods used to produce the scientific outcome and the claims for reliability associated with them. At the end of the last section, we defended the view that it is possible to improve epistemic competence with reference to the argument that it is (at least partially) analogous to bioethical competence and that it was possible to implement this perspective in German science classrooms. According to Reitschert et al. (2007), bioethical competence comprises six dimensions and two basic skills (change of perspective and argumentation, see Fig. 2).

Some of the dimensions and skills of bioethical competence seem to be fundamental for any kind of reflection, which means that they are also relevant to epistemic questions (for example, argumentation, evaluation, and judgment), whereas others are important for ethical situations only (recognition and awareness of moral relevance). The dimension basic ethical knowledge, for example, is described as follows:

[...] the ability to define and explain central terms like moral, value, norm and to use them in a correct way. It depends on the concrete topic, which additional

¹⁰ Species, continuum, individuality, and potentiality argument. For every argument, possible weak points and counterarguments are also presented. Additionally, the so-called slippery-slope argument is discussed.

terms, philosophical positions and currents are needed. Central terms are, for example, descriptive and normative, central ethical position like utilitarianism and deontology, central philosophical currents like for example anthropocentrism and pathocentrism.” (Reitschert et al. 2007, p. 45)

In a comparable way, basic epistemic knowledge, for example, the ability to define and explain central terms such as theory, law, or model as well as knowledge of central epistemic positions such as rationalism and social-constructivism and their arguments and problems, seems to be a necessary dimension of epistemic competence.

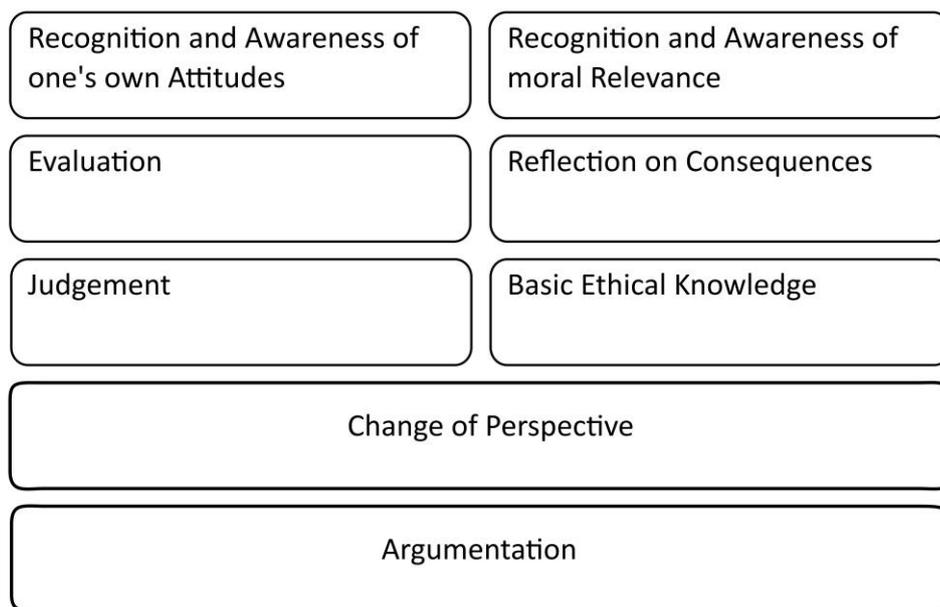


Fig. 2: Dimensions and basic skills of bioethical competence

Epistemic competence can be linked to several similar approaches, both in science and in philosophy education. The German science educator Dittmer (2010, p. 53), for example, proposed promoting *wissenschaftsphilosophische Kompetenz* (competence to philosophize about science) for prospective science teachers. Dittmer described it as the “ability to understand, evaluate and communicate the concepts and meaning of biology.” This requires, according to Dittmer, besides specific attitudes toward the topic (to advocate reflection on science in the science classroom), basic knowledge in the field of philosophy of science, for example, knowledge about the various perspectives on biology (analytic theory of science, epistemology, empirical science studies), concrete knowledge about central terms (e.g., theory, law), logic (e.g., inductive, deductive justification), possibilities and limits of knowledge (e.g., theory ladenness), and empirical findings about science

(e.g., science funding), as well as the critical scrutiny of the mentioned approaches (pp. 61–62).

In philosophy of education, Bussmann (2014, pp. 265–266) proposed promoting *epistemische Kompetenz* (epistemic competence) as the main goal of philosophy education besides ethical competence. According to Bussmann, epistemic competence means the ability to reflect on and evaluate science as a reference framework. Therefore, students need (i) an attitude (willingness to orient oneself to scholarly standards of rationality in philosophical and real-life questions); (ii) textual and methodical knowledge (scientific knowledge, relevant for philosophical contexts, assumptions of science, different approaches to reality, arguments, etc.); and (iii) epistemic ability (ability to adequately use the mentioned methodological and textual knowledge in different situations).

As a related argument, Yacoubian (2012, 2015) proposed fostering *critical thinking* as the foundational pillar of NOS in school science. Critical thinking, in his view, is the fundamental tool used by philosophers (and educators) of science to produce substantive NOS content. Instead of developing adequate NOS understandings among students, the focus would be placed on the *process* as learners themselves would be guided (a) to practice making judgements on NOS views, and (b) practice making decisions on socioscientific issues (Yacoubian 2015, p. 252). Thus, in a first step, students need to think critically about NOS in order to make decisions about what views of NOS to adopt, and in a second step, they need to use the acquired NOS understanding to think critically and make decisions on socioscientific issues. This approach is corroborated by some findings, for example, by Khishfe (2012, p. 510), who investigated the relationship between NOS understandings and argumentation skills and concludes that “a relation exists between NOS understanding and argumentation in the context of controversial socioscientific issues.” She therefore highlighted the importance of developing students’ argumentation skills in the science classroom. There is extensive literature on argumentation in science education that we cannot summarize in this article (for an overview, see, for example, Erduran and Aleixandre 2007). Nevertheless, it seems clear that critical thinking and argumentation skills are preconditions for any serious approach to reflecting on NOS and science.

There are other sources than those mentioned above, especially the SSI framework and approaches to functional NOS, which we sketched out in Sect. 2.3.1. Following the outlined competence models, there are at least seven aspects that are critical to epistemic competence (Fig. 3)¹¹:

- (i) Recognition and awareness of the societal relevance of epistemic questions/controversies (students should know that there are discourses in the science-reflective disciplines that are relevant to real-life situations, that is, political, societal, and cultural disputes).
- (ii) Basic epistemic knowledge (students need knowledge about important terms, general aspects, central issues, and the positions and arguments within, which also implies basic knowledge about how reflection on science works within the different science reflective disciplines).
- (iii) Knowledge about scientific practice (students need to understand scientific practice, how expertise in science is acquired, and how science interacts with its political, cultural and economic environment, for example)
- (iv) Tolerance of aporia and ambiguity (students need to appreciate the fact that different science reflective positions can be defended in a rational way, that there is no simple right or wrong in reflection on science and that this also does not mean that all views are equally valid).
- (v) Recognition and awareness of attitudes toward science (students should be aware of the fact that affective components are crucial for evaluation and judgment, a point that is further elaborated in Sect. 2.4.2).
- (vi) Critical thinking and argumentation skills (students need at least basic knowledge about abilities concerning the construction of arguments, especially regarding avoiding common logical fallacies).
- (vii) Willingness to engage in critical evaluation and judgment (although different positions exist, this does not mean that all positions and arguments are equivalent; rather, they can be evaluated and judged rationally).

¹¹ This should not be misunderstood as a complete concept; rather, it is a basis for discussion, which is open to extensions and changes.

A comprehensive discussion of the mentioned areas of epistemic competence is beyond the scope of this article. We close with a brief sketch of the central dimensions *basic epistemic knowledge and attitudes toward science* and the relationship between them. Finally, we describe a possible context for promoting epistemic competence.

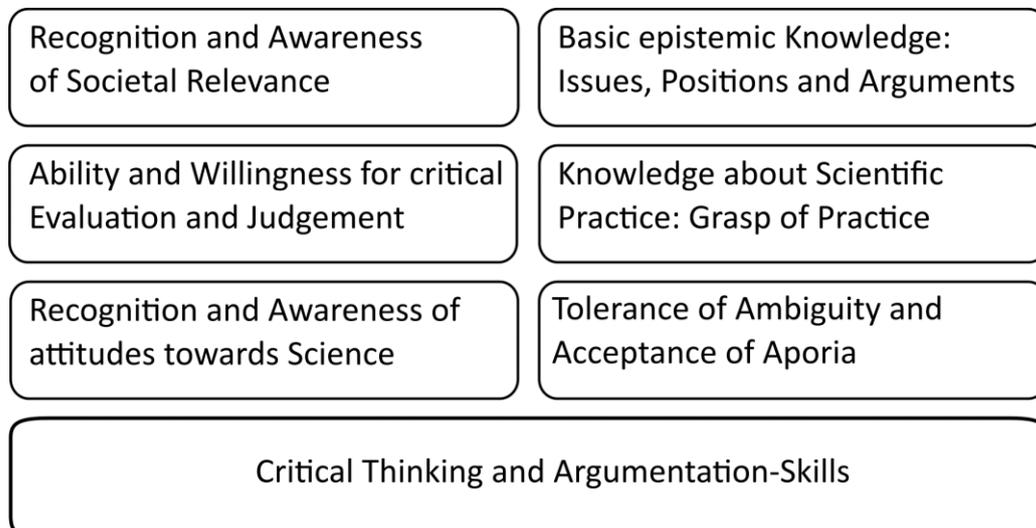


Fig. 3 Epistemic competence

2.4.1 Epistemic Knowledge: Issues, Positions, and Arguments

Basic epistemic knowledge can be understood in an analogous way to basic (bio-)ethical knowledge in the context of bioethical competence: central terms (e.g., theory, law, model) should be known, and students should be aware of the basic limits of the human faculty of reason like the ones addressed in the GA. Furthermore, as we have argued throughout this article, students should gain a general overview of the relevant science-reflective controversies, including the central perspectives, positions, and arguments.

Kampourakis (2016, p. 8) rightly defended the GA against the critique of oversimplification by noting that NOS, on the one hand, should be as authentic as possible. On the other hand, he added that school science is in some way a refined, highly processed version of the actual science. This is true, and it also applies to the reconstruction of science-reflective controversies. Regarding the fundamental controversy about the scope of science and scientific knowledge, we suggest a simple dichotomy. On the one side of the dichotomy are rather orthodox (normative) views of science, often held

by students and scientists themselves (sometimes or, in the case of students usually, in an outright naïve manner), as well as many philosophers of science in the analytic and normative tradition, whom we think cannot be called naïve (see, for example, Koertge 2000, on this topic). On the other side of the dichotomy are views on science held by other philosophers of science (in the more continental or postmodern tradition), proponents of feminist philosophy of science and in general representatives of the field of descriptive approaches to science such as the sociology of science. As it is important for the reconstruction of controversy about the scope of science, it is necessary to consider arguments that are frequently used in debates, for example, the argument from norm circularity.¹² A detailed discussion of the debate is beyond the scope of this article and constitutes a desideratum for further research.

2.4.2 Attitudes Toward Science

Reitschert et al. (2007) saw the necessity of recognition and awareness of one's own attitudes toward the object under reflection as crucial for bioethical competence. *Attitudes toward science* have been of minor interest in NOS education thus far. Most researchers have focused on *views of NOS* (for example, VNOS, Lederman et al. 2002) or *epistemological beliefs* (for an overview see Neumann and Kremer 2013), but attitudes should be considered when discussing controversies about science, as it can be assumed that views of NOS cannot be reduced to (more or less elaborated) cognitive (science-reflective) positions; rather, they contain strong affective components.

The consideration of attitudes is also central to a critical thinking framework (Yacoubian 2012, 2015) because judgments, as is known from psychology, are usually reached intuitively (according to internalized values, for example) and rationalized post hoc. Even if attitudes cannot (and should not) be prevented, it seems necessary to make people aware of them in

¹² The argument originates from the 1935 work of Fleck (1980, pp. 53–70) and became prominent in the 1960s with the work of Kuhn (2014, p. 106), who claimed that “similar to political revolutions, there is no higher standard than the acceptance of the respective scientific community.” It has been central for the so-called *strong programme of the sociology of scientific knowledge (SSK)*, formulated by Bloor (1991) in the late 1970s and has served as an argument in recent debates, for example, about scientific creationism or homeopathy. For a current critique on the argument from norm circularity, see, for example, Seidel (2014, pp. 137–190).

order to empower them to reflect upon them. In a recent study, Konnemann, Asshoff and Hammann (2016) investigated attitudes in the context of evolutionary theory, but they also collected data on attitudes toward science. According to them, attitudes toward science can be rather positive or negative among participants. The authors concluded that most students, presumably, had rather positive attitudes toward science. Another outcome of their study was that about onequarter of the surveyed high school students demonstrated scientific beliefs, which means that they privileged science and scientific methods above all else. Although the link between scientific views and attitudes toward science remains unclear, there seems to be at least a correlation between them (p. 678). Attitudes toward science – e.g., that science is considered (ir)relevant for day-to-day life, that science will (not) help to make the world a better place or that public money is (not) well invested in science – must be distinguished from *attributes ascribed* to science that can also be positive or negative. For example, evidence shows that students sometimes reject science education because they think that science entails scientism, which they find incompatible with their world-views (for example, Hansson and Lindahl 2010; Zeyer 2009).

To avoid overlap with related terms such as skepticism, we suggest using the terms science optimism and science pessimism for beliefs about the scope of science, its inherent value and its value for human beings. The term *scientism* is established for cases of extreme science optimism (Stenmark 1997); on the opposite side of this continuum, the term *anti-science* (or anti-scientific) is used to identify extremely negative or science-pessimistic beliefs (see, for example, Pigliucci 2002, pp. 81–113). Optimistic and pessimistic conclusions regarding the scope of science on the one hand frequently (but not necessarily) correlate with certain science-reflective positions and perspectives. On the other hand, arguments, stemming from the different camps in philosophy, history, and sociology of science, are often used to support and rationalize certain existing attitudes toward science. Our proposal – to combine discussion about attitudes toward science, beliefs about the scope of science, and corresponding NOS views in the context of science-reflective controversies – may be helpful for students if it contributes to making the plurality of NOS views and the strengths and weaknesses of the different positions visible. A first overview (as a summary of the last two

sections) may look approximately like Fig. 4. We mentioned current discourses relevant for real-life situations in Sect. 3.1. Finally, we describe one of them in more detail to suggest what teaching about NOS may look like at different educational levels and how it may be addressed in curricula.

rather optimistic regarding the scope of science	rather pessimistic regarding the scope of science
typical representatives: many scientists philosophy of science analytic tradition of philosophy -> normative approaches to NOS common positions: realism epistemic absolutism objektivism rationalism universalism scepticism about truth demarcation-problem important	 science-studies continental tradition of philosophy feminist philosophy of science -> descriptive approaches to NOS anti-realism (empirism) epistemic relativism subjektivism social-konstruktivism pluralism relativism about truth demarcation-problem misguided
central arguments / key points of discourse, e.g.:	
<i>theory-ladenness:</i> Are there scientific facts? <i>under-determination:</i> Can scientific theories be falsified? <i>incommensurability:</i> Is there scientific progress? <i>norm-circularity:</i> What is the source of scientific norms?	

Fig. 4 Attitudes towards science, NOS views and key points of NOS discourse

2.4.3 What Teaching About NOS May Look Like in the Classroom?

Teaching about NOS with the aim of enhancing people’s ability to autonomously reflect on science possibly can take place at different levels.¹³ However, we have little hope that our vision of science education will become a

¹³ We are grateful to an anonymous reviewer for the comment that our focus on higher education and university could be misunderstood as suggesting teaching *no* NOS (not teaching NOS explicitly) in compulsory school. The reviewer is certainly correct that not teaching NOS in many cases leads to “mythical images of science.” However, this is

curricular reality for all students in the near future. The aim of our article is to point out the most promising starting point, which is the upgrade of high school and university education. Familiarizing future science teachers (and scientists) with the necessary elements in order for them to become competent in reflecting on science, which requires that they value reflection as a part of science and not as an object of peripheral importance and that they accept the above-mentioned specificities of reflection, is a prerequisite for successful integration of reflection on science into science education.

Furthermore, teaching about NOS may in principle be compatible with established NOS concepts, such as those in the GA. A simple opportunity for doing so would be, as Clough (2007) proposed, to think of GA aspects as questions that can be discussed with students in a controversial way. In general, explicitly addressing the controversial nature of reflection on science, its inevitable ambiguity and tendency to aporia, which should nevertheless not be misunderstood as naïve relativism, seems essential. This kind of meta-reflexivity can be achieved by expanding existing NOS lessons. For example, Lederman and Lederman (2004) recommended embedding the teaching of NOS content, particularly regarding the distinction between observation and inference, within the teaching of the biological content of cell division. In their view, students should develop a more authentic conception of scientific objectivity (or the lack of it) by realizing that what they (and scientists) think to be unproblematic observations are in fact artifacts from which a model of mitosis is constructed. This leads to a couple of interesting insights into philosophy of science discourses, such as the question regarding what consequences the theory ladenness of observation has for the truth

so because science teachers themselves hold, in many cases, mythical images of science. In addition, this is mainly so because reflection on science is generally perceived to not be part of proper science in university education (for scientists and science teachers alike). If we had a choice, we would prefer teaching *about* NOS for all pupils. Even teaching *the* (GA) NOS is marginalized in (at least German) school classes, and if it takes place, there is a risk of replacing one naïve view on science with another one. Thus, if our paper has a significance for recent school classes, it is the appeal to science teachers that NOS should be handled with care, that its teaching has a real-world impact, that things are much more complicated than simple tenets, and that aporia and ambiguity are, in general, unavoidable.

value of scientific knowledge claims or what the epistemic status of unobservable entities is. Arguments in these controversies are, on a fundamental level, understandable, even for students; in fact, they are very simple.¹⁴

While (regarding, for example, the latter controversy) anti-realists such as Van Fraassen (1980) have asserted a categorical division between observable and unobservable entities, realists such as Vollmer (1993) replied that in fact there is a continuum between observations with the naked eye and, for example, the trace of electrons in a cloud chamber (with observations through the microscope somewhere in between) and that therefore the anti-realist is in the uncomfortable situation to deny or to accept the existence of all sorts of entities. In response to this argument, a possible answer would be that the notion of a continuum is, in principle, correct but that from this, it in no way follows that we can make no distinctions (as we have no problems distinguishing between black and white although there certainly is a continuum of gray levels in between). Although there are more arguments that could be made regarding this discourse, we cannot go in detail here. In addition, we do not intend to make the argument that realism versus anti-realism is a relevant topic for science classrooms per se. Essentially, however, *if we teach NOS topics in the way proposed by Lederman, then we should not provide arguments (which, in fact, often fail to qualify as proper arguments) only for one side of their controversial background; rather, we should give students a (simplified) impression of the dispute itself.* NOS activities, such as black boxes, ambiguous figures, and the like (Lederman and Abd-El-Khalick 1998), in that sense, can serve as interesting problems that lead to discussions, instead of conclusive arguments for a certain philosophical view on science.

Moreover, we would like to suggest that it is possible to teach about NOS (primarily in the higher classes of high school and at university level) by addressing societal and real-world disputes in which arguments stemming from central controversies in the science-reflective disciplines are used as *machines du guerre*. Kötter and Hammann (2016) recently proposed using discourse about the scientific status of potential pseudoscience as an authentic context for NOS education relevant for real-life situations. The authors

¹⁴ We are aware that our brief glimpse on the issue is at least simplistic. Our aim is merely to show that the core of many arguments in philosophy of science is (as with every deep insight) not too complex, although the details of the debate certainly are.

argued that students usually use their (frequently naïve) ideas about science to distinguish science from pseudoscience. Since every serious attempt to demarcate science from pseudoscience will inevitably run into serious problems (see, for example, Laudan 1983), the emerging problems can serve as a starting point for critical engagement with NOS. The authors therefore suggested neither teaching demarcation criteria for distinguishing between “good” science and “bad” pseudoscience (as, for example, Mahner 2007, would) nor unmasking the alleged epistemic superiority of science as a mere mythos (as, for example, Hagner 2008, would). Instead, they suggested taking the meta-perspective and discussing the conflicting views of authors such as Mahner and Hagner on the demarcation problem, which can be interpreted as examples of the fundamental disagreements that we described in Sect. 2.3.1.

Current debates about potential pseudoscience¹⁵ are easy to find, so controversial positions and arguments can be identified. In general, the use of discourse about controversial issues for classroom teaching (e.g., potential pseudoscience or science wars) has the additional advantage of being highly motivating, as one can see by the fact that university courses focusing on these topics are frequently well attended, even by non-philosophy students. The debate on intelligent design, for example, can be used, on the one hand, to illustrate the limits of scientific insights by revealing the weaknesses of scientific overestimation of science. For example, authors such as Dawkins (2009) or Stenger (2008) have claimed that science proves that God is nonexistent (see Pigliucci 2013a, b for critique). The general allegation brought forward by creationists that every attempt to justify epistemic norms in science is dogmatic or scientific (e.g., Ullrich 2014; Johnson 2009, see also Fuller 2006) can be used, on the other hand, to make apparent the problems of postmodern criticism of science (see Pigliucci 2015 for critique).

The fundamental juxtaposition of scientism versus postmodernism can be found in discourses about gender studies, homeopathy, climate change,

¹⁵ We use the phrase “potential” to make clear that we refrain from making judgments about the mentioned cases. We think it essential to make it clear to students that the use of the term pseudoscience can be rejected (and defended) with good arguments. It is nonetheless important to note that, for example, astrology makes no reliable predictions or that homeopathy has no effects beyond placebo (regarding the current knowledge).

vaccination criticism, etc., and it can be used for NOS education on several levels. Hegselmann (2017, p. 27), for example, suggested that topics such as the above-mentioned science wars should be discussed directly in science graduate programs to improve future scientists' ability to reflect on science in a sophisticated way.

2.5 Conclusion

As a concluding remark, teaching about NOS may face a kind of chicken-and-egg problem: many science teachers may adopt the "scientific" stance that reflection on science, especially philosophy of science, is of little value for science, which implies that this also holds true for science education. If considered worthless for science and difficult to teach in the classroom, reflection about NOS is highly unlikely to be included in science curricula. Negative consequences can be expected, however: If science education lacks reflective issues as a central and explicit part of the subject matter taught, science courses will be unattractive for students who are interested in these aspects. Also, students, who are not given the opportunity to reflect on science, will eventually become scientists and science teachers, thus, perpetuating the circle.

However, we must start somewhere. An opportunity would be the establishment and promotion of interdisciplinary centers for the philosophy of science (or reflection on science) at universities, where scientists and philosophers of science (as well as sociologists, psychologists, historians etc.) meet and discuss their views on science from different perspectives. At the University of Münster (WWU), for example, a center for philosophy of science (ZfW) has been founded in 2006 as an institutionalized, interdisciplinary research association, which is supported by 11 departments and today serves as a research and teaching institution for a wide range of subjects (see Seidel 2017 for a brief description of the work of the ZfW).

An outcome of such interdisciplinary work, one would hope, is a better understanding of science-reflective aspects and a greater appreciation of the disciplines which contribute to this understanding. As another consequence, science-reflective aspects would be more frequently addressed in scientific degree programs and they would be taught in a more sophisticated way, if seminars and lectures for scientists and science teachers were organized and taught in an interdisciplinary way.

Acknowledgments: We wish to express our appreciation to the editors and reviewers for their thoughtful and productive feedback to earlier versions of this article.

2.6 References

- Abd-El-Khalick, F. (2001). Embedding nature of science instruction in pre-service elementary science courses: abandoning scientism, but.... *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 215–233.
- Abd-El-Khalick, F. (2012a). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*, 2087–2107.
- Abd-El-Khalick, F. (2012b). Examining the sources for our understandings about science: enduring conflation and critical issues in research on nature of science in science education. *International Journal of Science Education*, 34(3), 353–374.
- Abd-El-Khalick, F. (2012c). Nature of science in science education: toward a coherent framework for synergistic research and development. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Springer international handbooks of education: vol. 24. Second international handbook of science education* (pp. 1041–1060). Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.
- Allchin, N., & Henly, C. (2014). *Theory of knowledge* (3rd ed.). London: Hodder Education.
- Allchin, D. (2004). Should the sociology of science be rated X? *Science Education*, 88(6), 934–946.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518–542. Alters, B. J. (1997). Whose nature of science? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 39–55.
- Aylesworth, G. (2015) Postmodernism. In Edward N. Zalta (Ed.), *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Retrieved from <http://plato.stanford.edu/archives/spr2015/entries/postmodernism/>
- Balliet, M., & Steenblock, V. (Eds.). (2015). *Bochumer Beiträge zur bildungswissenschaftlichen und fachdidaktischen Theorie und Forschung: vol. 4. Wissenschaft und Welterkenntnis: Ein Arbeitsbuch zur philosophischen Bildung*. Bochum: Projekt-Verl.
- Bartels, A., & Stöckler, M. (Eds.). (2007). *Wissenschaftstheorie: Ein Studienbuch*. Paderborn: Mentis.
- BE (2006). *Rahmenlehrplan Philosophie, SfBJS*. Retrieved from https://www.berlin.de/sen/bildung/unterricht/faecherrahmenlehrplaene/rahmenlehrplaene/mdb-sen-bildung-unterricht-lehrplaenesek2_philosophie.pdf

- Bergmann, K. (2007). Multiperspektivität. In U. Mayer, H.-J. Pandel, & G. Schneider (Eds.), *Wochenschau Geschichte. Handbuch Methoden im Geschichtsunterricht* (2nd ed., pp. 65–77). Wochenschau-Verl: Schwalbach/Ts.
- Bloor, D. (1991). *Knowledge and social imagery* (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- BMBF. (2008). Zellux. Retrieved from <http://www.zellux.net/>
- Bourget, D., & Chalmers, D. J. (2014). What do philosophers believe? *Philosophical Studies*, 170(3), 465–500.
- Brown, J. R. (2001). *Who rules in science? An opinionated guide to the wars*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bunge, M. (1991). What is science? Does it matter to distinguish it from pseudoscience? A reply to my commentators. *New Ideas in Psychology*, 9(2), 245–283.
- Bussmann, B. (2014). *Was heißt: sich an der Wissenschaft orientieren?* Berlin: LIT.
- Bussmann, B., & Martens, E. (2016). Was die Philosophiedidaktik für den Unterricht leistet. In B. Brüning (Ed.), *Ethik/Philosophie Didaktik. Praxis-handbuch für die Sekundarstufe I und II* (pp. 12–29). Cornelsen.
- Bussmann, B., & Hasse, V. (2016). Was heißt es, Indoktrination zu vermeiden? *ZfDPE*, 38(3), 87–99.
- Chen, S. (2006). Views on science and education (VOSE) questionnaire. *AP-FSLT*, 7(2).
- Clough, M. (2007). Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: questions rather than tenets. *The Pantaneto Forum*, 25(Januar), 31–40.
- Curd, M., Cover, J. A., & Pincock, C. (Eds.). (2013). *Philosophy of science: the central issues* (2nd ed.). New York: W.W. Norton.
- Dagher, Z. R. & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Why Does it Matter? *Science & Education* 25 (1-2):147–164.
- Dawkins, R. (2009). *Der Gotteswahn Ungekürzte Ausg.*, 6. Aufl (Vol. 37232). Berlin: Ullstein.
- Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., & Chai, C. S. (2011). Students' views of the nature of science: a critical review of research. *Science Education*, 95(6), 961–999.

- Dittmer, A. (2006). Wissenschaftsphilosophie am Rande des Fachs? MNU, 59(7), 432–439.
- Dittmer, A. (2010). Nachdenken über Biologie: Über den Bildungswert der Wissenschaftsphilosophie in der akademischen Biologielehrerbildung (1. Aufl.). Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). Young people's images of science. Buckingham [u.a.]: Open Univ. Press.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2011). Naturalizing the nature of science: melding minds, models, and mechanisms. Retrieved from <http://waterbury.psu.edu/publications/>
- Eflin, J. T., Glennan, S., & Reisch, G. (1999). The nature of science: a perspective from the philosophy of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 107–116. Erduran, S., & Aleixandre, M. (Eds.). (2007). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research* (v. 35). Dordrecht, London: Springer.
- Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing the nature of science for science education: scientific knowledge, practices and other family categories. *Contemporary trends and issues in science education: vol. 43*. Dordrecht: Springer.
- Ernst, G. (2014). *Einführung in die Erkenntnistheorie*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Falkenhausen, E. v. (1985). *Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe*. Köln: Aulis-Verlag Deubner.
- Fleck, L. (1980). Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache: Einf. in d. Lehre von Denkstil u. Denkkollektiv (1. Aufl.). Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft: vol. 312. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Ford, M. (2008a). 'Grasp of practice' as a reasoning resource for inquiry and nature of science understanding. *Science & Education*, 17(2–3), 147–177.
- Ford, M. (2008b). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, 92(3), 404–423.
- Forrest, B. (2007). *Understanding the intelligent design creationist movement: its true nature and goals*. Washington, DC; Center for Inquiry Office of Public Policy.
- Fuller, S. (2006). A step toward the legalization of science studies. *Social Studies of Science*, 36(6), 827–834.
- Futuyma, D. J., & Held, A. (2007). *Evolution: Das Original mit Übersetzungshilfen*. Übers. von Andreas Held (1. Aufl.). München, [Heidelberg]: Elsevier, Spektrum, Akad. Verl.

- Graf, D., & Lammers, C. (Eds.). (2013). *Medizin ohne Alternative: Die fragwürdigen Versprechen der Alternativmedizin* (1. Aufl.). Aschaffenburg: Alibri.
- Hagner, M. (2008). Bye-bye science, welcome pseudoscience? Reflexionen über einen beschädigten Status. In D. Rupnow (Ed.), *Pseudowissenschaft. Konzeptionen von Nichtwissenschaftlichkeit in der Wissenschaftsgeschichte* (Vol. 1897, 1st ed., pp. 21–50). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Hammann, M., Konnemann, C., & Asshoff, R. (2016). Wissen über Grenzen der Naturwissenschaften (am Beispiel des Szientismus) und Bildung durch Biologieunterricht. In J. Menthe, D. Höttecke, & T. Zabka (Eds.), *Befähigung zur gesellschaftlichen Teilhabe; Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (pp. 261–272). Germany: Waxmann Verlag GmbH.
- Hansson, L., & Lindahl, B. (2010). I have chosen another way of thinking. *Science & Education*, 19(9), 895–918.
- Hardy, J., & Schamberger, C. (2012). *Logik der Philosophie: Einführung in die Logik und Argumentationstheorie* (1. Aufl.). UTB Philosophie: vol. 3627. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht; UTB GmbH.
- Harker, D. W. (2015). *Creating scientific controversies: uncertainty and bias in science and society*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hegselmann, R. (2017). Wissenschaftsintegration, -reflexion und -kommunikation: Drei übergreifende Ziele der Graduiertenausbildung. In H. Kauhaus & N. Krause (Eds.), *Fundierte forschen. Wissenschaftliche Bildung für Promovierende und Postdocs* (pp. 19–33). Wiesbaden: s.l.: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Heinisch, J. J., Paululat, A., Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., & Jackson, R. B. (Eds.). (2016). *Campbell Biologie* (10., aktualisierte Auflage). Hallbergmoos/Germany: Pearson.
- HH. (2009). Bildungsplan Philosophie SII. BfBS. Retrieved from <http://www.hamburg.de/bildungsplaene/4539524/start-gyo/>
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7–8), 591–607.
- Irzik, G., & Nola, R. (2013). New directions for nature of science research. In M. R. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history* (pp. 999–1021). Dordrecht: Springer.
- Janich, P. (2007). *Wissenschaft oder Pseudowissenschaft? ZfDPE*. (1).
- Johnson, P. E. (2009). What is Darwinism? In R. T. Pennock & M. Ruse (Eds.), *But is it science? The philosophical question in the creation/evolution controversy* (pp. 414–425). Amherst, NY: Prometheus Books.

- Junker, R., & Scherer, S. (2013). *Evolution: Ein kritisches Lehrbuch* (7., völlig neu bearb. Aufl.). Giessen: Weyel.
- Kampourakis, K. (2016). The “general aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667–682.
- Keil, G., & Schnädelbach, H. (2000). Naturalismus. In G. Keil & H. Schnädelbach (Eds.), *Naturalismus. Philosophische Beiträge* (Vol. 1450, 1st ed., pp. 7–45). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Khishfe, R. (2012). Relationship between nature of science understandings and argumentation skills: A role for counterargument and contextual factors. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(4), 489–514.
- Kim, J. (1988). What is “naturalized epistemology”? *Philosophical Perspectives*, 2, 381–405.
- Kircher, E. (2009). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (2. Aufl.). Berlin: Springer.
- Koertge, N. (2000). ‘New age’ philosophies of science: constructivism, feminism and postmodernism. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 51, 667–683.
- Kötter, M., & Hammann, M. (2016). Pseudowissenschaft? Ein Kontext für Reflexionen über Wissenschaft. In U. Gebhard & M. Hammann (Eds.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*.
- Konnemann, C., Asshoff, R., & Hammann, M. (2016). Insights into the diversity of attitudes concerning evolution and creation: a multidimensional approach. *Science Education*, 100(4), 673–705.
- Kuhn, T. S. (2014). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen* (2., rev. und um das Postskriptum von 1969 erg. Aufl., 24. Aufl.). Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft: Vol. 25. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Kutschera, U. (2016). *Das Gender-Paradoxon: Mann und Frau als evolvierte Menschentypen. Naturwissenschaft und Glaube: vol. 13*. Berlin: LIT.
- Labinger, J. A., & Collins, H. M. (Eds.). (2001). *The one culture? A conversation about science*. Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Latour, B. (2004). Why has critique run out of steam? From matters of fact to matters of concern. *Critical Inquiry*, 30(2), 225–248.
- Laudan, L. (1983). The demise of the demarcation problem. *Physics, Philosophy and Psychoanalysis*, 76, 111–127.
- Laudan, L. (1990). *Science and relativism: some key controversies in the philosophy of science*. Chicago: University of Chicago Press.

- Leden, L., Hansson, L., Redfors, A., & Ideland, M. (2015). Teachers' ways of talking about nature of science and its teaching. *Science & Education*, 24(9-10), 1141-1172.
- Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: activities that promote understanding of the nature of science. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education. Rationales and strategies* (pp. 83-126). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2004). Revising instruction to teach nature of science. *The Science Teacher*, 71(9), 36-39.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N. G. (2004). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Science & Technology Education Library: v. 25. Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education* (Vol. 25, pp. 301-317). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Loving, C. C., & Cobern, W. W. (2000). Invoking Thomas Kuhn: what citation analysis reveals about science education. *Science Education*, 9(1/2), 187-206.
- lpb BW. (1976). Beutelsbacher Konsens. Retrieved from <http://www.lpb-bw.de/beutelsbacher-konsens.html>
- Mahner, M. (2007). Demarcating science from non-science. In T. A. F. Kuipers (Ed.), *Handbook of the philosophy of science. General philosophy of science. Focal issues* (pp. 515-575). Amsterdam: North Holland.
- Martens, E. (2013). *Methodik des Ethik- und Philosophieunterrichts: Philosophieren als elementare Kulturtechnik* (7. Aufl ed.). Hannover: Siebert.
- Matthews, M. (1997). Editorial. *Science & Education*, 6(4), 323-329.
- Matthews, M. R. (2004). Thomas Kuhn's impact on science education: what lessons can be learned? *Science Education*, 88(1), 90-118.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: from nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research. Concepts and methodologies* (pp. 3-26). Dordrecht: Springer.

- McComas, W. F., & Olson, J. K. (2002). The nature of science in international science education standards documents. In W. McComas (Ed.), *Science & technology education library. The nature of science in science education* (vol. 5, pp. 41–52). Dordrecht: Springer.
- Meyling, H. (2002). Wissenschaftstheoretische Reflexion im Physikunterricht der Sek. II. *MNU*, 55(8), 463–468.
- Nanda, M. (2003). *Prophets facing backward: postmodern critiques of science and Hindu nationalism in India*. New Brunswick, NJ: Rutgers Univ. Press.
- Neumann, I., & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. *ZfDN*, 19, 211–234.
- Niaz, M., Abd-El-Khalick, F., Bennaroch, A., Cardellini, L., Laburu, C. E., Marìn, N., & Tsaparlis, G. (2003). Constructivism: defense or a continual critical appraisal – a response to Gil-Pèrez et al. *Science & Education*, 12, 787–797.
- Nola, R., & Irzik, G. (2006). Philosophy, science, education and culture. In: *Science & technology education library: vol. 28* Dordrecht: Springer.
- NW. (2014a). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II, Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Philosophie. MSW. Retrieved from <http://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/>
- NW. (2014b). MSW NRW. Zentralabitur GOST Philosophie. Retrieved from <https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/zentralabitur-gost/pruefungsaufgaben/pruef.php?fach=21>
- OECD. (2013). PISA2015: draft science framework. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>
- Oreskes, N., & Conway, E. M. (2011). *Merchants of doubt: how a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming* (1st pbk. ed.). New York: Bloomsbury Press.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692–720.
- Pennock, R. T. (2010). The postmodern sin of intelligent design creationism. *Science & Education*, 19(6–8), 757–778.
- Pernu, T. K. (2008). Philosophy and the front line of science. *Quarterly Review of Biology*, 83(1), 29–36.
- Pfister, J. (2014). *Fachdidaktik Philosophie* (2., korrigierte und aktualisierte Aufl.). UTB: vol. 3324. Bern, Stuttgart, Haupt; UTB.

- Pigliucci, M. (2002). *Denying evolution: creationism, scientism, and the nature of science*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Pigliucci, M. (2013a). The demarcation problem. A (belated) response to Laudan. In M. Pigliucci & M. Boudry (Eds.), *Philosophy of pseudoscience. Reconsidering the demarcation problem*.
- Pigliucci, M. (2013b). New atheism and the scientific turn in the atheism movement. *Midwest Studies in Philosophy*, 142–153.
- Pigliucci, M. (2015). Scientism and pseudoscience: a philosophical commentary. *Journal of bioethical inquiry*, 12(4), 569–575.
- Pigliucci, M. (2016). The nature of philosophy: how philosophy makes progress and why it matters. Retrieved from <https://platofootnote.wordpress.com/2016/04/01/the-nature-of-philosophy-preamble/>
- Quine, W. V. (1969). *Ontological relativity and other essays* ([10–11. Print]). New York: Columbia University Press.
- Reiss, M. (2008). Science lessons should tackle creationism and intelligent design.
- Reitschert, K., Langlet, J., Hößle, C., Mittelsten, S. N., & Schlüter, K. (2007). Dimensionen Ethischer Urteilskompetenz: Dimensionierung und Niveau-konkretisierung. *MNU*, 60(1), 43–51.
- Roth, G. (2016). Schuld und Verantwortung. *Biologie in unserer Zeit*, 46(3), 177–183.
- Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), 403–419.
- Seidel, M. (2014). *Epistemic relativism: a constructive critique*. New York: Palgrave MacMillan.
- Seidel, M. (2017). Seminare für Studierende im Rahmen der Allgemeinen Studien: Lehrangebot des Zentrums für Wissenschaftstheorie der Universität Münster. In H. Kauhaus & N. Krause (Eds.), *Fundiert forschen. Wissenschaftliche Bildung für Promovierende und Postdocs* (pp. 169–173). Wiesbaden: s.l.: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- SH (2002). Lehrplan für die Sekundarstufe II Philosophie IQ. Retrieved from <http://lehrplan.lernnetz.de/intranet1/index.php?wahl=103>
- Siegel, H. (1993). Naturalized philosophy of science and natural science education. *Science & Education*, 2, 57–68.
- SL (2008). Lehrplan Philosophie. MfB. Retrieved from <http://www.saarland.de/7036.htm>

- Smith, M., Lederman, N. G., Bell, R. L., McComas, W. F., & Clough, M. P. (1997). How great is the disagreement about the nature of science: a response to Alters. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(10), 1101–1103.
- Snow, C. P. (2012). *The two cultures*. Canto classics. New York: Cambridge University Press Retrieved from <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1864715>.
- Stenger, V. J. (2008). *God the failed hypothesis: how science shows that good does not exist* (2. Aufl ed.). Amherst, NY: Prometheus Books.
- Stenmark, M. (1997). What is scientism? *Religious Studies*, 33(1), 15–32.
- Storch, V., Welsch, U., & Wink, M. (Eds.). (2013). *Evolutionsbiologie* (3., überarb. und aktual. Aufl.). Berlin: Springer.
- Swinbank, E., & Taylor, J. (2008). *Perspectives on science: the history, philosophy and ethics of science* (Repr). Harlow: Heinemann.
- Tiberghien, A. (2007). Foreword. In S. Erduran & M. Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education. Perspectives from classroom-based research* (v. 35, pp. ix–xv). Dordrecht, London: Springer.
- Ullrich, H. (2014). Disput um Evolution – ein kritisches Lehrbuch. *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 67(7), 357–360.
- Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *ZfDN*, 16, 41–57.
- Van de Lagemaat, R. (2011). *Theory of knowledge for the IB diploma* (full-colour edition). Cambridge: Cambridge University Press. Van Dijk, E. M. (2011). Portraying real science in science communication. *Science Education*, 95(6), 1086–1100.
- Van Fraassen, B. C. (1980). *The scientific image*. Clarendon paperbacks. Oxford: Clarendon Press.
- Vollmer, G. (1993). *Wissenschaftstheorie im Einsatz: Beiträge zu einer selbstkritischen Wissenschaftsphilosophie*. Stuttgart: S. Hirzel.
- Vollmer, G. (2000). Was ist Wissenschaft? In E. V. Falkenhausen (Ed.), *Biologieunterricht-Materialien zur Wissenschaftspropädeutik* (pp. 152–163). Köln: Aulis-Verl. Deubner.
- Yacoubian, H. A. (2015). A framework for guiding future citizens to think critically about nature of science and socioscientific issues. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 15(3), 248–260.
- Yacoubian, H. A (2012). *Towards a philosophically and a pedagogically reasonable nature of science curriculum*. Dissertation, University of Alberta, Edmonton, Alberta.

- Zemplén, G. Á. (2009). Putting sociology first—reconsidering the role of the social in ‘nature of science’ education. *Science & Education*, 18(5), 525–559.
- Zeyer, A. (2009). Public reason and teaching science in a multicultural world: a comment on Cobern and loving: an essay for educators...’ in the light of John Rawls’ political philosophy. *Science & Education*, 18(8), 1095–1100.

3 Epistemische Kompetenz: Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Kötter, M., & Hammann, M. (2018). Epistemische Kompetenz: Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Biologiedidaktik als Wissenschaft : 21. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie im VBIO, Halle-Wittenberg, 2017 / Marcus Hammann und Martin Lindner (Hrsg.). - Innsbruck : StudienVerlag, 2019. – S. 69-88 (Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik ; 8.), ISBN 978-3-7065-5910-2

Zusammenfassung: Diskurse über Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaften besitzen große gesellschaftliche Aktualität. Trotz des hohen lebensweltlichen Stellenwertes wird das Thema im Rahmen naturwissenschaftlicher Bildung, insbesondere in den aktuellen Standarddokumenten, bislang nicht angemessen berücksichtigt. In diesem Beitrag fordern wir daher die Förderung epistemischer Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere auch im Biologieunterricht. Wir schlagen als einen ersten Schritt zur Verwirklichung dieses Zieles vor, dass epistemische Kompetenz explizit in die Curricula der naturwissenschaftlichen Fächer integriert werden sollte.

Abstract: Discourses on the scope and limits of science have great social and political relevance. Despite their societal significance, such discourses are not considered adequately in current German science curricula. In the present paper we propose to promote epistemic competence in science education, especially in biology education. We suggest, as a first step toward that goal, to integrate epistemic competence explicitly into future science curricula.

3.1 Einleitung: Epistemische Kompetenz – Relevanz und Stellenwert

Diskurse über Bedingungen, Reichweite, Grenzen, Bedeutung und Status von Wissenschaft und ihren Aussagen bzw. Erkenntnissen bilden den Hintergrund für eine Vielzahl wichtiger gesellschaftlicher Auseinandersetzungen.

gen. Beispiele sind etwa die fortdauernde Diskussion um den Status verschiedener, auch lebensweltlich relevanter „Alternativen“ zu naturwissenschaftlichen Positionen, etwa in der Medizin (Münsteraner Kreis 2017), der Klimaforschung (Oreskes & Conway 2011), der Evolutionsbiologie (Graf 2011) und anderen Bereichen. Auch grundlegende Diskurse über den gesellschaftlichen Status der Institution Wissenschaft und den Stellenwert des von ihr hervorgebrachten Wissens haben in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen, wie man nicht nur an aktuellen Publikationen (Otto 2016), sondern auch am öffentlichkeitswirksamen Eintreten von Wissenschaftlern für Wahrheit (als Ziel von Wissenschaft) und Freiheit (als Voraussetzung für Wahrheitssuche), im Rahmen des March for Science (March for Science e.V. 2017), sehen kann.

Gemäß der KMK-Bildungsstandards ist es das Ziel naturwissenschaftlicher Bildung als wesentlichem Bestandteil von Allgemeinbildung, „[...] dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung [zu ermöglichen]“ (KMK 2004, S. 6). Die Fähigkeit, in den oben skizzierten Diskursen differenziert und begründet zu epistemischen Fragen Stellung nehmen bzw. rational urteilen zu können, gehört unserer Ansicht nach zu den Aufgaben, die den naturwissenschaftlichen Fächern zukommen. Diese Fähigkeit bezeichnen wir als *Epistemische Kompetenz*.

Während epistemische Fragen international seit langem diskutiert und auch curricular berücksichtigt werden (Lederman 2007), erfährt dieser Bereich in der deutschsprachigen Naturwissenschaftsdidaktik vergleichsweise wenig Beachtung, was sich etwa an der geringen Anzahl von Beiträgen in Fachzeitschriften erkennen lässt. Speziell wird der hier im Fokus stehende Diskurs um Reichweite und gesellschaftlichen Status von Naturwissenschaft selten thematisiert, Ausnahmen sind beispielsweise Hammann, Konnemann & Asshoff (2016) und Zeyer (2005), die auf Probleme übertriebenen Wissenschaftsoptimismus (Szientismus) hinweisen.

In den gegenwärtigen Lehrplänen ist die Förderung epistemischer Kompetenz bereits *implizit* in den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung und Bewertung enthalten. Im naturwissenschaftlichen Unterricht dürfte die Behandlung epistemischer Fragestellungen, speziell im Fach Biologie, aber weitgehend marginalisiert sein. So betrachteten Biologielehre-

rinnen und Biologielehrern in einer Interviewstudie Wissenschaftsphilosophie, insbesondere Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie, als Fremdkörper (Dittmer 2012).

Arne Dittmer (2010, S. 49 ff) hat in Bezug auf Biologieunterricht für *Wissenschaftsphilosophische Kompetenz* als wesentliches Element naturwissenschaftlicher Bildung argumentiert. In diesem Konzept, dessen Zielsetzung wir völlig teilen, werden im Unterschied zu unserem Vorschlag ethische und epistemische Aspekte der Naturwissenschaften vereinigt. Wir plädieren, vor allem aus praktischen Gründen, für die Eigenständigkeit von Epistemischer und Ethischer Kompetenz (Bewertungskompetenz), die nach unserem Verständnis *Teilkompetenzen* Wissenschaftsphilosophischer Kompetenz (für die wir den neutralen Terminus Reflexionskompetenz vorschlagen) im Sinne von Arne Dittmer (2010, 2012) sind.

Die stärkere Berücksichtigung der epistemischen Perspektive ist notwendig, weil das Verhältnis von Naturwissenschaft und Gesellschaft sowie der Status naturwissenschaftlicher Erkenntnis für gegenwärtige gesellschaftliche Schlüsselprobleme relevant sind, die im Zentrum kritisch-konstruktiver Didaktik stehen (Klafki, 2007). In diesem Beitrag fordern wir die explizite Berücksichtigung epistemischer Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere auch im Biologieunterricht, und machen Vorschläge zu ihrer Implementierung, speziell auf curricularer Ebene. Die *explizite* Ausweisung eines Kompetenzbereichs Reflexion und die *Differenzierung* in die Teilbereiche ethische und epistemische Kompetenz könnte, so unsere Hoffnung, ein erster Schritt sein, dem Thema größeres Gewicht zu verleihen.

3.2 Was ist epistemische Kompetenz?

Kompetenz wird im deutschen Bildungskontext in der Regel im Sinne der Definition des Psychologen Franz Weinert (2002) verstanden. Eine verkürzte, hier der Anschaulichkeit halber verwendete Formulierung stammt von dem Physikdidaktiker Josef Leisen (2011 S. 5): „Kompetenz = (willentlich) handelnder Umgang mit Wissen“.

Der griechische Begriff *Episteme* wird meist mit „Wissen“ übersetzt (Parry 2014), die philosophische Disziplin Epistemologie (Erkenntnistheorie) befasst sich entsprechend mit Fragen menschlicher Erkenntnis. Hierzu gehört erstens die Klärung der Bedeutung relevanter Begriffe (wie Begriff,

Erklärung, Verstehen, Wissen, Erkenntnis, etc.) und zweitens der Entwurf und die Prüfung von Theorien des Erkennens (etwa der Beantwortung der Frage woher unsere Erkenntnis *primär* stammt, aus Erfahrung oder Vernunft) (Busche 2017). Nach Gerhard Ernst (2014) lauten die Grundfragen der Erkenntnistheorie: Was *ist* Wissen? und, von der Beantwortung dieser Frage abhängig, Was *können* wir wissen? Wissenschaftstheorie kann als Teildisziplin der Erkenntnistheorie aufgefasst werden, insofern sie versucht, eine Konkretisierung der oben gestellten Frage zu beantworten: Was ist *wissenschaftliches* Wissen? Bei der Beantwortung dieser Frage im Sinne einer *rationalen Rekonstruktion* wissenschaftlicher Erkenntnis greift Wissenschaftstheorie, so Gerhard Schurz (2014), auf die Erkenntnisse der empirisch arbeitenden wissenschaftsreflexiven Disziplinen (z. B. Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftssoziologie) zurück¹. Eine vorläufige Definition epistemischer Kompetenz könnte somit, in Anlehnung an Leisen (2011), lauten: Epistemische Kompetenz ist der willentlich handelnde Umgang mit Wissen über naturwissenschaftliches Erkennen und naturwissenschaftliche Erkenntnisansprüche. Epistemisch kompetent wäre demnach eine Person, die in der Lage und willens ist, über Besonderheiten, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Wissensproduktion, sowie den gesellschaftlichen Status der Naturwissenschaften zu reflektieren, Stellung zu nehmen und naturwissenschaftliche Erkenntnisse, Methoden und Geltungsansprüche kritisch zu prüfen und zu würdigen (siehe auch OECD 2017).

Wir argumentieren, dass epistemische Kompetenz eine strukturelle Ähnlichkeit zum in der deutschsprachigen Naturwissenschaftsdidaktik etablierten Konstrukt Bewertungskompetenz aufweist. Wir folgern, dass epistemisch kompetente Personen, analog zu Bewertungskompetenz, bestimmte Haltungen (etwa die Akzeptanz, dass es wichtig ist, über epistemische Fragen nachzudenken), Fähigkeiten (etwa in Hinblick auf die Analyse von Argumenten) und entsprechendes Wissen (über Naturwissenschaft und über Reflexion von Naturwissenschaft) besitzen (Kötter & Hammann

¹ Die Beziehung zwischen den Disziplinen Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie, aber auch Wissenschaftsgeschichte, -soziologie, etc. lässt sich auch anders interpretieren, beispielsweise können Wissenschaftsphilosophie (als Wissenschaftstheorie *und* -ethik) mit Wissenschaftssoziologie und -geschichte unter dem Begriff Wissenschaftsforschung subsumiert werden (z. B. Moser (2008); siehe auch Dittmer (2010, S. 4 ff)). Unser Fokus liegt hier ausschließlich auf der epistemischen Perspektive, weshalb wir ethische Aspekte ausblenden (die wir aber für ebenso wichtig halten).

2017, S. 470). Ein vorläufiges Modell epistemischer Kompetenz könnte folgende Struktur aufweisen:

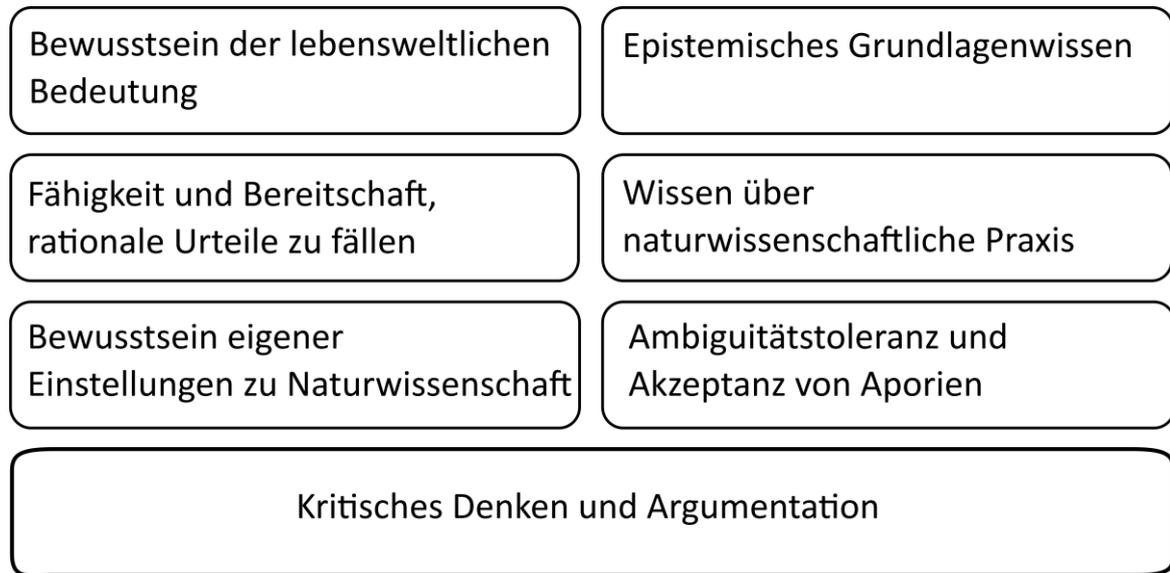


Abb. 1: Dimensionen epistemischer Kompetenz

3.2.1 Umgang mit Kontroversität als Kernbereich epistemischer Kompetenz

Im Rahmen dieses Beitrags wird eine Besonderheit des handelnden Umgangs mit Wissen *über* Naturwissenschaft beschrieben, die gravierende Auswirkungen auf Vermittlungsgrundsätze hat (für eine ausführlichere Diskussion der verschiedenen Dimensionen epistemischer Kompetenz im Kontext internationaler Ansätze zu NOS siehe Kötter & Hammann (2017)).

Mit dem Wechsel auf die Metaebene der Naturwissenschaften ändern sich die Referenzdisziplinen, von den Naturwissenschaften zu denjenigen Disziplinen, deren *Gegenstand* Naturwissenschaft ist: Wissenschaftsphilosophie, Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftssoziologie. Die Bezugsdisziplinen von Unterricht *über* Naturwissenschaft sind also geistes- und gesellschaftswissenschaftliche Fächer und nicht die Naturwissenschaften selbst.

Die Situation in den Geistes- und Gesellschaftswissenschaften unterscheidet sich allerdings von der in den Naturwissenschaften: Während in den naturwissenschaftlichen Fächern eher Erkenntnisse vermittelt werden, die in den Referenzdisziplinen allgemein akzeptiert sind, dominieren in den Geistes- und Gesellschaftswissenschaften Probleme (z. B. in Bezug auf Wissenschaft: Was ist Wissenschaft? Ist Wissenschaft anderen Erkenntnisssystemen epistemisch überlegen? Gibt es verschiedene Wissenschaften?), über

die in den Fachwissenschaften Kontroversen geführt werden. Innerhalb dieser Kontroversen werden, so Jörg Hardy und Christoph Schamberger (2012, S. 33), auch wenn sich von Zeit zu Zeit Mehrheitsmeinungen herausbilden mögen, in der Regel verschiedene Positionen mit jeweils rationalen Argumenten vertreten, von denen jedoch keine beanspruchen könne, als Lehrbuchwissen gelten zu dürfen.

Dieser Situation wird Unterricht durch das „Prinzip der Kontroversität“ Rechnung getragen. Markus Tiedemann (2016) fordert in diesem Sinn, dass im Unterricht grundsätzlich die Meta-Perspektive auf Kontroversen eingenommen, keine Standpunkte vermittelt, sondern relevante Positionen, zentrale Argumente und Gegenargumente diskutiert werden sollen. Dies, so Tiedemann, sei notwendig, weil jede einseitige Vermittlung bestimmter Positionen Indoktrination bedeuten würde.

In ähnlicher Weise wird diese Auffassung auch in etablierten Ansätzen zur Bewertungskompetenz im Fach Biologie abgebildet, in denen im Rahmen der Dimension *Ethisches Basiswissen* die Darstellung und Diskussion unterschiedlicher und auch konfligierender Moralkonzeptionen (z. B. folgenversus prinzipienethische Ansätze) enthalten ist (Reitschert 2007, S. 45).

Kontroversität und damit einhergehend Widersprüchlichkeit und Uneindeutigkeit stellen für viele naturwissenschaftlich sozialisierte Personen jedoch eine Herausforderung dar (Dittmer 2012) und werden auch in der naturwissenschaftsdidaktischen Diskussion um die sogenannte Natur der Naturwissenschaften (*Nature of Science, NOS*) bislang nicht genügend berücksichtigt (Kötter & Hammann 2017, S. 456–461).

Wir schlagen vor, die Kontroversität als didaktisch-methodisches Prinzip der Geistes- und Gesellschaftswissenschaften auch auf Unterricht über die Natur der Naturwissenschaften anzuwenden und zwar nicht Kontroversität *in* den Naturwissenschaften, sondern Kontroversen *über* (den Status von) Naturwissenschaft und naturwissenschaftliches Wissen. Die Berücksichtigung von Kontroversität verlangt den Reflektierenden jedoch ab, die dabei unweigerlich auftretenden Aporien akzeptieren und Ambiguitäten aushalten zu können. Daraus folgt, dass Toleranz bzw. Akzeptanz von Widersprüchen und Mehrdeutigkeiten Voraussetzungen für epistemische Kompetenz sind und daher im Unterricht auch gezielt gefördert werden müssen.

Daraus folgt auch, dass Positionen, auch Extrempositionen wie etwa Scientismus oder epistemischer Relativismus, nicht einfach richtig oder falsch

sind und entsprechend gelehrt oder bekämpft werden sollten. Sie sollten stattdessen *genutzt* werden, um die enthaltenen grundlegenden Einsichten *und* Probleme zu diskutieren und es Personen so zu ermöglichen, einen eigenen begründeten Standpunkt zu entwickeln (Bussmann & Kötter 2018).

3.2.2 Epistemische Kompetenz als Teil des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung

Ansätze von Unterricht *über* die Naturwissenschaften sind im bestehenden Kompetenzspektrum, im Bereich „Erkenntnisgewinnung“, bereits enthalten. So nennt Jürgen Mayer (2007, S. 178) drei Dimensionen wissenschaftsmethodischer Kompetenz:

- i) Beherrschung wissenschaftlicher Arbeitstechniken
(*practical work -> practical skills*),
- ii) Wissenschaftliches Denken
(*scientific inquiry -> scientific reasoning*) und
- iii) Wissenschaftsverständnis
(*nature of science -> epistemological views*).

Wissenschaftsmethodische Kompetenz kann auf konkrete Gegenstände, Methoden und Ergebnisse der Naturwissenschaften, bezogen werden. *Modellkompetenz* beispielsweise ist eine Konkretisierung wissenschaftsmethodischer Kompetenz in Hinblick auf naturwissenschaftliche Modelle. In einem Kompetenzstrukturmodell von Annette Upmeyer zu Belzen und Dirk Krüger (2010) sind die oben genannten Dimensionen Wissenschaftliches Denken und Wissenschaftsverständnis auf den Umgang mit naturwissenschaftlichen Modellen bezogen. In der Dimension Wissenschaftliches Denken (= Modellbildung) wird die Nutzung von Modellen als Mittel der Erkenntnisgewinnung, in der Dimension Wissenschaftsverständnis (= Kenntnisse *über* Modelle) der epistemische Zweck und ontologische Status von Modellen abgebildet.

Wenngleich unklar bleibt, wie zentrale Aspekte epistemischer Kompetenz z. B. Kontroversität (Abschnitt 3.2) im Rahmen von wissenschaftsmethodischer Kompetenz/Wissenschaftsverständnis ausreichend berücksichtigt werden können, kann zunächst zugestanden werden, dass bereits Konzepte vorliegen und curricular verankert sind, die ein ähnliches Ziel verfol-

gen. Im folgenden Abschnitt werden wir darlegen, warum wir Zweifel haben, dass diese Ansätze bislang zu einer Aufwertung der epistemischen Perspektive im Unterricht geführt haben.

3.3 Epistemische Kompetenz im Kernlehrplan und den Abituraufgaben Biologie (NRW)

Betrachtet man aktuell gültige Standarddokumente des Faches Biologie, so dominieren in den einleitenden Abschnitten Formulierungen, in denen die Wichtigkeit einer Auseinandersetzung mit Bedingungen, Möglichkeiten, Risiken, Grenzen und dem gesellschaftlichen Status von Naturwissenschaft, ebenso wie die Bedeutung dieser Auseinandersetzung für Entscheidungsprozesse auf individueller und gesellschaftlicher Ebene, betont wird. Betrachtet man im Vergleich die Ebene der konkreten, auf die Fachinhalte bezogenen Beschreibungen von im Unterricht zu entwickelnden Kompetenzen, so lassen sich höchstens vereinzelt Aspekte identifizieren, die auf NOS bzw. epistemisch kompetenten Umgang mit NOS-Wissen bezogen sind. Bei der Übertragung der Vorgaben auf die, für Unterricht besonders handlungsleitenden, Abiturprüfungen werden reflexive Aspekte dann vollständig eliminiert.

Wir illustrieren diesen Zusammenhang anhand einer exemplarischen Analyse des derzeit gültigen Kernlehrplans Biologie für die gymnasiale Oberstufe in Nordrhein-Westfalen (MSW NRW 2013) und der Zentralabituraufgaben der Jahre 2014–2016 (MSW NRW 2017).

3.3.1 Aufgaben und Ziele des Faches: Vertiefte naturwissenschaftliche Bildung

Im Kernlehrplan Biologie führen die Autoren im einleitenden Abschnitt „Aufgaben und Ziele des Faches“ unter anderem aus, dass Naturwissenschaft und Technik unsere Gesellschaft in allen Bereichen zunehmend prägen und heute einen „bedeutenden Teil unserer kulturellen Identität bilden“ (MSW NRW 2013, S. 10). Es wird betont, dass das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Anwendung sowohl Fortschritte als auch Risiken mit sich brächte, die bewertet und beherrscht werden müssten. Eine vertiefte naturwissenschaftliche Bildung böte dabei die Grundlage für fundierte Urteile in Entscheidungsprozessen über erwünschte oder unerwünschte Entwicklungen (S. 10).

Gerade dem Biologieunterricht, so heißt es weiter, käme im 21. Jahrhundert eine hohe Bildungsverantwortung zu, weil gerade biologische Erkenntnisse Auswirkungen sowohl auf unser Selbst- und Menschenbild als auch zahlreiche, in öffentlichen Diskursen verhandelte Streitfragen hätten. Übergreifende fachliche Kompetenz einer vertieften biologisch-naturwissenschaftlichen Bildung bestünde insbesondere darin, die besonderen Denk- und Arbeitsweisen der Biologie als Naturwissenschaft zu verstehen. Sie umfasse überzeugend zu argumentieren und rationale Entscheidungen zu treffen und fände außerdem ihren Ausdruck in der Bereitschaft, sich reflektierend und gestaltend mit naturwissenschaftlichen Ideen und Problemen auseinanderzusetzen (S. 11).

Biologieunterricht vermittele, neben grundlegenden Kenntnissen und Qualifikationen, Einsichten auch in komplexere Naturvorgänge, sowie für das Fach typische Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme. Dazu lernten Schülerinnen und Schüler zunehmend selbstständig Sichtweisen der Biologie kennen und erführen Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlichen Denkens (S. 12).

3.3.2 Übergreifende fachliche Kompetenz: Kompetenzbereiche

Bei der Beschreibung der Kompetenzbereiche (S. 17) werden diese Ausführungen insbesondere im Kompetenzbereich Bewertung aufgenommen (z. B. in Hinblick auf Chancen und Grenzen biologischer Problemlösungen). Bewertungskompetenz umfasst allerdings ausschließlich die Fähigkeit, *ethisch* überlegt zu urteilen, epistemische Fragen werden daher weitgehend außer Acht gelassen. Im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung werden „Fähigkeiten und methodische Fähigkeiten“ der Erkenntnisgewinnung thematisiert, allerdings wird ebenfalls ausgeführt, dass „eine Reflexion der Erkenntnismethoden den besonderen Charakter der Biologie mit ihren spezifischen Denk- und Arbeitsweisen verdeutlicht und sie von anderen Möglichkeiten der Weltbegegnung abgrenzt“. Naturwissenschaftliche Erkenntnis, so heißt es, basiere im Wesentlichen auf einer Modellierung der Wirklichkeit, eine Formulierung, die so gedeutet werden könnte, dass reflexive Fragen, etwa über den epistemischen und ontologischen Status von Modellen berücksichtigt werden sollen. Auch im Kompetenzbereich Kommunikation spielen epistemische Aspekte indirekt eine Rolle, beispielsweise wenn es um die

Einschätzung von Informationsquellen geht oder die Herstellung von Konsens durch das für die Wissenschaften charakteristische Zusammenspiel von öffentlich gemachten Behauptungen, ihrer transparenten Begründung und der rationalen Kritik an ihnen.

Während auf der Ebene der Ziele und Aufgaben, ebenso wie auf der Ebene der allgemeinen Kompetenzerwartungen, epistemische Fragen zumindest potentiell einen gewichtigen Anteil haben, ändert sich dies auf der Ebene der konkretisierten Kompetenzerwartungen.

Es gibt kaum empirisch gesichertes Wissen darüber, ob und wie Lehrpläne Einfluss auf die Unterrichtspraxis nehmen, was Lehrerinnen und Lehrer bei ihrer alltäglichen Unterrichtsarbeit mit den Vorgaben von Lehrplänen tatsächlich tun und ob Lehrerinnen und Lehrer tatsächlich Lehrpläne brauchen (Vollstädt, 2003). Allerdings scheint es plausibel anzunehmen, dass sich zumindest Lehrerinnen und Lehrer der Oberstufe in Zeiten zentraler Abschlussprüfungen vergleichsweise eng an den Vorgaben orientieren. Wenn diese Vermutung zutrifft, ist das in Bezug auf epistemische Fragen problematisch, weil Lehrerinnen und Lehrer ihren Unterricht dann nicht an allgemeinen Bildungszielen ausrichten, sondern an den konkreten inhaltlichen Vorgaben. Dies gilt umso mehr, als Unterrichtsmaterialien, insbesondere Schulbücher, stark auf die Vorgaben fokussieren.

3.3.3 Konkretisierte Kompetenzerwartungen

Der Lehrplan ist von Anfang der Einführungsphase bis zum Ende der Qualifikationsphase in sechs Inhaltsfelder unterteilt. Die allgemeinen Kompetenzerwartungen werden hier auf konkrete biologische Inhalte bezogen. Auf diese Weise sind insgesamt 98 konkrete Kompetenzerwartungen (für den GK) formuliert worden, die nicht als *Beispiele*, sondern konkrete *Zielvorgaben* für den Unterricht gedacht sind.

Auffällig ist zunächst, dass die reflexive Perspektive insgesamt deutlich unterrepräsentiert ist: Neun Kompetenzerwartungen im Bereich Bewertung stehen 33 im Umgang mit Fachwissen, 36 in Erkenntnisgewinnung und 20 in Kommunikation gegenüber. Hinzu kommt, dass es teilweise unklar ist, worin eigentlich das moralische Problem und damit die ethische Reflexionsbedürftigkeit liegt (etwa beim Einsatz von Enzymen oder Zellkulturen in biologisch-technischen Zusammenhängen). Hier scheinen, wenn überhaupt, Sachurteile gefragt zu sein. Im Kompetenzbereich Bewertung lässt sich *eine*

Kompetenzerwartung (im Inhaltsfeld Evolution) finden, die auch eine epistemische Perspektive zu erfordern scheint (Fähigkeit zur Verwendung des Rassebegriffs beim Menschen Stellung zu nehmen, S. 35). Für den Leistungskurs findet sich, ebenfalls im Inhaltsfeld Evolution, eine weitere Kompetenzerwartung, bei welcher der epistemische Aspekt noch deutlicher wird. Hier soll die Evolutionstheorie „gegenüber nicht naturwissenschaftlichen Positionen zur Entstehung von Artenvielfalt“ abgegrenzt und Stellung genommen werden (S. 44). Das Inhaltsfeld Evolution scheint insgesamt epistemische Betrachtungen herauszufordern. So findet sich auch im Kompetenzbereich Kommunikation, dessen Schwerpunkt auf der Ebene der konkretisierten Kompetenzerwartungen auf dem Recherchieren und Präsentieren von Informationen liegt, eine Erwartung, die eine epistemische Perspektive impliziert: Auf S. 37 heißt es, „die Schülerinnen und Schüler diskutieren wissenschaftliche Befunde [...] und Hypothesen zur Humanevolution unter dem Aspekt ihrer Vorläufigkeit kritisch-konstruktiv“.

Nach der Rahmenkonzeption zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (siehe Abschnitt 3.2.2) ist zu erwarten, dass hier Erwartungen formuliert sind, welche Wissenschaftsverständnis (bzw. epistemische Kompetenz) erfordern. Das ist jedoch kaum der Fall: Die meisten Kompetenzerwartungen (18) beziehen sich auf die Auswertung von Daten, beispielsweise sollen Diagramme zu enzymatischen Reaktionen beschrieben und interpretiert (S. 24), oder Messdaten zur Abhängigkeit der Fotosyntheseaktivität von unterschiedlichen abiotischen Faktoren analysiert werden (S. 35).

Ein weiterer Schwerpunkt liegt im Bereich des Umgangs mit Modellen (13 Erwartungen). In den *allgemeinen* Kompetenzerwartungen wird ausgeführt, dass Modelle zur Beschreibung, Erklärung und Vorhersage biologischer Vorgänge begründet ausgewählt, deren Grenzen und Gültigkeitsbereiche angegeben, sowie an ausgewählten Beispielen die Bedeutung, aber auch die Vorläufigkeit biologischer Modelle und Theorien beschrieben werden soll. In dieser Formulierung ist also durchaus die epistemische Reflexion von Modellen enthalten (Kenntnis *über* Modelle, Abschnitt 3.2.2). Diese Ebene taucht in den *konkretisierten* Kompetenzerwartungen aber praktisch nicht mehr auf. Stattdessen werden Modelle dort *ausschließlich* als Medien zur Darstellung und Erklärung von Sachverhalten interpretiert, beispielsweise „erklären [Schülerinnen und Schüler] den Aufbau der DNA mithilfe

eines Strukturmodells“ (S. 25); „erklären Modellvorstellungen zu allopatrischen und sympatrischen Artbildungsprozessen an Beispielen“ (S. 37), „erklären mithilfe des Modells der ökologischen Nische die Koexistenz von Arten“ (S. 36), etc. Hier ist nicht zu erkennen, dass Schülerinnen und Schüler über den *Modellcharakter* von wissenschaftlichen Erklärungen des Artbildungsprozesses, der Koexistenz von Lebewesen oder des DNA-Aufbaus reflektieren, geschweige denn über die Rolle, die Modelle im Rahmen naturwissenschaftlicher *Erkenntnisgewinnung* haben. Sie nutzen Modelle lediglich zur Veranschaulichung bzw. zu Vermittlungszwecken.

Ohne Zweifel ergeben sich aus vielen konkretisierten Kompetenzerwartungen Aspekte, die epistemisch hochgradig *reflexionsbedürftig* sind (Was ist der epistemische Status von Modellen? Welcher Zusammenhang besteht zwischen technischer Entwicklung und Erkenntnisfortschritt? Bedeutet die Veränderlichkeit von Modellen durch neue Erkenntnisse, dass wir Erkenntnisfortschritt haben, oder sind alle Modelle falsch? etc.). Insgesamt zielen aber nur sehr wenige konkretisierte Kompetenzerwartungen auf diese Metaebene. Dies gilt bereits für die ethische und noch mehr für die epistemische Perspektive.

3.3.4 Abituraufgaben

Derzeit gültige Curricula schreiben die Fähigkeit, reflektierte, begründete (Wert-) Urteile zu fällen, explizit vor. Es ist daher zu erwarten, dass diese Fähigkeit, durch entsprechende Aufgabenstellungen, in den zentralen Abiturprüfungen auch unter Beweis gestellt werden muss.

Wir haben exemplarisch die Abituraufgaben des Faches Biologie in NRW (GK & LK) der Jahre 2014–2016 untersucht (MSW NRW 2017). Grundsätzlich stehen Operatoren, die für entsprechende Fragestellungen genutzt werden können, zur Verfügung (erörtern, beurteilen, Stellung nehmen, diskutieren, ...). Allerdings werden diese bei der Formulierung der Arbeitsaufträge praktisch nicht genutzt: In den insgesamt 18 Aufgaben (je drei Aufgabenstellungen pro Abiturprüfung) wurden 156 Operatoren verwendet. Der Schwerpunkt der Arbeitsaufträge liegt, entsprechend der Vorgaben des Ministeriums, im Anforderungsbereich II, allein die Operatoren *erklären* und *erläutern* kommen insgesamt 39-mal vor. Neben Arbeitsaufträgen, die die Anwendung von Wissen auf Problemstellungen erfordern, dominieren Arbeitsaufträge, welche die Entnahme und Aufbereitung von Informationen

aus dem gegebenen Material verlangen und größtenteils ebenfalls dem Anforderungsbereich II zuzuordnen sind, z.B. 11-mal *auswerten*, 13-mal *beschreiben*. Bei den Arbeitsaufträgen, die sich dem Anforderungsbereich III zuordnen lassen, werden Operatoren verwendet, die von den Kandidaten eine Reflexion verlangen: 1-mal wird gefordert *Stellung zu nehmen*, 1-mal soll *diskutiert* werden und 1-mal ist eine *Bewertung* gefordert. *Beurteilungen* sind demgegenüber (7-mal) zu leisten.

In Bezug auf Kompetenzen liegt der Schwerpunkt der Abituraufgaben im Bereich Umgang mit Fachwissen, gefolgt von Erkenntnisgewinnung und Kommunikation. Bewertungskompetenz im Sinne einer ethischen Beurteilung bzw. Stellungnahme wird *nicht* gefordert. In dem einen Fall (Abiturprüfung 2014), in dem der Operator *bewerten* zum Einsatz kommt, lautet die Anweisung „Bewerten Sie, unter welchen Voraussetzungen die Chorionzottenbiopsie als Früherkennung zur Diagnostik von Morbus Fabry sinnvoll erscheint“. Hier wird im Erwartungshorizont ausgeführt, dass der Prüfling Argumente der Art „Die Eltern sind nicht bereit, ein an Morbus Fabry erkranktes Kind auszutragen [sic]“, sowie „Der Vater ist an Morbus Fabry erkrankt“ und „In der Familie der Mutter kommt Morbus Fabry vor“ als *Sachaspekte* anführen soll. Ein Bezug auf Werte und Normen ist nicht gefordert. Im Bereich Erkenntnisgewinnung kommen reflexive (epistemische) Fragestellungen ebenfalls nicht vor. Alle *Beurteilungen*, ebenso wie die *Diskussion* („Ist die Kakao-Wanze ein Schädling?“; GK 2014) und die *Stellungnahme* („Handelt es sich bei der Besiedlung von Höhlen um eine nicht-adaptive Radiation?“; LK 2016) erfordern reine Sachurteile im Sinne von Umgang mit Fachwissen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein deutliches Gefälle von den allgemeinen Bildungszielen, die zur Legitimierung naturwissenschaftlichen Unterrichts angeführt werden, hin zu den konkreten Vorgaben existiert, in denen diese legitimierenden Aspekte nicht mehr berücksichtigt werden. Es ist unklar, inwieweit konkrete Kompetenzerwartungen, zentrale Abschlussprüfungen und Vergleichsarbeiten Unterricht determinieren, in jedem Fall haben sie aber Auswirkungen. Es stellt sich daher die Frage, in welchem Umfang, in Anbetracht der vorhandenen Schwerpunktsetzungen beispielsweise in den Aufgaben der zentralen Abiturprüfungen der Länder, reflexive Fragestellungen im Unterricht behandelt werden.

3.4 Schlussbemerkungen

Ein regelmäßiger Einwand gegen die Forderung, neue Inhalte in die Lehrpläne aufzunehmen, lautet, diese wären bereits übertoll. Daher wären zusätzliche (noch dazu „fachfremde“) Inhalte bei den Kollegen an der Schule wenig beliebt, ihre Implementierung aussichtslos. Es ist richtig, dass die Lehrpläne zu voll sind und das bedeutet, dass Inhalte wegfallen müssten. Zunächst einmal wäre es daher wichtig, dass ein Diskurs über *Ziele* des naturwissenschaftlichen Unterrichts wieder stärker geführt würde. Der gegenwärtige Fokus der deutschen Naturwissenschaftsdidaktik liegt auf der *empirischen* Lehr-Lernforschung. Das ist zweifellos eine wichtige und ertragreiche Aufgabe – sie ersetzt aber nicht den *normativen* Diskurs über die Ziele dieses Lehren und Lernens, (der durch die empirischen Befunde allenfalls informiert werden könnte).

Nimmt man das allgemein geteilte Ziel naturwissenschaftlicher Bildung ernst, dann sollten reflexive Anteile in den Standarddokumenten stärker berücksichtigt werden. Dies gilt für die ethische Perspektive, zumindest auf der Ebene konkretisierter Kompetenzerwartungen und vor allem zentraler Leistungsüberprüfungen. Es gilt insbesondere aber auch für die epistemische Perspektive, die bislang lediglich in Rahmenkonzeptionen explizit vorkommt, aber in den Standarddokumenten fehlt (Abschnitt 3.3).

Abgesehen von der dringend notwendigen Stärkung der epistemisch-theoretischen Perspektive wäre eine Differenzierung in Ethische Kompetenz und Epistemische Kompetenz auch sprachlich angemessener: Reitschert et al. (2007, S. 43) argumentieren, dass der Terminus Bewertungskompetenz, „unglücklich und irreführend“ sei, weil eine reflektierte Stellungnahme selbstverständlich weitere Aspekte wie Sach- und Machbarkeitsanalysen einschließen würde. Hinzu kommt, dass in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern auch *Sachfragen* unter den Bereich Bewertungskompetenz fallen (z. B. wird in Physik und Chemie die Eignung von Experimenten „bewertet“, etc.). Hier wird Bewertung also in einem alltagssprachlichen Sinn verwendet, weil offensichtlich kein moralisch-ethisches Wert-Urteil, sondern ein Sach-Urteil gefordert wird. Eine solche Trennung in Werturteile und Sachurteile, wie sie auch in den nicht-naturwissenschaftlichen Fächern, beispielsweise im Fach Geschichte (Kerncurriculum Geschichte 2015) üblich ist, wäre sinnvoll.

Es sollte daher erwogen werden, ob ein Kompetenzbereich *Reflexion*, der die beiden Perspektiven, ethisch-praktisch (= ethische Kompetenz) und epistemisch-theoretisch (= epistemische Kompetenz), gleichgewichtig berücksichtigt, sinnvoll wäre. Der Terminus Reflexion bzw. Reflexionskompetenz ist in einigen Bundesländern statt Bewertung bereits üblich, z. B. in Berlin-Brandenburg oder Bremen. Systematisch würde so den Bereichen „Fachwissen (*anwenden* können)“, „Erkenntnis (*gewinnen* können)“ und „*Kommunizieren* können“ der Bereich „Anwendung, Genese und Status von Wissen *reflektieren* können“ gegenübergestellt.

Weiterhin ist es notwendig, dass reflexive Aspekte größeres Gewicht in der universitären Ausbildung erhalten (Dittmer 2012). Unserer Ansicht nach gilt das nicht nur für die Lehramtsausbildung, sondern für die naturwissenschaftlichen Fächer insgesamt: Wissenschaftsreflexion muss genuiner Anteil der *Fach*ausbildung und kein didaktisches „add-on“ sein, damit sie ernstgenommen wird. Umgesetzt werden könnte ein solches Programm in *transdisziplinären* Institutionen, in denen Naturwissenschaften und wissenschaftsreflexive Disziplinen bei der Ausbildung, z. B. auch im Rahmen von Graduiertenprogrammen, zusammenarbeiten (Kötter & Hammann 2017, S. 477). Transdisziplinäre Zusammenarbeit ist notwendig, weil in den Naturwissenschaften selbst (und das gilt auch für ihre Fachdidaktik) die notwendige Expertise für Wissenschaftsreflexion nur in den seltensten Fällen vorhanden ist (Abschnitt 3.2.1).

Schließlich brauchen Lehrerinnen und Lehrer Unterstützung bei der Umsetzung im Unterricht. Während im Bereich ethischer Kompetenz bereits eine Vielzahl Materialien existiert (z. B. BMBF 2008), sind vergleichbare Angebote im Bereich epistemischer Kompetenz selten, wenngleich, etwa zum Thema Evolutionstheorie, bereits ausgezeichnete Ansätze existieren (z. B. Kattmann 2008). Wir haben hierzu bereits vorgeschlagen, dass ein motivierender und lebensweltlich relevanter Kontext für die Auseinandersetzung mit Reichweite und Grenzen von Naturwissenschaft (auch in der universitären Ausbildung) das Thema Pseudowissenschaft sein könnte (Kötter & Hammann 2016). Die Entwicklung und Evaluation entsprechender Materialien stellt aber noch ein Desiderat dar.

3.5 Literatur

- BMBF. (2008). Zellux. Retrieved from <http://www.zellux.net/>
- Busche, H. (Ed.). (2017). *Einführung in die Theoretische Philosophie anhand ihrer Disziplinen*. Fernuniversität Hagen.
- Bussmann, B., & Kötter, M. (2018). Between Scientism and Relativism: Epistemic Competence as an Important Aim in Science Education and Philosophy Education. *RISTAL* 1(1), 82–101.
- Dittmer, A. (2012). Wenn die Frage nach dem Wesen des Faches nicht zum Wesen des Faches gehört: Über den Stellenwert der Wissenschaftsreflexionen in der Biologielehrerbildung. *ZISU*. (1), 146–160.
- Ernst, G. (2014). *Einführung in die Erkenntnistheorie*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Graf, D. (Ed.). (2011). *Evolutionstheorie - Akzeptanz und Vermittlung im europäischen Vergleich*. Berlin: Springer.
- Hammann, M., Konnemann, C., & Asshoff, R. (2016). Wissen über Grenzen der Naturwissenschaften (am Beispiel des Szientismus) und Bildung durch Biologieunterricht. In J. Menthe, D. Höttecke, & T. Zabka (Eds.), *Befähigung zur gesellschaftlichen Teilhabe; Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (261–272). [S.l.]: Waxmann Verlag
- Hardy, J., & Schamberger, C. (2012). *Logik der Philosophie: Einführung in die Logik und Argumentationstheorie* (1. Aufl.). *UTB Philosophie: Vol. 3627*. Göttingen, Stuttgart: Vandenhoeck & Ruprecht; UTB GmbH.
- Kattmann, U. (Ed.). (2008). Evolution & Schöpfung [Special issue]. *Unterricht Biologie*, 32(333): Friedrich Verlag.
- KMK. (2004). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Retrieved from KMK website: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf
- Kötter, M., & Hammann, M. (2016). Pseudowissenschaft? Ein Kontext für Reflexionen über Wissenschaft. In U. Gebhard & M. Hammann (Eds.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik: Vol. 7. Bildung durch Biologieunterricht* (pp. 41–55).
- Kötter, M., & Hammann, M. (2017). Controversy as a blind spot in teaching NOS: Why the range of different positions concerning NOS should be an issue in the science classroom *Science & Education*, 26(5), 451–482. doi.org/10.1007/s11191-017-9913-3

- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–880). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Leisen, J. (2011). Kompetenzorientiert unterrichten. *Unterricht Physik*. (123/124), 4–10.
- March for Science e.V. (2017). Science March Germany. Retrieved from <http://marchforscience.de/>
- Mayer, J. (2007). Mayer: Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- MSW NRW 2017. *Zentralabitur GOST; Prüfungsaufgaben*. Retrieved from <https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/zentralabitur-gost/pruefungsaufgaben/>
- MSW NRW 2013. *KLP Sek II Bio*. Retrieved from <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/biologie/index.html>
- Münsteraner Kreis. (2017). *Münsteraner Memorandum Heilpraktiker*. Retrieved from <http://daebl.de/BB36>
- Nichols, T. (2017). *The death of expertise: The campaign against established knowledge and why it matters*. New York, NY, United States of America: Oxford University Press.
- Kerncurriculum Geschichte, Niedersächsisches Kultusministerium 2015. Retrieved from https://nline.nibis.de/1db/cuvo/datei/ge_gym_si_kc_druck.pdf
- OECD. (2013). PISA 2015: DRAFT SCIENCE FRAMEWORK. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>
- Oreskes, N., & Conway, E. M. (2011). *Merchants of doubt: How a handful of scientists obscured the truth on issues from tobacco smoke to global warming* (1st pbk. ed.). New York: Bloomsbury Press.
- Otto, S. L. (2016). *The War on Science: Who's Waging It, Why It Matters, What We Can Do About It*. Minneapolis: Milkweed Editions.
- Parry, R. (2014). Episteme and Techne. In Zalta, Edward, N. (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Retrieved from <https://plato.stanford.edu/archives/fall2014/entries/episteme-techne/>
- Reitschert, K., Langlet, J., Hößle, C., Mittelsten, Scheid, N., & Schlüter, K. (2007). Dimensionen Ethischer Urteilskompetenz: Dimensionierung und Niveaunkonkretisierung. *MNU*, 60(1), 43–51.

- Schurz, G. (2014). *Einführung in die Wissenschaftstheorie* (4., überarb. Aufl). Darmstadt: Wiss. Buchges.
- Tiedemann, M. (I.). (2016). Dresdner Konsens für den Philosophie- und Ethikunterricht. *ZDPE*, 38(3), 106.
- Upmeyer zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *ZfDN*, 16, 41–57.
- Weinert, F. E. (2002). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Ed.), *Leistungsmessungen in Schulen* (2nd ed., pp.17–32). Weinheim [u.a.]: Beltz-Verl.
- Zeyer, A. (2005). Szientismus im naturwissenschaftlichen Unterricht? *ZfDN*, 11, 193-206.

4 Between Scientism and Relativism: Epistemic Competence as an Important Aim in Science and Philosophy Education.

Bussmann, B., & Kötter, M. (2018). *Between Scientism and Relativism: Epistemic Competence as an Important Aim in Science and Philosophy Education*. *RISTAL*, 1(1), 82–101. <https://doi.org/10.23770/rt1819>

Abstract: There is an ongoing cultural struggle regarding the reach and boundaries of science. Central questions discussed in this debate are for example: What is the essence of natural science? Is its claim for epistemic superiority justified?

As the dispute is not only academic but lies behind several life-world relevant issues as well, we believe that it is essential both to science education and philosophy education. As the topic is inherently interdisciplinary, we claim that the didactics of science and philosophy should work jointly to establish a model of epistemic competence and develop concepts that facilitate such a model. We make a proposal for the structure of epistemic competence as a basis for discussion.

Keywords: Epistemic Competence; Science Education; Philosophical Education; NOS; Scientism; Relativism

4.1 Introduction: Why the Current Dispute over Science is Relevant for Education

Two weeks before the term "post-factual" was chosen as the word of the year of 2016 in the culture section of the leading German newspaper FAZ, the journalist Joachim Müller-Jung (2016) demanded an "outcry" from scientists against the populist gibberish of a *zeitgeist*, euphemistically declared as post-factual. In his article, Joachim Müller-Jung criticizes the "tragedy of civilization", which in his view, is constituted by the marginalization of science. He mentions the sluggishness of scientists and their institutions, who would agree with this proclaimed decline if funding remained untouched. As examples of the continuous erosion of the societal status of the (natural) sciences, Müller-Jung mentions the increasing presence and acceptance of intelligent-design adherents, big-data skeptics and climate-change deniers.

As a cause of this development, he identifies a loss of trust in scientific thought that is constituted by a "systematical investigation of the world through experiment and observation, the utilization of so acquired knowledge and by challenging it repeatedly". Science's promise of progress could no longer convince the people. Instead, particularly in the educated middle-class, concerns regarding technological risks prevail since the complex, abstract and often speculative attempts of science take a backseat to the "appearance of relevance and simpleness, the radical problem awareness of populists".

The worrisome analysis articulated by Müller-Jung did not suddenly emerge in 2016 and is not restricted to Germany. In the "Süddeutsche Zeitung", which is another German newspaper, the influential American policy adviser Benjamin Barber (2010) laments an "epistemological deficit" of the populace that threatens democracy and leads to a situation where "truth, objectivity, science, facts and reason are not being sufficiently differentiated from opinion, subjectivity, prejudice, emotion and irrationality". Even Bruno Latour (2004), who is arguably one of the internationally most prominent critics of the idea of objective and rational science, expresses concern regarding the idea of scientific fact as a social construction (which was partially established by his own work) currently being "misused by dangerous extremists to fuel mistrust about scientific evidence" (p. 227).

The erosion of the ability to judge and act by means of indifference toward concepts, such as "truth", "fact" and "objectivity", has been long discussed. As early as 2005, the philosopher Harry G. Frankfurt (2006) warned against the commonly held position of "Bullshit", according to which the search for objective, and above all scientific, truth was supposed to be irrelevant and futile. Instead, what mattered most in all aspects of life was to make a trustworthy impression on others. Bullshit differs from lying in that the pursuit of truth becomes irrelevant. Those who lie must know the truth to be able to create a lie, whereas those who Bullshit do not care about the truth. According to Frankfurt, the current prevalence of Bullshit in public discourse and the media is rooted in various forms of skepticism that deny the possibility of reliable access to an objective reality and claims that we are always unable to understand the real world. Bullshit is the aftermath of

pressure experienced by premier opinion leaders, particularly in democracies, to present an opinion regarding any arbitrary topic in the mass media, even without a sufficient reason. From current experiences, the pervasiveness of the Bullshit-position may be strengthened by the extensive use of digital media due to everyone uttering opinions and asserting facts anonymously without providing verification (Fake News). According to Frankfurt "these 'anti-realist' doctrines undermine our trust in the value of an unbiased endeavor to clarify the question of what is true and what is false, and even our trust in the concept of objective research" (p. 72).

Thus, this skeptical attitude prevents one from incorporating the following essential attitudes – one might even say virtues – that have been cherished as important ideals by both philosophers and scientists: sincerity, patience, accuracy, curiosity, reliability, and striving for increasingly better explanations. In addition to these theoretical and societal considerations, practical consequences also play a role. In her book about the life-world science-oriented didactic of philosophy, Bettina Bussmann (2014 p. 116) systematically investigates the relationship among science, pseudoscience and esotericism. She suggests that educational systems that do not adequately analyze and legitimize scientific standards and cannot differentiate these processes from pseudoscientific approaches run the risk that graduates are deceived by dangerous, expensive and useless products, services and institutions, such as an ineffective or damaging medicine, therapy or training programs that do not concord with scientific standards (for example, see Graf & Lammers 2016 regarding several approaches of so-called alternative medicine). However, this damage is not restricted to the economic or health sectors. This damage leads to a general loss of trust in the possibility of obtaining knowledge regarding the nature of the world through scientific inquiry, which is the same concern stressed by Barber, Latour and Frankfurt and is emphasized by Joachim Müller-Jung.

Müller-Jung's appeal appears to revitalize the dispute regarding the foundation and scope of natural science known as the *Science Wars*, which occurred in the 1990s. If one follows Müller-Jung's demand, not only scientists and their institutions but also the didactics of science and philosophy should feel obligated to oppose the societal marginalization of their respective disciplines and promote the development of a scientific worldview. Thus, if a new version of the *Science Wars* existed, which position should the

didactics of science and philosophy occupy? We approach this question by first sketching the backgrounds and frontiers of the fundamental conflicts regarding nature and reach of natural science. Subsequently, we provide a brief summary of the didactics of science and philosophy. In the final section, we outline recommendations at the curricular level to meet the posed problems. Finally, we present a description of interdisciplinary competence that we designate epistemic competence.

4.2 Dispute over the Scope of Science

The exact frontlines of the dispute over the scope of science are complex and nebulous. Detailed expositions are beyond the scope of this paper, particularly those regarding the respective political relationships. However, Mario Kötter and Marcus Hammann (2017) suggest simplifying the assessment of the scope of the natural sciences by characterizing the following two main camps: science optimism, which is the stance that in contemporary Western culture, science is the epistemic superior source of knowledge, and science pessimism, which is the stance that science optimism is unjustified because the alleged superiority is a myth, and therefore, science should be treated as any other societal institution. Although these camps are not homogeneous groups, they can be characterized by certain epistemological standpoints and different methodological perspectives of natural science. Certainly, many unifying positions exist in these two camps. However, we largely ignore these unifying positions because our aim is to draw attention to the *disputes* regarding the epistemological and societal reach of the natural sciences.

Several insights have been revealed during the previous century regarding the sociology, philosophy and history of science that provide a more authentic picture of science and its possibilities of gaining knowledge. However, these insights have been continuously used to support very “pessimistic” views regarding the scope of science, and, in certain cases, these insights have been used to support various outright anti-scientific (and anti-rationalistic and anti-intellectual) stances. Scientists (and other groups, such as philosophers of science) have publicly argued against the growing distrust of science, which has become known as the *Science Wars* in the final decades of the previous century. We believe that this situation currently is at least analogous because the perpetrators of anti-science views use the very same arguments developed by sociologists and others in the previous century,

while the protagonists have mostly changed. The following section introduces the two camps.

4.2.1 Science Pessimism

Regarding the *Science Wars*, philosopher of science Noretta Koertge (2000) establishes that throughout the 1990s, approaches from the sociology of knowledge, feminist philosophy of science and postmodern cultural criticism have gained importance due to their reflection upon science¹. According to Koertge, these "new age commentaries on science" share a relationship with post-positivistic arguments, such as the theory-ladenness of observation and the underdetermination of theory. These arguments have long been discussed in the philosophy of science, but in the 1990s, these discussions were used to justify the radical claim that no essential difference exists between scientific knowledge and other belief systems, such as indigenous knowledge and religion. This position leads to a rejection of the normative project of the philosophy of science and concentrates on the purely descriptive perspective. The knowledge gained through science studies regarding how science occurs was used as an argument against the claim that the epistemic nature of the natural science is superior. For example, findings related to the history of science in terms of changing scientific methodology were considered sufficient evidence in a thesis stating that determining the criteria of scientific quality is impossible. According to critics, scientific norms are not timeless, objective or epistemically necessary; instead, these norms are simply based on the consensus of those involved in the work of knowledge production.

Babette Babich (2015) argues that the established natural sciences oppose approaches, such as cold fusion, AIDS denialism and homeopathy, due

¹ Reflecting upon science can be performed in various ways. For example, the analysis of terms used in scientific theories is an issue typically pursued in the philosophy of science, while reflecting upon power structures in science laboratories is an issue typically pursued in the sociology of science. If reflection upon science is performed in an academic, institutionalized manner, this reflection refers to a "science-reflective discipline". We use this term as an umbrella representing the entirety of all domains of inquiry that have science as their research subject (philosophy, history, sociology, anthropology, psychology of science etc.). Thus, we differentiate the realm of the *philosophy of science*, which also investigates normative questions from the realm of *science research*, which is exclusively restricted to the empirical-descriptive disciplines, such as the sociology of science and science studies.

a dogmatic oppression of their underlying ways of thinking rather than due to deficient knowledge. For instance, dogmatic oppression occurs when mainstream experts refuse to cite publications or publish their work. In this context, accusations of pseudoscience arbitrarily discredit deviants. According to Babich, philosophy of science functions as an ally to the science establishment, providing criteria for demarcating science from pseudoscience, which consequently, can be used by the establishment as an instrument of power.

The "facts" of science – as reflected by Müller-Jung in his lament regarding the post-factual *zeitgeist* – are merely *social constructs*. If this view is accepted, the political and economic elites (often white Western males) can exert prevailing influence on scientific insights and misuse these insights as opportunistic arguments to enforce their political goals and ultimately maintain the existing balance of power. According to the science-pessimists, science and its claim to objectivity and rationality cannot be trusted as the core method, at least not more than other explanatory models of reality.

4.2.2 Science Optimism

In the 1990s, the postmodern-relativistic conceptions of science were initially opposed by scientists, followed by philosophers of science (e.g., Gross & Levitt 1998, Gross 1996; Brown 2001). Although the descriptive disciplines of sociology and history have provided insights, they nevertheless claim that normative evaluation remains necessary. The *demarcation problem* is a classical task in this respect that is also considered by many contemporary philosophers (e.g., Hansson 2014; Mahner 2007; Schurz 2014). The demarcation problem can be described as the (partially normative) problem of defining science (Resnik 2000), i.e., how to distinguish between science and pseudoscience. This question does not imply that the demarcation problem is necessarily solvable, but the authors state that the natural sciences exhibit a special status regarding its insights into the fundamental processes of nature and that certain basic differences exist between science and other less epistemically justified declarative systems. The basic attitude of philosophers working in the normative tradition of reflection upon science can be commonly designated science optimistic. This position is currently advocated by Gerhard Schurz (2014, p. 26-29) and others. According to Schurz, the aims of science are "approximately true statements about a subject in

question", which are at least partially achieved by assuming a "minimal epistemological model" and applying "common methodological criteria". Consequently, Schurz considers the demarcation problem a central concern in the philosophy of science; the clarification of this problem is highly important to the abovementioned quest for a methodological and epistemic foundation.

Amidst all controversy, many experts believe that descriptive and normative perspectives should be considered complementary rather than contradictory and that social and epistemic factors exert an influence on science (Carrier 2007, p. 18; Carrier 2008 p. 9-10). The clash of perspectives must be considered a topic for reflected discourse. In education, emphasizing the presence of both domains, i.e., history of science, sociology and psychology as well as the philosophy of science and epistemology, is necessary. The two distinct questions – *how*, in fact, does science proceed? how *ought* science proceed to foster knowledge? – are in the center of attention. One-sidedness could result in radically science-optimistic or science-pessimistic positions. Both cases of one-sidedness should be criticized as fallacious alternatives.

4.3 The Scope of Science and Education

As described in section 2.1, the science-pessimistic camp generally pursues societal-emancipatory goals. In the educational context, they claim that students should first and foremost develop a *critical* attitude toward science. However, certain philosophers are skeptical because they doubt that radical criticism of science can lead to the intended emancipation. In the context of multiculturalism, the philosopher of science Paul Boghossian (2013, p. 134) mentions that constructivist (pessimistic) approaches to science are often used to defend the beliefs of oppressed minorities. If taken seriously, these arguments lead to the paradox situation in which the powerful cannot criticize the oppressed minorities and the oppressed cannot criticize the powerful. Thus, denying the existence of independent and intersubjective knowledge can deprive the oppressed of their mightiest tool to criticize the powerful.

The philosopher Michael Hampe noted a similar argument in an essay published in the leading German weekly newspaper *Die Zeit* (2016), where he called attention to the danger of the so-called *political correctness* that could undermine our educational system. He states that the proponents of

a relativist or social-constructivist conception of knowledge politically dispraise social conditions while simultaneously – due to the lack of reasonable and comprehensible definitions of truth, fact and knowledge – are unable to convey *why* certain statements are racist, discriminating or wrong. To accomplish this, a theory beyond a politically correct education is needed. Schools are places of enlightenment; thus, the search for truth is relevant. Philosophy education is indebted to the educational goal of nurturing rationality. Therefore, controversial topics must not be immunized by means of *political correctness*; this could amount to an erosion of the educational system. The everyday loss of trust in the concept of objective research also undermines science education's task of conveying an understanding of the importance of the methodological groundwork in natural science's knowledge claims to students. Instead of promoting an attitude of "everybody should know for themselves", which is increasingly transferred from the students' private and sociopolitical environment into classroom discourse, a critical attitude toward knowledge claims should be systematically promoted.

This diagnosis calls for an explicit treatment of epistemic questions in schooling. Without the possibility of and the obligation toward criteria of truth and knowledge, while on the political stage, there is nothing one can offer in reply, e.g., to a populist who simply cannot be bothered about the truth. Michael Matthews (2004, p. 104) argues that the notion that scientific practice is influenced by many social and psychological aspects is simply trivial. The search for the methodological aspects of science and knowledge that are *independent* of these influences (e.g., logic, probability theory, etc.) are important. Consequently, if normative and descriptive perspectives were jumbled, *every* claim of knowledge (such as Nazi-, Pseudo-, and Islamic science) would have to be accepted.

According to our view, the authors cited in the introduction are certainly correct in their claim that a plethora of intensely charged debates relevant to everyday life exist in which the question of what distinguishes (natural) science is currently contested, and its claim to epistemic leadership is in many cases fundamentally disputed. The list of arguments compiled by Müller-Jung could be expanded by adding the long-lasting controversy regarding so-called alternative medicine, notably homeopathy (e.g., see the

opposing positions of Bettina Schöne-Seifert et al. (2015) and Friedrich Dellmour (2009)) or the current debate regarding the status of gender studies and their relationship to biology (e.g., Kutschera 2016). In our perspective, the didactics of science and philosophy that claim to be relevant to everyday life must contribute to a basic understanding of the debates concerning the societal and epistemic role of science. In the following sections, we inquire whether and how the posed socially and ideologically relevant problems are currently discussed in the didactics of science and philosophy.

4.4 Reflection upon Science in Science Education

Science education should not merely convey scientific knowledge and procedural abilities but also convey knowledge of the so-called *nature of science (NOS)* (e.g., Kampourakis 2016). In the German context, an “understanding of science” (Wissenschaftsverständnis) is usually mentioned as a fundamental goal of science education. However, in practice, the topic of reflection upon science is likely only met with limited interest. Calls for placing greater value on reflection upon science in the science classroom are not new; proposals date at least to the 1980s, when Elisabeth von Falkenhausen (1985) argued for “Wissenschaftspropädeutik” (science-propaedeutic) as a central component of school biology. In this century, proposals to “teach about NOS” (über die Natur der Naturwissenschaften lehren) in physics education and promote “competence in philosophy of science” (Wissenschaftsphilosophische Kompetenz) in biology education have been offered by Ernst Kircher (2009) and Arne Dittmer (2006), respectively.

However, Arne Dittmer (2010, p. 36) criticizes that reflection upon science usually only occurs in “programmatically introductory talks and in the preface of subject-specific didactics publications”. Many colleagues consider reflection upon science a foreign element in science education, as reported by his interview study conducted with teachers from Hamburg (Dittmer, 2010); to date, competence in philosophy of science has not become a component of the biology curricula. Strikingly, the number of publications in relevant German-speaking journals for science education (MNU-Journal and Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, ZfDN) is extremely low. A superficial examination of MNU-Journal issues between 2002 and 2016 and ZfDN issues between 1995 and 2016 revealed only 15 papers on the topic

of reflection upon science (from approximately 300 papers in the ZfDN and more than 1000 in the MNU, except for papers on the topics evaluation competence / ethical reflection), and most papers belonged to a special issue of the MNU published in 2002 devoted to the topic. Reflection upon science is also underrepresented at a curricular level; for example, in the educational standards approved by the KMK for the subject biology (KMK 2004), although one of the four key competences is *acquisition of knowledge*, this competence is primarily concerned with the communication of procedural aspects (e.g., how does one conduct an experiment?), while genuinely epistemic questions (e.g., what role does an experiment play in the acquisition of knowledge?) remain largely untouched. The key competence *evaluation*, particularly in the subject biology, focuses solely on an ethical evaluation of the consequences of scientific inquiry, while an epistemic evaluation of its claim to knowledge is only scarcely mentioned (Hostenbach 2011, p. 881). Finally, a chemistry schoolbook analysis performed by Marniok and Reiners in 2016 investigated how much text was devoted to questions related to NOS, and the conclusion was “that the results of the analysis are rather sobering (p. 69)”. These results should spur publishers and authors to assign topics related to NOS a higher value than the current value.

Therefore, students are unlikely to engage in epistemic reflection upon science in the science classroom. Not explicitly reflecting on science does not mean that students will not develop their own positions. Many science teachers are essentially disciples of science and hold rather unelaborated views, which likely leads to an optimistic image of science, although in a rather naïve and un-reflected way.

The lack of reflection upon science in the science classroom applies even more to explicitly reflecting upon the abovementioned controversies regarding the scope and limits of science. Such approaches are almost absent in the German-speaking science education community (Hammann et al. 2016 and Zeyer 2005 are exceptions of the general disinterestedness in the topic). Internationally, science education has been and continues to be an arena for the larger societal debate over the scope of science referred to as the *Science Wars* in section 2 (e.g., Matthews, 2002, p. 122; Good, 2001, p. 180; Allchin, 2004, p. 935-936). Moreover, there are lively discourses concerning the relation between science and religion (see, for example, science & education, 1996, 5/2) and science and worldviews (science & education, 2009, 18/6-7)

or multicultural science education (e.g., Cobern 2001; El-Hani 2007), which are related to our contribution.

However, to date, these discourses have not resulted in approved curricular solutions, and the persistent discourse regarding questions concerning the scope of science has thus far rarely led to the conclusion that the conflict and underlying epistemic discourses could be important subjects of discussion in the classroom (e.g., Matthews 2012). In contrast, many scholars in science education appear to be skeptical about the practicability and value of teaching NOS in the sense of addressing conflict over the ultimate goals and scope of science. For example, John Rudolph (2000, p. 413ff) criticizes the science education community for their lasting engagement with what he calls the “legitimation project” of science. In his view, students should learn and reflect upon how science works, such as by simulating scientific inquiry in the classroom, whereas the “philosophical issues” mentioned above should be left to the philosophy classroom. Similarly, Richard Duschl and Richard Grandy (2013, p. 2109) propose developing critical epistemic cognitive and social practices (used in science) by allowing learners to experience scientific practices (building and refining model-based scientific claims).

Insofar as philosophical issues are considered important, the so-called consensus view (e.g., Lederman, 2007) has prevailed for more than 15 years. Irene Neumann and Kerstin Kremer (2013, p. 213) attest "that with its relevance for school in mind, there is largely a consensus on which aspects of the philosophy of science should be communicated in science education". The consensus view summarizes valid insights regarding the capacity and limits of science and human understanding in general, which are uncontroversial in the philosophy of science. However, by focusing on the boundaries and limitations of the possibilities of scientific inquiry (as mentioned in section 2.1., e.g., theory-ladenness of observation, subjectivity, and anti-realism), this approach focuses on the same arguments used to support science-pessimistic positions. As mentioned in section 2.1., these insights can be and have been interpreted in radical, anti-scientific ways when they are not negotiated to a certain degree. Our concern is that teaching the consensus view, which remains by far the most influential approach in science education (see, for example Kampourakis 2016), as an unintended side-effect, may easily support rather pessimistic images of science (such as mistrust of science and

naïve epistemic relativism; for example, see Abd-El-Khalik 2001, p. 229; Clough 2007, p.35).

Accordingly, Müller-Jung calls for trust in the scientific method and its technological promises that is currently mediated implicitly and can lead to unwarranted and naïve beliefs in science, or views on science are advocated that may lead to an equally unwarranted and naïve distrust. To avoid the problems of naïve optimism regarding the scope of science, we propose that *explicit* reflection upon science should be a mandatory element of the science curricula (particularly in Germany). Furthermore, the consensus view on NOS in its current condition appears inappropriate for reaching the goal of enabling students to develop reasoned opinions over the scope and limits of science.

4.5 Reflection upon Science in Philosophy Education

In the didactics of philosophy, the transition from a historical-hermeneutical approach to a problem-oriented paradigm that is relevant to everyday life has occurred only gradually (Martens 1979, Tiedemann 2013, Thein 2017). Before the invention of the term “science” in the 19th century, which focused on knowledge tied to experiments and physics (Hagner 2008, p. 24), to a great extent, philosophers were also scientists, particularly in the field of the natural sciences. Historically, the term “philosophy” did not refer to the current definition of philosophy. In the old days, to a great degree, a philosopher was either a scientist or a person who pondered questions that could be viewed as precursors to scientific methods or research, e.g., David Humes’ reflections on the human mind, which are currently widely respected by psychologists. However, due to the specialization of the sciences in the 19th century and reformations of institutions, the discipline of philosophy fell into the category of “humanities” (for detailed explanations, see Mittelstraß 2005, pp. 455). Epistemology and philosophy of science, which were the core fields of philosophy since Plato first reflected on the questions of what we know, what we can know and what we know about knowledge (Platon Theätet), have developed into the highly specialized field of the *theory* of science, which is a rather formal approach to questions of knowledge in the individual sciences, from the 20th century to present. Unsurprisingly, philosophers of science typically study a second subject in the natural sciences and often consider themselves as philosophers *and* scientists. The gap

between theoretical philosophy, which also addresses specific problems in the sciences, and the hermeneutic tradition has become considerably large. Nevertheless, even the hermeneutic tradition of philosophy has expanded into a wide range of interdisciplinary research fields within the last 20 years. In his article “The Philosophy of Philosophy”, Eugen Fischer states that all philosophical debates of the last two decades indicate “clear signs for an increasing development of metaphilosophy turning into an empirical discipline”. This development will ultimately lead to a fundamental transformation of philosophy that is comparable to the triumph of analytic philosophy in the 20th century (Fischer 2017, p.77).

The hermeneutic orientation continues to prevail in the didactics of philosophy. Any science orientation is often observed with great skepticism due to the fear of losing the philosophical “proprium” and that questions of normativity and philosophical thoughtfulness would return to the background once they are addressed by the realm of the descriptive. Although units from epistemology and the philosophy of science traditionally belong to the canon of topics covered in class, the treatment of the topic of “science” is the consensual approach, which has been dubbed the *hermeneutics of science* by Volker Steenblock and is oriented toward a historical classification of science. Science is “subjected to the conditions of its emergence and the improvability of human accomplishment”; one must insist on “the primate of history” instead of a historically unenlightened ontologism (Steenblock 1999, p. 290). The “historically unenlightened ontologism” referenced by Steenblock can be compared to the science-pessimistic view outlined above. This ontologism claims that all scientific statements about objects, processes, representations and explanations of the world must be assessed in the light of history. Otherwise, scientism, positivism or naturalism, all of which promote unreflective and dangerous beliefs about the power of scientific inquiry, could be justified. But this approach alone also leads to trouble: it cements the dichotomy between the scientific method (*explanation*) and the humanistic method (*understanding*) as two separate pathways of inquiry established by Wilhelm Dilthey. This schism was advanced and developed into “the two cultures of science” by C.P. Snow (Snow 1961). Admittedly, Snow emphasized that both approaches are relevant to both domains of science in different ways, but to date, the main purpose of philosophy ed-

ucation consisted of distinguishing between these different approaches instead of the interdisciplinary analyses that are currently common to academia. Thus, education fails to integrate and reflect upon new scientific methods, problems and insights that current philosophers are addressing, and students are usually quite well informed of these issues through popular scientific magazines, TV or internet discussions.

The recently published and award-winning textbook *Philo. Qualifikationsphase* (Rolf & Peters 2015) provides insight into the contemporary treatment of the topic of "science". The subject area "science and knowledge", along with anthropology, ethics and political philosophy, receives equal and extensive coverage, in which the epistemological foundation of science, the question concerning the objectivity of the natural sciences and the humanities and the claims and boundaries of scientific inquiry are investigated. Classic authors, such as Carnap, Popper and Kuhn, are listed. Strikingly, the entire discourse after Kuhn is lacking, particularly constructivism, evolutionary epistemology, post-modernism and the *Science Wars*. The analysis and reflection of the scientific method exhaust themselves in the criteria of logical empiricism and critical rationalism and, thus, cannot be linked to problems of everyday life or to the debates regarding academic philosophy. Pressing philosophical issues, such as the value of empirical and scientific-methodological knowledge for normative and ethical deliberations, are not addressed. However, this knowledge appears to be important for many questions that are discussed in a classroom following the paradigm of problem orientation; for example, ethical questions regarding migration, climate change and climate policy, gender issues, and animal treatments all rely on empirical knowledge (studies, experiments, interviews, etc.) that must be included and should be reflected upon. Questions of scientific inquiry enter philosophical discourse to a much greater extent than in the past (see Bussmann 2017). If one is eager to expand the curriculum with new studies from academic philosophy, one must consider that many philosophers work jointly with, for example, psychologists and neuroscientists, and rely on their scientific methods and results. The new discipline *Experimental Philosophy* has emerged due to this cooperation, and although this field is heavily debated among philosophers in terms of whether this area is fruitful and will have a successful philosophical future, the intensified interdisciplinary

approach in philosophy requires an integrated reflection upon the scientific foundation of philosophical inquiry.

While ethical competence is a widely acknowledged and established competence not only in philosophy but also in the areas of professional training and educational research (see Rösch 2009, Benner & Nikolova 2016, Eichler & Moritz 2016), until recently, *epistemic* competence has not been a field of interest in the didactics of philosophy (see Bussmann 2014). Interestingly, intensified studies have investigated epistemic *abilities* in the academic field of epistemology. Philosophers claim that epistemic normativity should be described as a set of specific abilities one must have to display knowledge (see Abel/Conant 2012). The relationship between ethical and epistemic norms and the role played by education in this relationship are currently pressing problems in epistemology according to Günther Abel in his talk at the DGPhil conference in 2017. Since *scientific* knowledge is an increasing section of knowledge addressed even in everyday life, we must develop competences to responsibly use that knowledge for social and personal aims.

An analysis of the philosophy curricula of the 16 federal states of Germany provides interesting insights into the discussed problem area; while the orientation toward life-world-problems is rather well established in all curricula, science orientation is either not mentioned or is integrated only unsystematically. For example, Lower Saxony requires *interdisciplinary discussions with the other sciences*; Bremen requires the *integration of empirical views* within the topic anthropology; Bavaria explicitly names psychology, sociology, physics and neuroscience as the respected disciplines in discussion of the problem of free will; and only Hessen uses the term “science orientation” as one of the aims of the subject of philosophy. The fact that certain states have recently integrated science specific topics can be considered an indicator that an interdisciplinary orientation is emerging. Nevertheless, currently, a systematic didactical concept is lacking. Conversations with philosophy teachers over the years have shown that the integration of and reflection upon science topics appear to be highly challenging if not an overextension.

According to the *Philo* textbook, the guiding principles of science are criticized rather than substantiated. "A scientifically literate culture should take the ideal of self-reflection much more seriously than is presently the

case", suggests Holm Tetens in the volume at hand, who urges the philosophy of science to "put science-superstition in its place" (p. 394), although it remains unclear what constitutes the problematic "superstition". While at least the boundaries and the dangers of natural science or scientism are discussed, its accomplishments and possibilities and the dangers of relativism are largely ignored. This inconsistency is manifested in homework assignments (p. 385) in which the scientific *guiding principles* are presupposed to the natural sciences, and the humanities are considered committed in equal measure but have not been introduced and discussed beforehand.

4.6 Epistemic Competence as an Interdisciplinary Approach

In the following discussion, we refer to the German context in which the current curricula are competence oriented; thus, the curricula do not specify the subject matter in detail but rather describe the competencies that should be developed in grappling with content-related problems².

As previously noted, important social and educational reasons exist for systematically developing a didactical concept that addresses the scope and limits of science. The aspects of epistemology and philosophy of science discussed here have not received adequate representation in the established scope of competency to date, neither in the science subjects nor in philosophy. As a paradigm of problem orientation, the relationship to everyday life problems and the orientation toward research and discourse in the academic discipline are essential paradigms of the didactics of both the natural sciences and philosophy; there is a strong need for action to consistently integrate scientific knowledge into philosophy class and incorporate a philosophical-reflective perspective in science classes to broaden the discourse of the epistemic reach of natural science. Based on the unsatisfactory treatment of science topics in schoolbooks and curricula and given that the science orientation is also legitimized by a concept of philosophical education that can be rooted in both philosophy and educational concepts, Bettina Bussmann (2015) urges the didactics of philosophy to systematically de-

² There is no room for a detailed characterization of the competence paradigm here. In Germany, this paradigm dates to Franz Weinert (2001). Structure models of the competences describe the abilities, knowledge and attitudes that learners must develop to be classified as competent in a special field of application.

velop curricular topics based on the following three main areas that are relevant for philosophical reflection: life-world, philosophy and the knowledge and methods of the empirical sciences. This interrelationship, which similarly applies to science education, relates to *integration* and *critical reflection* and can be illustrated by the *triangle of philosophy-didactics*.

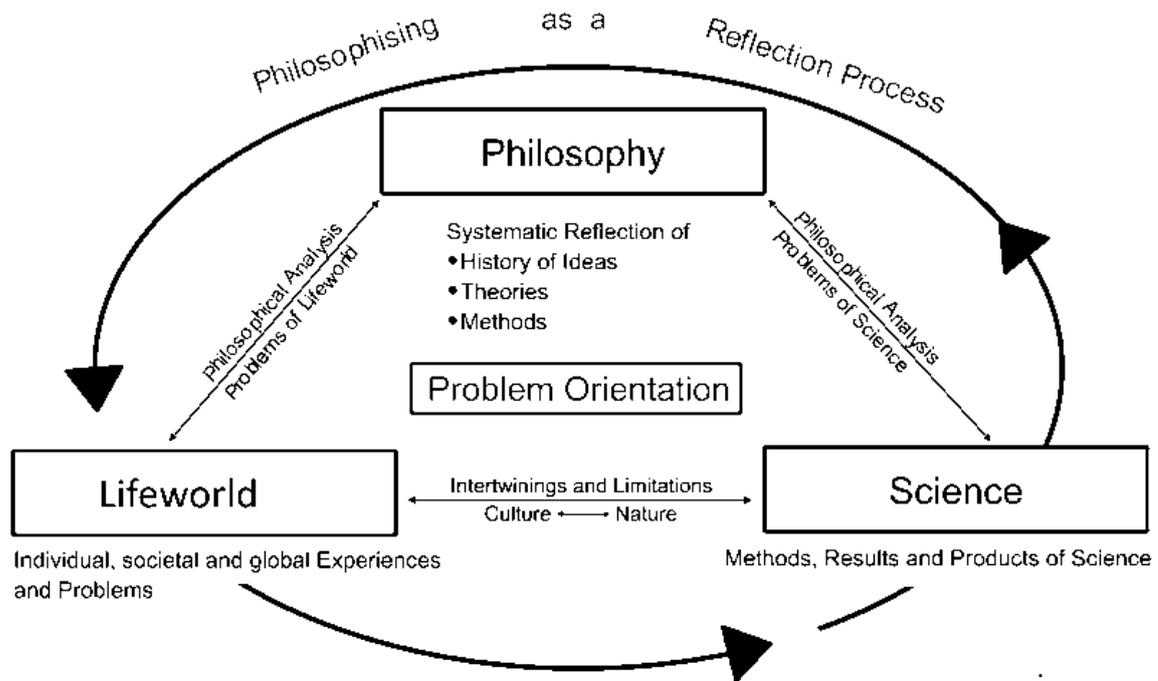


Fig. 1: Triangle of Philosophy-didactics (Bussmann 2015)

Knowledge in the sense of historical, methodical and systematical insight has admittedly always played a role in philosophy and everyday life. However, in empirical science, additional familiarity with *scientific* knowledge and the ability to reflect upon scientific evidence become necessary. Therefore, we propose that students should develop an *epistemic competency*, which we define as “the ability to understand and critically reflect upon aspects of the methods, results, history and relevance of scientific knowledge in relation to other forms of knowledge.”

Thus, first, the didactics of science and philosophy must *jointly* approach this topic and advocate an informed *discourse* about the NOS while considering the possibilities and limitations of its communication. In Germany, cooperation between science education and philosophy has existed for many years but is restricted to ethical questions, such as genetic engineering (e.g., Runtenberg 1997). This approach remains a new frontier for epistemic questions and the didactics of philosophy.

Although epistemic competence is primarily relevant for NOS and philosophy, this competence should become an *interdisciplinary competence* in the future. Various subjects can contribute to its differentiation and focus on topics from their specific field. Thus, other didactics, such as religious education (e.g., Weiß et al 2016), might already have established fruitful interdisciplinary concepts that can serve as a role model. At the theoretical level, science education has profited from the work of theologians in the analysis of scientism (e.g., Stenmark 1997). An example of interdisciplinary collaboration between religious and science education is the context of creation and evolution. The relationship between creation and religion has been and remains an area of tension. In this context, the didactics of biology and religious education worked jointly to reach guidelines for addressing intelligent-design creationism (e.g., Bayrhuber 2011, 2009). Biology educator Christiane Konnemann (2016), in cooperation with religious educators, investigated attitudes toward evolution and creation, scientific and creationistic beliefs, knowledge about NOS and NOTh (Nature of Theology), and examples of teaching approaches (e.g., Löber & Rothgangel 2008) that explicitly consider the relationship between science and religion. Notably, the debate regarding the worldview implications of evolutionary theory is also an example of the live-world relevance of reflection upon the scope and limits of science proposed in this text.

For these issues to be adequately addressed in the classroom, it is first necessary to implement the respective topics in teacher education. Thus, prospective teachers in the field of natural science should develop the understanding that reflection upon science is not a "fringe topic" (Dittmer 2006) and is highly important. For philosophy education, similarly, prospective teachers should develop an understanding that empirical considerations do not mean the end of philosophy.

Second, appropriate curricular implementation at the university and school level should occur. In Germany, proposals to expand the range of competences in the science subjects are rare, but there are exceptions. For example, Arne Dittmer (2010, p. 53) describes "wissenschaftphilosophische Kompetenz" (competence in philosophy of science) as "the ability to understand, evaluate and communicate the nature, concepts and significance of biology". The proposal for competence in the philosophy of science certainly bears resemblance to epistemic competence, and obviously, we

are very sympathetic toward his approach. However, there are differences. First, Dittmer’s approach explicitly refers to the biology context and the philosophy of biology, while we intend to offer a general proposal for science education. Second, Dittmer calls for more philosophy in the science classroom. We additionally include the demand for more science in the philosophy classroom and – which is a crucial difference – propose to reach both goals through the interdisciplinary cooperation of science and philosophy education at the following levels: the conceptual, institutional and classroom levels. Finally, Dittmer’s and our approaches differ only in the details because there are obvious overlaps, as shown in our table of epistemic competence (Fig. 2).

Epistemic competence: *The ability to understand and critically reflect aspects of the methods, results, history and relevance of scientific knowledge in relation to other forms of knowledge*

Dimensions of content	
Theoretical knowledge	Special areas of application
<p>Epistemology and philosophy of science</p> <ul style="list-style-type: none"> Theories / positions (realism, scepticism, scientism etc.) and central arguments Essential questions in epistemology and philosophy of science (Are scientific entities real? Is there scientific progress? What distinguishes science from non-science?) Methodologies (experiments, interviews, evidence-based trials, expert know how, explanation models) Quality criteria of scientific work and justification of scientific knowledge claims (reproducibility, objectivity, reliability, validity) Nature and role of rationality, emotion, intuition in knowledge formation processes Ultimate limits and scope of scientific knowledge production Normative questions and science, relation between science and religion, relation to common sense, superiority of scientific knowledge <p>Science as a human enterprise</p> <ul style="list-style-type: none"> Science as a social institution (scientific communities, role of peer-review, expertise, authorities, journals, scientific ethos, norms, rationality) External influences on science (economic, religious, political influences) Live-world implications of scientific research (ethical implications of technology) 	<p>Pseudosciences (homeopathy, quantum healing, astrology)</p> <p>Current mistrust in science (vaccination criticism, climate change denial, fake news)</p> <p>Science wars (postmodernism, multiculturalism, feminism)</p> <p>Science & religion (scientific creationism, new atheism, naturalism)</p> <p>Gender issues (social and biological perspectives)</p> <p>Transhumanism (transformation of humanity by means of technology)</p>
Dimensions of ability	
<p>Argumentation skills and critical thinking</p> <p>Epistemic virtues:</p> <ul style="list-style-type: none"> Willingness to engage in critical evaluation and judgment, commitment to rational discourse) Awareness that reflection on science requires tolerance of ambiguity and acceptance of aporia, principle of controversy) <p>Appropriate use of technical terminology</p> <p>Ability to identify individual, social and global implications, as well as ethical implications of scientific practices</p> <p>Recognition and awareness of one’s attitudes toward the object of reflection</p>	

Fig. 2: Table of Epistemic Competence

Epistemic competence consists of several dimensions (Bussmann 2014; Kötter 2017). It is beyond the scope of this text to provide a detailed description of all dimensions. Furthermore, we do not claim that our approach is complete – additional theoretical knowledge, application fields, abilities and attitudes may be relevant. Fig. 2 provides an overview of the dimensions of epistemic competence as a first approximation and proposal for further discussion. Our framework of *theoretical knowledge* focuses on the in-

terplay between the *normative* and *descriptive* perspectives. The philosopher of science Gerhard Schurz (2014, p. 24) characterizes this interplay as the rational reconstruction of science. A rational reconstruction aims to develop generalized models of scientific knowledge that must be empirically adequate, i.e., consistent with descriptive results and concur with normative guidelines for scientific investigations. Thus, we are endowed with two controlling authorities, i.e., one normative and one descriptive, that continually reconstruct the joint object of interest – science.

In the following sections, we provide a brief description of the two core dimensions of epistemic competence that we consider both essential and underrepresented in recent discourse in science (section 4.6.1) and philosophy (section 4.6.2) education.

4.6.1 Reflection upon Science

Technical qualifications, particularly the conveyance of *epistemic virtues*, should be considered, which appears to be a primary task because the discourses in science and philosophy didactics fundamentally differ from one another. Typically, content taught in the science classroom is not controversial in science. Philosophy didactics must consider that a similar consensus in philosophy is not in place. Therefore, teaching content in an uncontroversial way is deemed inappropriate in the philosophy classroom. To the contrary, teaching should generally involve reflection *about* the controversial approaches to various questions asked in academic philosophy.

In this context, Kötter & Hammann (2017) suggest that NOS education is concerned with science-reflective disciplines as its referent, and thus, their communication standards, particularly principles, such as controversy, reflection, and acceptance of *aporia*, also should be applied to these portions of science education. These principles have been firmly embedded as core principles of philosophy and ethics education, and since 2016, these principles have also been approved by means of the *Dresdner Konsens* between the professional associations for philosophy and ethics, the forum for the didactics of philosophy, and the German association of philosophy (Tiedemann 2016). This standard document stresses that the *criteria of controversy* are guiding principles that guarantee the practice of argumentation skills to defy suggestiveness, dogmatism and manipulation. Argumentation competence is a core skill that has been implemented in nearly all subjects and curricula

(e.g., Weiß et al 2016, p. 206). These already established concepts should be further applied to the weak spot of "reflection upon science" at the curricular level.

4.6.2 Quality Criteria of Scientific Work

As demonstrated by our brief discussion of the schoolbook *Philo* (section 4.5), a discussion of the nature and scope of scientific knowledge is mostly restricted to historical and theoretical approaches that do not start with concrete problems (and only rarely integrate life-world problems) but rather cover overarching topics, such as "What is the truth?" or "Empiricism *versus* Rationalism?" Introductions into the work of important thinkers and schools are predominant. These topics are indeed essential for philosophy education since these programs are tasked with teaching fundamental questions and thereby reaching increasingly higher levels of abstract thinking. However, these fundamental philosophical questions should be supported by the other two foundations of the triangle shown in Fig. 1, namely, life-world and modern science. Since many curricula and books integrate empirical results – such as psychological studies and neurological experiments – there is a need to analyze questions such as the following: How are studies and experiments designed? Why are randomized control studies considered the gold standard of scientific research? What do these studies measure and what mistakes can occur? Are these studies relevant to our philosophical problem? If a thorough reflection upon such questions is lacking, it is highly likely that naïve scientific attitudes, mistrust and indifference are fueled. Therefore, the quality criteria of scientific work should become an integral component of all philosophical disciplines and topics that rely on empirical knowledge. Interesting contemporary cases should be found to obtain a basic understanding of the following three well-known principles: objectivity, reliability and validity. Certain steps in this direction have already been taken in the special issue "Pseudowissenschaft" of the philosophy education journal ZDPE (1/2007), in which historical and contemporary problem cases are analyzed.

4.7 Concluding Remarks

The facilitation of epistemic competence could serve as an answer to the initially posed question of how science education can address concerns

regarding the social consequences of the leveling and trivialization of natural science and its claim to knowledge without cultivating naïve impressions of science and encouraging a problematic scientism. Members of an enlightened society whose conception of the world is mainly created and formed by science should be enabled to recognize controversies regarding the scope of natural science, reflect on these controversies and reach a justified point of view. The debates regarding the scientific status of potential pseudosciences could serve as an authentic context for NOS and philosophy education that is relevant to everyday life. According to Bettina Bussmann (2014), in philosophy education, the engagement with pseudoscience could serve as a model of treating issues relevant to everyday life with a scientific mind without ignoring the variety of facts that constantly change and challenge scientific methods and explanations. This education could sensitize people not only to the epistemic *advantages* of scientific norms but also, according to Mario Kötter & Marcus Hammann (2016), to the *difficulties* concerning the demarcation of science and the limits of its explanatory power. Therefore, it may be a suitable starting point to oppose scientific and relativistic belief systems.

4.8 References

- Abd-El-Khalick, F. (2001). Embedding Nature of Science Instruction in Pre-service Elementary Science Courses: Abandoning Scientism, But... *Journal of Science Teacher Education*, 12(3), 215–233. doi.org/10.1023/A:1016720417219
- Abel, G./ Conant, (Ed.) (2012). *Conceptions of knowledge*, Vol 4. Berlin Studies of Knowledge Research. Berlin/Boston: de Gruyter.
- Allchin, D. (2004). Should the sociology of science be rated X? *Science Education*, 88(6), 934–946. doi:10.1002/sce.20026
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518–542. doi:10.1002/sce.20432
- Babich, B. (2015). Calling Science Pseudoscience: Fleck's Archaeologies of Fact and Latour's 'Biography of an Investigation' in AIDS Denialism and Homeopathy. *International Studies in the Philosophy of Science*, 29(1), 1-39. doi:10.1080/02698595.2015.1071550
- Barber, B. (2010). Amerika, du hasst (sic!) es besser. *Süddeutsche Zeitung*, 14.
- Bayrhuber, H. (Ed.). (2011). *Darwin und kein Ende? Kontroversen zu Evolution und Schöpfung*. Seelze: Kallmeyer.

- Benner, D. & Nikolova, R. (2016). Ethisch-moralische Kompetenz als Teil öffentlicher Bildung. Paderborn: Ferdinand Schöningh Verlag.
- Boghossian, P. A. (2013). *Angst vor der Wahrheit: Ein Plädoyer gegen Relativismus und Konstruktivismus* (1., neue Ausg, Vol. 2059). Berlin: Suhrkamp.
- Brown, J. R. (2001). *Who rules in science?: An opinionated guide to the wars*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Bussmann, B. (2014). *Was heißt: sich an der Wissenschaft orientieren? Untersuchungen zu einer lebensweltlich-wissenschaftsbasierten Philosophiedidaktik am Beispiel des Themas „Wissenschaft, Esoterik und Pseudowissenschaft“*. Berlin: LIT.
- Bussmann, B. (2015). Wissenschaftsorientierung. In: Nida-Rümelin, J., Spiegel, I., Tiedemann, M. (Ed.): *Handbuch Philosophie und Ethik*, Bd. 1. Paderborn: Schöningh 2015. 125-130.
- Bussmann, B. (2017). Wieviel Empirie benötigt die praktische Philosophie? Grundsatzüberlegungen und didaktische Konsequenzen am Beispiel der Migrationsproblematik. Erscheint in: Tiedemann, M. (Ed.) (2018): *Ethische Fragen der Migration: Theoretische Reflexion und unterrichtspraktische Aufarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer Verlag.
- Carrier, M. (2007). Wege der Wissenschaftsphilosophie im 20. Jahrhundert. In A. Bartels & M. Stöckler (Eds.), *Wissenschaftstheorie. Ein Studienbuch* (pp. 15–45). Paderborn: Mentis.
- Carrier, M. (2008). *Wissenschaftstheorie zur Einführung* (2., überarb. Aufl, Vol. 353). Hamburg: Junius.
- Clough, M.P. (2007). Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students: Questions Rather Than Tenets. *The Pantaneto Forum*, 25 (Januar), 31–40.
- Cobern, W. W., & Loving, C. C. (2001). Defining "science" in a multicultural world: Implications for science education. *Science Education*, 85(1), 50-67.
- Dellmour, F. (2009). Argumentarium Teil 3. *Homöopathie in Österreich (HIOe)*. (4). Retrieved from <http://www.homoeopathie.at/wissenschaft/diskussion/>
- Dittmer, A. (2006). Wissenschaftsphilosophie am Rande des Fachs? *MNU*, 59(7), 432–439.
- Dittmer, A. (2010). *Nachdenken über Biologie: Über den Bildungswert der Wissenschaftsphilosophie in der akademischen Biologielehrerbildung* (1. Aufl). Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.

- Duschl, R. A., & Grandy, R. (2012). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science & Education*. Advance online publication. doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4
- El-Hani, C. N., & Mortimer, E. F. (2007). Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 2(3), 657–702. doi.org/10.1007/s11422-007-9064-y
- Fischer, E. (2017). Philosophie der Philosophie. In: Lohse, S., Reydon, T. (Eds.): Grundriss Wissenschaftsphilosophie. Die Philosophien der Einzelwissenschaften. Hamburg: Meiner Verlag. (pp. 77–104).
- Frankfurt, H.G. (2006). *Bullshit*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Good, R., & Shymansky, J. (2001). Nature-of-Science Literacy in Benchmarks and Standards: Post-Modern/Relativist or Modern/Realist? *Science and Education*, 10(1/2), 173–185. doi:10.1023/A:1008789610357
- Graf, D., & Lammers, C. (Eds.). (2015). *Anders heilen? Wo die Alternativmedizin irrt* (1. Aufl.). Aschaffenburg: Alibri.
- Gross, P. R. (Ed.). (1996). *Annals of the New York Academy of Sciences: Vol. 775. The flight from science and reason*. New York, NY: New York Academy of Sciences.
- Gross, P. R., & Levitt, N. (1998). *Higher superstition: The academic left and its quarrels with science* (Paperback ed.). Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press.
- Hagner, M. (20018). Bye-bye science, welcome pseudo-science? Reflexionen über einen beschädigten Status. In: Rupnow et al (2008): Pseudowissenschaft. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Hampe, M. (2016, December 15). Katerstimmung bei den pubertären Theoretikern. *DIE ZEIT*. Retrieved from <http://www.zeit.de/2016/52/kulturwissenschaft-theorie-die-linke-donald-trump-postfaktisch-rechtspopulismus>
- Hansson, S. O. (2014). Science and Pseudo-Science. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Retrieved from <https://plato.stanford.edu/entries/pseudo-science/>
- Hostenbach, J., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. *ZfDN*, 17, 261–288.
- Kampourakis, K. (2016). The “general aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, n/a-n/a. doi:10.1002/tea.21305
- KMK (2004). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Retrieved from <https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/>

veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf

- Koertge, N. (2000). 'New Age' Philosophies of Science: Constructivism, Feminism and Postmodernism. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 51, 667–683.
- Kötter, M., & Hammann, M. (2016). Pseudowissenschaft? Ein Kontext für Reflexionen über Wissenschaft. In U. Gebhard & M. Hammann (Eds.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik. Band 7. Bildung durch Biologie* (pp. 41–55).
- Kötter, M., & Hammann, M. (2017). Controversy as a blind spot in teaching NOS: Why the range of different positions concerning NOS should be an issue in the science classroom // Controversy as a Blind Spot in Teaching Nature of Science. *Science & Education*, 26(5), 451–482. doi.org/10.1007/s11191-017-9913-3
- Konnemann, C., Asshoff, R., & Hammann, M. (2016). Insights Into the Diversity of Attitudes Concerning Evolution and Creation: A Multidimensional Approach. *Science Education*, 100(4), 673–705. doi.org/10.1002/sce.21226
- Kutschera, U. (2016). *Das Gender-Paradoxon: Mann und Frau als evolvierte Menschentypen. Naturwissenschaft und Glaube: Vol. 13*. Berlin: LIT.
- Lakatos, I. (1974). Falsifikation und die Methodologie wissenschaftlicher Forschungsprogramme. In I. Lakatos & A. Musgrave (Eds.), *Wissenschaftstheorie Wissenschaft und Philosophie: Vol. 9. Kritik und Erkenntnisfortschritt. Abhandlungen des Internationalen Kolloquiums über die Philosophie der Wissenschaft, London 1965, Band 4*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag.
- Latour, B. (2004). Why Has Critique Run out of Steam? From Matters of Fact to Matters of Concern. *Critical Inquiry*, 30(2), 225–248.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–880). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mahner, M. (2007). Demarcating Science from Non-Science. In T. A. F. Kuipers (Ed.), *Handbook of the philosophy of science. General philosophy of science. Focal issues* (pp. 515–575). Amsterdam, London: North Holland.
- Marniok, K & Reiners C. (2016). Die Repräsentation der Natur der Naturwissenschaften in Schulbüchern. ChemKon 2016, 23, Nr. 2, p. 65–70. Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- Martens, E. (1979). *Dialogisch-pragmatische Philosophiedidaktik*. Hannover: Schroedel.

- Matthews, M. R. (2002). Constructivism and Science Education: A Further Appraisal. *Journal of Science Education and Technology*, 11(2), 121–134. doi:10.1023/A:1014661312550
- Matthews, M. R. (2004). Thomas Kuhn's impact on science education: What lessons can be learned? *Science Education*, 88(1), 90–118. doi:10.1002/sce.10111
- Matthews, M. R. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research. Concepts and methodologies* (pp.3–26). Dordrecht: Springer.
- Mittelstraß, J. (2005) (Ed.). Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. Band 2: C-F. Stuttgart, Weimar: Verlag J.B. Metzler. (pp. 455–457).
- Müller-Jung, J. (2016, November 26). Wo bleibt der Aufschrei gegen den billigen Populismus? *FAZ*. Retrieved from <http://www.faz.net/-gwz-8nr8o>
- Neumann, I., & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. *ZfDN*, 19, 211–234.
- Resnik, D. B. (2000). A pragmatic approach to the demarcation problem. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 31(2), 249–267. doi:10.1016/S0039-3681(00)00004-2
- Rösch, A. (2009). Kompetenzorientierung im Philosophie- und Ethikunterricht. Entwicklung eines Kompetenzmodells für die Fächergruppe Philosophie, Praktische Philosophie, Ethik, Werte und Normen, LER. Zürich: Lit Verlag.
- Rolf, B. & Peters, J. (Ed.). (2015). Philo. Qualifikationsphase. Bamberg: C.C. Buchner Verlag.
- Rudolph, J. L. (2000). Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), 403–419. doi.org/10.1080/002202700182628
- Runtenberg, C. (1997). Leitideen eines Unterrichts über ethische Probleme der Gentechnik aus der Sicht der Philosophie. In H. Bayrhuber (Ed.), *IPN: Vol. 150. Biologieunterricht und Lebenswirklichkeit. Vom 18.9. bis 22.9.1995 in Weilburg* (pp. 291–295). Kiel: IPN.
- Schöne-Seifert, B., Reichardt, J.-O., Friedrich, D. R., & Hucklenbroich, P. (2015). Komplementar- und Alternativmedizin: der Begriff im Licht wissenschaftstheoretischer und -ethischer Überlegungen [The concept of complementary and alternative medicine from the perspective of the philosophy of science and bioethics]. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, 109(3), 236–244. doi:10.1016/j.zefq.2015.01.015.

- Schurz, G. (2014). *Einführung in die Wissenschaftstheorie* (4., überarb. Aufl). Darmstadt: Wiss. Buchges.
- Snow, C.P. (1961). *The two cultures and the scientific revolution. The red lecture 1959*. Cambridge.
- Steenblock, V. (1999). *Theorie der kulturellen Bildung. Zur Philosophie der Didaktik der Geisteswissenschaften*. München: Wilhelm Fink Verlag.
- Tiedemann, M. (2011). *Philosophiedidaktik und empirische Bildungsforschung*. Münster: LIT Verlag.
- Tiedemann, M. (2013). Problemorientierte Philosophiedidaktik. *ZDPE*, 35(1). 85-96.
- Tiedemann, M. (2016). Dresdner Konsens für den Philosophie- und Ethikunterricht. *ZDPE*, 38(3), 106.
- Thein, Christian (2017). *Verstehen und Urteilen im Philosophieunterricht*. Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Weinert, F. E. (2002). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Ed.), *Leistungsmessungen in Schulen* (2nd ed., pp. 17–32). Weinheim [u.a.]: Beltz-Verl.
- Weiß, T, Basel, N., Harms, U., Precht, H. & Rothgangel M.: Fächerübergreifende Kompetenzen im Unterricht. In: Harms, U, Schotter, B. & Klüh, B. (Eds.) (2016). *Entwicklung kompetenzorientierten Unterrichts in Zusammenarbeit von Forschung und Schulpraxis*. Münster: Walmann Verlag. (pp 205-224).
- ZDPE* (= Zeitschrift für die Didaktik der Philosophie und Ethik) (1/2007). Pseudowissenschaft. Tiedemann, M. (Ed.). Hannover: Siebert Verlag.
- Zeyer, A. (2005). Szientismus im naturwissenschaftlichen Unterricht?: Konsequenzen aus der politischen Philosophie von John Rawls. Retrieved from <http://www.ipn.uni-kiel.de/zfdn/jg11.htm>

5 Epistemische Kompetenz: Eine transdisziplinäre Aufgabe für Philosophie- und Naturwissenschaftsdidaktik.

Kötter, M. (2018a). Epistemische Kompetenz: Eine transdisziplinäre Aufgabe für Philosophie- und Naturwissenschaftsdidaktik. In: Lebenswelt und Wissenschaft : Fachtagung des Forums für Didaktik der Philosophie und Ethik, Salzburg 2018 / Bettina Bussmann und Markus Tiedemann (Hrsg.). – Dresden : Thelem, 2019. – S. 15-28 (Jahrbuch für Didaktik der Philosophie und Ethik ; 19), ISBN: 978-3-95908-486-4

5.1 Einleitung: Die Reichweite der Naturwissenschaft

Im Zentrum zahlreicher aktueller Kontroversen stehen Konflikte über die Reichweite und das Wesen naturwissenschaftlicher Erkenntnis. Dies gilt sowohl für Probleme auf gesellschaftlicher als auch auf individueller Ebene. Beispiele sind politische Auseinandersetzungen über den Klimawandel oder die Nutzung künstlicher Intelligenz, in denen sich unter anderem Fragen nach der Objektivität und damit Verlässlichkeit wissenschaftlicher Vorhersagen stellen, aber auch, in wie weit diese Erkenntnisse in gesellschaftlichen (und individuellen) Entscheidungen berücksichtigt werden müssen. Im Bereich der Medizin wird über die Frage nach dem Wissenschaftsstatus (und damit der Finanzierung) vorgegeblicher Alternativen zu naturwissenschaftlich begründeten Ansätzen gestritten. Gleichzeitig stellen immer mehr Personen auch etablierte und gut erforschte Standardbehandlungen wie Impfungen in Frage. Selbst für und wider die Existenz Gottes wird von einigen Autoren öffentlichkeitswirksam mit naturwissenschaftlichen Argumenten gestritten, dies gilt sowohl für die atheistische als auch die theistische Sicht.¹

Dabei befinden wir uns gegenwärtig in der paradoxen Situation dass, während einerseits kaum eine Zahnpasta ohne den Hinweis auf ihre in empirischen Studien belegte Wirksamkeit an den Konsumenten zu bringen ist, sich andererseits in den vergangenen Jahrzehnten eine breite anti-wissenschaftliche Stimmung in der Gesellschaft etabliert hat. Der Wissenschafts-

¹ Richard Dawkins, *Der Gotteswahn*, Berlin 2009; Richard Swinburne, *The existence of God*, New York 2004.

philosoph Bernd-Olaf Küppers spricht von einer anti-intellektuellen Grundhaltung, die zu einem grundlegenden Misstrauen gegenüber der Wissenschaft geführt habe.²

Dieser Vertrauensverlust kann als Teil und Folge eines andauernden größeren Kulturkampfes über das Wesen der Naturwissenschaften und ihres gesellschaftlichen Status gedeutet werden. In diesem stehen sich seit den 70er Jahren Vertreter, die die Erkenntnisfähigkeit der Naturwissenschaften eher optimistisch einschätzen und solche die naturwissenschaftliche Erkenntnis sozialkonstruktivistisch deuten (und die Erkenntnisfähigkeit entsprechend pessimistisch einschätzen), gegenüber. Beunruhigend ist, dass die im akademischen Diskurs vorgebrachte Kritik an den Naturwissenschaften in verkürzter und radikalierter Form in zahlreichen gesellschaftlichen Kontroversen verwendet wird, um fachlichen Konsens, beispielsweise hinsichtlich des Klimawandels, zu diskreditieren.

Diese Praxis hat mittlerweile dazu geführt, dass neben Wissenschaftlern selbst³ auch einstige Wissenschaftspessimisten begonnen haben, die Naturwissenschaften gegen die pauschalen Angriffe zu verteidigen und eine (zumindest teilweise) Wiederherstellung der »Autorität der Wissenschaft« zu fordern⁴.

In Hinblick auf Schule ergibt sich die Frage, wie naturwissenschaftlicher Unterricht einerseits zu einer kritischen Haltung gegenüber Erkenntnisansprüchen (auch naturwissenschaftlichen) beitragen kann, ohne das Kind mit dem Badewasser auszuschütten und einem naiven Erkenntnis-Relativismus Tür und Tor zu öffnen. Teilhabe in einer offenen, liberalen Gesellschaft und deren Fortbestand hängen maßgeblich davon ab, dass Personen in der Lage und willens sind, in Kontroversen wie den oben genannten die jeweiligen Positionen einordnen zu können, die von verschiedenen Seiten vorgetragene Argumente zu verstehen und grundlegende Rationalitätsstandards zu akzeptieren. Schule ist in vielen Ländern einer der wenigen Orte, an dem Personen mit unterschiedlichen ökonomischen und weltan-

² Bernd-Olaf Küppers, *Nur Wissen kann Wissen beherrschen*, Köln 2008.

³ March for Science e.V., Science March Germany, online abrufbar unter: <http://marchforscience.de/> [letzter Zugriff am 22.11.2017].

⁴ Jop Vrieze, »Bruno Latour, a veteran of the ›science wars‹ has a new mission«, in: *Science* 2017, S. 159.

schaulichen Hintergründen (zwangsläufig) zusammenkommen. Diese Gelegenheit muss genutzt werden. Schule sollte daher der Diskussion gesellschaftlicher Kontroversen mehr Raum geben. Insbesondere scheint das hier diskutierte Thema, Kontroversen über Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaft, von fundamentaler Bedeutung zu sein.

Ich werde in diesem Beitrag der Frage nachgehen, wie dieser Forderung im gegenwärtigen System Schule, genauer der gymnasialen Oberstufe, Rechnung getragen werden könnte. Ich beginne mit einer Bestandsaufnahme zum Stellenwert von Wissenschaftsreflexion in den naturwissenschaftlichen Fächern. Dann illustriere ich die Schwierigkeiten an einem Beispiel: Wie soll im naturwissenschaftlichen Unterricht mit dem Phänomen des Szientismus umgegangen werden? Ich stelle zunächst die einschlägigen naturwissenschaftsdidaktischen Antworten vor und beleuchte das Problem des Szientismus dann aus der Perspektive epistemischer Kompetenz. Epistemische Kompetenz stellt ein erstes Ergebnis einer Zusammenarbeit von Philosophie- und Biologiedidaktik dar.

Ich argumentiere, dass die oben genannten Kontroversen notwendigerweise eine Herangehensweise erfordern, die von einzelnen Fächern nicht geleistet werden kann. Die naturwissenschaftlichen Fächer können die oben skizzierten Herausforderungen nur gemeinsam mit dem Fach Philosophie (und ggf. weiteren Fächern) bewältigen. Ich ende mit Vorschlägen für eine weitere Zusammenarbeit.

5.2 Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht

Wie kann Schule einen Beitrag leisten, Schüler als zukünftige Bürger auf die Teilhabe an den zahlreichen, durch den andauernden Erkenntnisfortschritt der Naturwissenschaften aufgeworfenen Kontroversen vorzubereiten? Zunächst einmal ist zu vermuten, dass dies, zumindest im Fach Biologie gegenwärtig nicht adäquat geschieht, weil eine Reflexion über diese Fragen im Unterricht vermutlich kaum stattfindet.⁵

⁵ Mario Kötter, Marcus Hammann, »Epistemische Kompetenz: Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht«, in: Marcus Hammann, Martin Lindner (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*. Band 8, Innsbruck, Wien, Bozen 2018, S. 69–88.

Im deutschsprachigen Raum wird bereits seit den 50er Jahren (oft unter der Überschrift Wissenschaftspropädeutik) gefordert, nicht nur die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung zu vermitteln, sondern auch die Möglichkeiten und Grenzen der Naturwissenschaften zu diskutieren.⁶ Diese Forderung ist jedoch bis heute unerfüllt, der Biologieunterricht in Deutschland vor allem auf die Vermittlung naturwissenschaftlichen Wissensbestände, technischer Fertigkeiten und prozeduraler Kenntnisse ausgerichtet geblieben. Auch im didaktischen Diskurs⁷ und in der Lehrerbildung⁸ hat das Thema nur untergeordnete Bedeutung. Dies gilt vermutlich bereits für das curricular etablierte Feld der ethisch-praktischen Reflexion von Naturwissenschaft- und Technikfolgen von (Kompetenzbereich Bewertungskompetenz), es gilt aber insbesondere für das bislang nur in Rahmenkonzepten angedeutete Feld der epistemisch-theoretischen Reflexion wissenschaftlicher Erkenntnis (Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung).

Schwierig ist hierbei auch eine Besonderheit des deutschsprachigen Raumes, dass kein Fach »Naturwissenschaften« (im Sinne eines general science course) existiert, und entsprechend auch keine Naturwissenschaftsdidaktik als Bereichsdidaktik, sondern nur die an den Einzelwissenschaften orientierten Schulfächer und ihre jeweiligen Fachdidaktiken. Naturwissenschaftskurse, in denen im angelsächsischen Raum zumindest teilweise auch metafachlich »über Naturwissenschaften« unterrichtet wird, fehlen hierzulande.⁹

Im angelsächsischen Raum sind Konzeptionen eines Unterrichts über die sogenannte Nature of Science, das Kürzel NOS hat sich seit der Jahrtausendwende auch im deutschen Diskurs eingebürgert, hingegen sehr viel verbreiteter. Zumindest das gegenwärtig verbreitetste Konzept, der sogenannte

⁶ Theodor Litt, »Naturwissenschaft und Menschenbildung«, in: *Physikalische Blätter* 8, 1952, S. 481–492.; Otto Brüggemann, *Naturwissenschaften und Bildung*, Heidelberg 1967; Elisabeth von Falkenhausen, *Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe*, Köln 1985.

⁷ Kötter, Hammann, *Epistemische Kompetenz*, a.a.O (s. Anm.5).

⁸ Arne Dittmer, »Wenn die Frage nach dem Wesen des Faches nicht zum Wesen des Faches gehört.«, in: *ZISU* 2012, S. 146–160.

⁹ Peter Labudde, »Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten«, *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 20, 2014, S. 11–19.

NOS-Consensus-View¹⁰, leidet jedoch darunter, dass es in Bezug auf die oben angedeuteten Kontroverse um die Reichweite der Naturwissenschaften nicht neutral ist, sondern wissenschaftskritische (insbesondere sozialkonstruktivistische und antirealistische) Positionen als Lehrmeinung überhöht. Diese Positionierung ist jedoch unangemessen, weil hierdurch der unausweichlich kontroverse Charakter naturwissenschaftsreflexiver Kontroversen eliminiert wird.¹¹

Der Konsensus-View ist in Deutschland zwar vereinzelt rezipiert worden, das Konzept hat jedoch insgesamt, beispielsweise auf curricularer Ebene, wenig Wirkung gehabt. Es lässt sich zusammenfassend festhalten, dass Unterricht über Naturwissenschaft in Deutschland gegenwärtig weitgehend marginalisiert ist. Sofern, beispielsweise in fachdidaktischen Beiträgen, die reflexive Perspektive auf das Fach eingenommen wird, dominiert jedoch eine eher wissenschaftskritische, auf die Limitierungen naturwissenschaftlicher Aussagemöglichkeiten fokussierte Sicht. Ich möchte dies am Beispiel des Umgangs mit sogenanntem Szientismus verdeutlichen.

5.3 Szientismus im naturwissenschaftlichen Unterricht

Eine umfassende Darstellung des philosophischen Fachdiskurses um Szientismus ist in diesem Rahmen selbstverständlich nicht möglich. Ich gebe nur einen kurzen Überblick über die Schwierigkeiten des Begriffs und umreiße anschließend die gegenwärtige naturwissenschaftsdidaktische Position zu der Thematik. Abschließend skizziere ich, wie Szientismus aus der Perspektive epistemischer Kompetenz im Unterricht zu behandeln wäre.

5.3.1 Szientismus aus fachlicher Sicht

Der Historiker Peter Schöttler beginnt einen Artikel zum Szientismus mit den Worten »Kaum ein Begriff dürfte heute eindeutiger negativ konnotiert sein als der des Szientismus, und zwar weltweit und in allen Sprachen

¹⁰ Kostas Kampourakis, »The ›general aspects‹ conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science«, in: *Journal of Research in Science Teaching* 2016, S. 1-16.

¹¹ Mario Kötter, Marcus Hammann, »Controversy as a blind spot in teaching NOS«, in: *Science & Education* 26 2017, S. 451–482.

[...]«¹². Problematisch hieran sei, so Schöttler, dass meistens unklar bliebe, was mit Szientismus überhaupt gemeint sei und wer eine solche Position überhaupt verträte. Er stellt verwundert fest, dass »[...] das Spektrum der Anti-Szientisten von den konservativsten Theologen bis zu den progressivsten Kulturwissenschaftlern und von ganz Rechts bis ganz Links« zu reichen scheint, während auf der anderen Seite »[...] sich so gut wie niemand selbst als Szientist bezeichnet«.¹³ Vor diesem Hintergrund kommt Schöttler zu dem Schluss:

»Kurzum, mit dem Begriff Szientismus und einer Reihe von begleitenden Reizwörtern wie Positivismus, Naturalismus oder Objektivismus wurde und wird, ohne dass in der Regel eine genaue Spezifizierung erfolgt und meist auch ohne dass Autoren genannt werden, ein Szenario an die Wand geworfen, das jeden aufrechten, kritischen Intellektuellen erschauern lässt und zu einer geradezu reflexhaften Abwehr veranlasst: Das will ich auf keinen Fall!«¹⁴

Wird hier also eine Chimäre attackiert, ist der Begriff letztlich inhaltlos, nur ein rhetorisches Mittel zur Denunziation des Diskussionsgegners? Schöttler kommt im Laufe seiner Untersuchung zu dem Schluss, dass es »echte« Szientisten tatsächlich gegeben hat und auch heute noch gibt, dass sich »hinter demselben Wort [aber] sehr unterschiedliche Profile verbergen können«. Diese Einschätzung wird durch eine Systematik des Szientismus gestützt, die der Theologe Mikael Stenmark vorgeschlagen hat: Stenmark trennt zunächst zwischen Szientismus innerhalb des Wissenschaftsbetriebs und wissenschaftsexternen Szientismus, unterscheidet letzteren unter anderem in epistemischer, ontologischer und normativer Hinsicht und definiert teilweise, beispielsweise nach der Reichweite, noch mehrere Unterarten, wodurch sich zahlreiche sehr unterschiedliche Formen von Szientismus ergeben.¹⁵ Schöttler zieht aus seinen Überlegungen den Schluss, dass Szientismus jeweils historisch-konkret zu rekonstruieren sei, um sich von den Vorurteilen zu befreien, die das Wort Szientismus heute umgeben.¹⁶

¹² Peter Schöttler, »Szientismus. Zur Geschichte eines schwierigen Begriffs«, in: *NTM* 20 2012, S. 245–269.

¹³ Ebd., S. 248.

¹⁴ Ebd., S. 247.

¹⁵ Mikael Stenmark, »What is Scientism?«, *Religious Studies* 33, 1997, S. 15–32.

¹⁶ Schöttler, »Szientismus«, a.a.O. (s. Anm. 12), S. 259.

Es bleibt daher zunächst festzuhalten, dass der Begriff im öffentlichen Diskurs und im Alltagsgebrauch meist unscharf und dabei oft negativ, teilweise auch missbräuchlich verwendet wird, ein Aspekt, der auch im Unterricht berücksichtigt werden muss.

Szientismus als ernsthafte Position wurde vor allem gegen Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts von einigen Autoren, beispielsweise Félix le Dantec in Frankreich vertreten, der ab 1899 zahlreiche programmatische Schriften verfasste und sich selbst einen Szientisten nannte. Im deutschsprachigen Raum bezeichnete sich beispielsweise der Physiker Marcel Boll so, der Mitglied des Wiener Kreises war.

In der Zeit seit dem zweiten Weltkrieg haben vergleichsweise wenige Autoren Szientismus zur Selbstbezeichnung verwendet. Eine Ausnahme ist beispielsweise Mario Bunge, der Szientismus als »Forschungsstrategie« bezeichnet, die sich so zusammenfassen ließe, dass alles »Erkennbare« am besten mit naturwissenschaftlichen Methoden untersucht werden könne. Hierzu zählt Bunge, und das macht wohl das spezifisch szientistische seiner Sicht aus, auch spezifisch menschliche Aspekte wie Geist, Gesellschaft und Moralität.¹⁷ Auch in Deutschland wurden und werden elaborierte wissenschaftsoptimistische Positionen vertreten, beispielsweise von Bernd-Olaf Küppers, der angibt, als Folge der fortwährenden Kritik am Szientismus sei in weiten Teilen der Gesellschaft eine generelle Abwertung des wissenschaftlich-analytischen Denkens zu beobachten¹⁸

In den vergangenen Jahren scheint das Thema Szientismus sowohl in der Akademie als auch der breiteren Öffentlichkeit an Popularität gewonnen zu haben. Aktuell sind beispielsweise zwei Sammelbände erschienen, in denen sowohl Befürworter als auch Kritiker zu Wort kommen.¹⁹ In der Öffentlichkeit ist die Kontroverse über Szientismus insbesondere durch die Popularität des sogenannten »neuen Atheismus«, wie er von Autoren wie Richard Dawkins, Daniel Dennett, Sam Harris oder Victor Stenger vertreten wird, stärker ins Bewusstsein gerückt.

¹⁷ Mario Bunge, »Knowledge. Genuine and Bogus«, in: *Science & Education* 20, 2011, S. 411–438.

¹⁸ Küppers, *Nur Wissen kann Wissen beherrschen*, a.a.O. (s. Anm. 2), S. 500 f.

¹⁹ Jeroen de Ridder, Rik Peels, Rene van Woudenberg (Hrsg.), *Scientism*. Oxford 2018.; Maarten Boudry, Massimo Pigliucci (Hrsg.), *Science unlimited?*, Chicago 2017.

Es ist offensichtlich, dass es *den* Szientismus nicht gibt. Wie auch immer man selbst dem Szientismus gegenüber steht - dieser ist i) ein komplexes Phänomen, wird ii) zumindest in bestimmten Varianten auch von respektablen Autoren im akademischen Diskurs vertreten, allerdings iii) und es bestehen scheinbar auch starke Vorbehalte gegenüber dieser Position. Es handelt sich demnach um eine kritisierbare und kritikwürdige, jedoch nicht notwendigerweise naive Überzeugung. Diese Bandbreite müsste jedenfalls entsprechend auch im Unterricht berücksichtigt werden.

5.3.2 Szientismus aus naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive

Wie in Abschnitt 5.2.1 angedeutet, spielt Reflexion über Wissenschaft und entsprechend auch ihrer Reichweite und Grenzen in der deutschsprachigen Naturwissenschaftsdidaktik nur eine untergeordnete Rolle. Entsprechend sind auch Beiträge zum Thema Szientismus im naturwissenschaftlichen Unterricht eher selten. Neben wenigen empirischen Untersuchungen zum Ausmaß szientistischer Überzeugungen bei Schülerinnen und Schülern²⁰ gibt es einzelne Theoriebeiträge²¹.

Ein zentrales Argument für eine Behandlung des Themas ist, dass Schülerinnen und Schülern Szientismus für eine Voraussetzung der Naturwissenschaften halten. Dies führt, so Stefan Korte²², dazu, dass Personen, deren eigene Weltanschauungen nicht mit dem vermuteten Szientismus der Naturwissenschaften kompatibel sind, naturwissenschaftlichen Unterricht ablehnen. Unterricht sollte daher darauf abzielen, Schülerinnen und Schülern die Begrenztheit der Naturwissenschaften vor Augen zu führen, damit diese begreifen, dass verschiedene, auch nichtszientistische Überzeugungen mit

²⁰ Stefan Korte, *Die Grenzen der Naturwissenschaft als Thema des Physikunterrichts*, Osnabrück 2015; Christiane Konnemann, Roman Asshoff, Marcus Hammann, »Insights Into the Diversity of Attitudes Concerning Evolution and Creation«, in: *Science Education* 100, 2016, S. 673–705.

²¹ Marcus Hammann, Christiane Konnemann, Roman Asshoff, »Wissen über Grenzen der Naturwissenschaften (am Beispiel Szientismus) und Bildung durch Biologieunterricht«, in: Jürgen Menthe, Dietmar Höttecke, Thomas Zabka (Hrsg.), *Befähigung zur gesellschaftlichen Teilhabe; Beiträge der fachdidaktischen Forschung*, Münster 2016, S. 261-272; Albert Zeyer, »Szientismus im naturwissenschaftlichen Unterricht?«, *ZfDN*, 11, 2005, S. 193-206.

²² Korte, *Die Grenzen der Naturwissenschaft als Thema des Physikunterrichts*, a.a.O. (s. Anm. 20), S. 76-78.

Naturwissenschaft vereinbar sind und sie so ihre Hemmungen vor den naturwissenschaftlichen Fächern verlieren.

Theoretisch begründet wird die Auseinandersetzung mit dem Szientismus außerdem damit, dass dieser Personen die Teilhabe an der Gesellschaft erschwere. Hammann et al.²³ argumentieren, dass szientistische Einstellungen Personen bei der Wahrnehmung ihrer Rolle als mündige Bürger in einer naturwissenschaftlich geprägten Welt« behindern würden, weil Gefahr bestünde, dass naturwissenschaftliche Behauptungen unkritisch akzeptiert würden. Wissen über die Grenzen der Naturwissenschaften sei außerdem nützlich, um »ungerechtfertigte Ansprüche auf die intrinsische Überlegenheit und allumfassende Erklärungskraft naturwissenschaftlicher Erkenntnis« zurückweisen zu können.

Albert Zeyer²⁴ sieht die Gefahr, dass Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht im Sinne des Szientismus ideologisch überwältigt würden und fordert, »naturwissenschaftlichen Unterricht zu betreiben, ohne deshalb undeklariert auf eine umfassende Theorie der Naturwissenschaften im Sinne des Szientismus zu rekurrieren«. Beispielsweise rekurriert seiner Ansicht nach eine Aussage der Art »Embryonen sind im Frühstadium ihrer Entwicklung nicht schmerzempfindlich« bereits auf eine umfassende (in diesem Fall materialistische) Leib-Seele-Theorie, innerhalb derer Schmerzempfinden ausschließlich als neuronales Phänomen gedeutet wird. Würde diese Verbindung nicht deutlich gemacht müsse das, so Zeyer, als Szientismus bezeichnet werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass aus naturwissenschafts-didaktischer Sicht Unterricht über Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaften als Aufklärung über die Begrenztheit der Naturwissenschaft und als Kritik des Szientismus interpretiert wird. Hierbei wird Szientismus in der in Abschnitt 5.3.1 skizzierten Weise als Synonym für naive Wissenschaftsgläubigkeit verwendet.

²³ Hammann, Konnemann, Asshoff, »Wissen über Grenzen der Naturwissenschaften (am Beispiel Szientismus) und Bildung durch Biologieunterricht«, a.a.O. (s. Anm. 21), S. 266.

²⁴ Zeyer, »Szientismus im naturwissenschaftlichen Unterricht?«, a.a.O. (s. Anm. 21), S. 223.

Den zitierten Ansätzen ist zunächst einmal selbstverständlich darin zuzustimmen, dass naive Wissenschaftsgläubigkeit problematisch ist und auch so behandelt werden sollte. Die bestehenden Ansätze sind allerdings unklar, insofern nicht zwischen naivem Szientismus im Sinne einer Schülervorstellung und elaborierten Varianten unterschieden wird. Zudem ist klar, dass nicht jede nicht- bzw. antiszientistische Überzeugung automatisch wünschenswert ist und dass beispielsweise Glaube an Übernatürliches, Fideismus, Irrationalität, Relativismus und Wissenschaftsfeindlichkeit ebenfalls problematisch sind. In diesem Zusammenhang ist zu fragen, welche Wirkungen ein Unterricht haben könnte, in dem Szientismus einseitig als naive Vorstellung kritisiert wird. Ich mache im Folgenden einen Vorschlag, wie die aufgeworfenen Probleme zu vermeiden wären. Hierzu diskutiere ich das Problem des Szientismus kursorisch aus der Perspektive epistemischer Kompetenz.

5.3.3 Szientismus aus der Perspektive epistemischer Kompetenz

Epistemische Kompetenz wurde definiert als »Fähigkeit und Bereitschaft, über Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnissuche sowie den gesellschaftlichen Status der Naturwissenschaften zu reflektieren und naturwissenschaftliche Erkenntnisse, Methoden und Geltungsansprüche kritisch, auch in Hinblick auf andere Formen von Erkenntnis, zu prüfen«. ²⁵ Voraussetzung für diese Fähigkeit ist entsprechendes Wissen, sowie bestimmte Haltungen und Fertigkeiten.

Zunächst setzt eine kompetente Auseinandersetzung mit dem Szientismus voraus, dass Personen überhaupt die Bereitschaft haben sich, auch im Rahmen von naturwissenschaftlichem Unterricht, mit wissenschaftsreflexiven Fragen und Problemen auseinanderzusetzen. Hierzu ist es notwendig, dass Personen die Bedeutung dieser Kontroverse bewusst wird, indem relevante, lebensweltliche Konflikte aufgezeigt werden, in denen entweder (naive oder elaborierte) szientistische Positionen tatsächlich vertreten werden oder in denen der Szientismusvorwurf als rhetorisches Kampfmittel verwendet wird. Beispiele sind der Streit um den New Atheism, alternative

²⁵ Bettina Bussmann, Mario Kötter, »Between Scientism and Relativism: Epistemic Competence as an Important Aim in Science and Philosophy Education«, in: *RISTAL* 1, 2018, S. 82–101.

Praktiken in der Medizin, die Deutungshoheit im Streit um Gender/Sex oder ähnliche.

Weiterhin benötigen Personen ein erkenntnis- und wissenschaftstheoretisches Basiswissen hinsichtlich der grundlegenden Begriffe, Fragen, Kontroversen und Positionen in den wissenschaftsreflexiven Disziplinen, Wissenschaftsphilosophie, -soziologie und -geschichte. Bezogen auf das hier diskutierte Problem des Szientismus bedeutet das, Personen sollten sich der grundlegende Kontroverse über Reichweite und Grenzen naturwissenschaftlichen Erkennens bewusst sein und die darin vertretenen Positionen sowie deren zentrale Argumente kennen, also nicht nur ablehnende Sichtweisen, sondern exemplarisch auch die Argumentation von Verteidigern des Szientismus wie etwa Mario Bunge. In diesem Zusammenhang versteht es sich von selbst, dass die jeweilige Position angemessen und differenziert darzustellen ist. Dazu gehört auch, dass die Bedeutung und Verwendung des Begriffs Szientismus bzw. Szientist zu reflektieren ist, konkret also den üblicherweise abwertenden Beiklang und die damit verbundene Verwendung als rhetorisches Kampfmittel in den Blick zu nehmen.

Zudem benötigen Personen in derartigen Kontexten verschiedene Fähigkeiten. Beispielsweise existiert in weltanschaulichen Diskursen, anders als dies in Bezug auf naturwissenschaftliche Sachfragen der Fall ist, in der Regel keine korrekte Lösung oder auch nur eine Lehrmeinung. Personen müssen daher, und das wird von Lehrenden der naturwissenschaftlichen Fächer oft als Zumutung empfunden, in der Lage sein, Uneindeutigkeiten und Widersprüche auszuhalten. Auch in Bezug auf den Szientismus wird man vermutlich zu dem Ergebnis kommen, dass es gute Argumente für und gegen diese Position gibt, dass manche Formen von Szientismus untragbar sind, während andere womöglich verteidigt werden können und dass es letztlich darauf ankommt, eine vorläufige eigene Überzeugung begründen zu können.

Damit hängt zusammen, dass Personen die Fähigkeit und Bereitschaft zu kritischem Denken entwickeln müssen: Eigene und fremde Ansichten und Argumente sind nicht nur kritisch zu überprüfen, sondern das Ergebnis dieser Überprüfung sollte, auch in Hinblick auf die eigenen Ansichten, möglichst akzeptiert werden (auch wenn das in der Praxis sicher eine Überforderung ist). Das impliziert auch die Bereitschaft, schlechte Argumente und unbegründete Ansichten zurückzuweisen, statt diese im Sinne falsch ver-

standener »Toleranz« hinzunehmen. Einerseits ist also naive Wissenschaftsgläubigkeit zu hinterfragen und zu kritisieren, sie darf nur toleriert aber nicht akzeptiert werden. Das Gleiche gilt jedoch andererseits auch für andere Ansichten, die in den relevanten Kontexten, in denen Szientismus eine Rolle spielt, vertreten werden: Dass Überzeugungen mit Szientismus inkompatibel und manche Formen von Szientismus unplausibel sind, bedeutet ja nicht, dass damit diese Überzeugungen automatisch plausibel würden. Beispielsweise müsste im Kontext Naturwissenschaft und Religion deutlich gemacht werden, dass aus möglichen Fehlern eines szientistischen New Atheism nichts für die Rationalität religiöser Vorstellungen folgt: Die (meiner Ansicht nach) korrekte Aussage » Naturwissenschaft kann die Existenz Gottes nicht widerlegen« rechtfertigt natürlich nicht die Schlussfolgerung »Also existiert Gott«.

Das skizzierte Vorgehen ist mit den biologische- und physikdidaktischen Ansätzen grundsätzlich kompatibel, erweitert sie jedoch. Tatsächlich ist es ja nicht der Szientismus als philosophische Position, sondern ein unkritischer, unreflektierter, kurz naiver Szientismus, wie er bei Schülerinnen und Schülern auch tatsächlich zu erwarten ist, der von den Autoren aufgegriffen und problematisiert wird. Um es noch einmal zu betonen: Naive Wissenschaftsgläubigkeit ist ein Problem und sollte im naturwissenschaftlichen Unterricht auch so behandelt werden! Dabei dürfen allerdings andere Probleme wie Anti-Intellektualismus, Relativismus und Wissenschaftsfeindlichkeit nicht übersehen werden. Abschließend möchte ich daher zwei Vorschläge zum Umgang mit dem Phänomen Szientismus im naturwissenschaftlichen Unterricht machen:

Erstens sollte der Begriff Szientismus als Zuschreibung für die Haltung von Schülerinnen und Schülern vermieden werden. Ich habe, in Anlehnung an Peter Schöttler, vorgeschlagen, stattdessen von Wissenschaftsoptimismus und -pessimismus zu sprechen.²⁶ Optimismus kann im Wesentlichen so charakterisiert werden, dass die Naturwissenschaften, bei allen unvermeidbaren Problemen, für die gesellschaftliche Institution gehalten werden, in der erfolgreiche und rationale epistemische Normen am weitesten etabliert

²⁶ Kötter, Hammann, »Controversy as a blind spot in teaching NOS«, a.a.O. (s. Anm. 11), S. 472–475.

sind. Daher liegen gute Gründe vor, ihren Erkenntnisansprüchen provisorisch Glauben oder zumindest Gehör zu schenken. Umgekehrt nenne ich eine Haltung Wissenschaftspessimismus, die durch die gegenteilige Überzeugung bestimmt ist, dass also die Naturwissenschaften eine gesellschaftliche Institution wie jede andere und ihre angeblichen Erkenntnisse soziale Konstruktionen sind, die vor allem die jeweiligen Machtkonstellationen widerspiegeln und denen wir daher nicht nur misstrauen, sondern die wir gegebenenfalls aktiv bekämpfen sollten.

Zweitens wird aus der Perspektive epistemischer Kompetenz der kontroverse Charakter des Szientismus in den Mittelpunkt gestellt. Es kann im Unterricht, sofern dieser liberalen Bildungsidealen und dem Prinzip der Ideologievermeidung verpflichtet bleiben will, grundsätzlich nicht um die Vermittlung weltanschaulicher Positionen gehen. Das Ziel muss stattdessen die Wahrnehmung und kritische Überprüfung eigener und fremder Standpunkte sein, um auf diesem Weg zu einer reflektierten und begründeten eigenen Position zu gelangen. Daher können Wissenschaftsoptimismus und -pessimismus selbst nicht das Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts sein. Stattdessen muss der Versuch unternommen werden, Schülerinnen und Schülern zu einer reflektierten bzw. kritischen Position gelangen zu lassen, sei diese nun wissenschaftsoptimistisch oder -pessimistisch. Diese Auffassung entspricht dem Prinzip der Kontroversität, welches für den Philosophieunterricht leitend ist.²⁷

Das Problem eines angemessenen Umgangs mit dem Szientismus macht die Notwendigkeit einer transdisziplinären Bearbeitung auf Ebene der beteiligten Fachdidaktiken und fächerverbindenden Unterrichts auf Schulebene deutlich. Aus Sicht der naturwissenschaftlichen Fächer ist eine Zusammenarbeit insbesondere mit der Philosophiedidaktik und dem Philosophieunterricht erforderlich, wenn komplexe gesellschaftliche Kontroversen über Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaften angemessen behandelt werden sollen. Dies trifft nicht nur für das erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Wissen selbst zu, bei dem in der Naturwissenschaftsdidaktik oft nicht die erforderliche Expertise vorhanden ist, sondern vor allem auch

²⁷ Bettina Bussmann, Volker Hasse, »Was heißt es, Indoktrination zu vermeiden?«, in: *ZfDPE* 38 2016, S. 87–99; Markus Tiedemann (Initiator), »Dresdner Konsens für den Philosophie- und Ethikunterricht«, in: *ZfDPE* 38, 2016, S. 106.

für die Frage nach angemessenen Unterrichtsprinzipien wie Kontroversität, die in den geistes- und gesellschaftswissenschaftlichen Fächern selbstverständlich sind, für in den Naturwissenschaften sozialisierte Personen jedoch oft eine große Herausforderung darstellen.

5.4 Transdisziplinarität: Ein Ausblick

Begriffe wie Inter- und Transdisziplinarität sind notorisch unscharf. Zudem gab und gibt es in Hinblick auf Transdisziplinarität den Vorwurf, dass der Terminus nicht nur uneinheitlich definiert, sondern letztlich ein redundantes Modewort sei, auf das besser verzichtet würde. Ich will mich an diesem Streit nicht beteiligen und spreche von Transdisziplinarität erstens, um zu betonen, dass hier Probleme im Mittelpunkt stehen die fachlich voraussichtlich nicht lösbar sind. Eine simultane Bearbeitung in verschiedenen Fächern ist daher nicht hinreichend. Und zweitens verstehe ich Transdisziplinarität so, dass die fachspezifischen Vorannahmen, methodologischen Grundlagen und Traditionen selbst Gegenstand kritischer Reflexion sind.

Transdisziplinarität, im universitären Bereich mittlerweile etabliert, stößt in der Schule jedoch auf verschiedene curriculare und schulorganisatorische Probleme.²⁸ Die US-amerikanische Ethikerin und Bildungsphilosophin Mel Noddings hat unlängst gefordert, den Fächerkanon der High-School um eine Veranstaltung zu erweitern in der, losgelöst von festen inhaltlichen Vorgaben, drängende lebensweltliche Diskurse (beispielsweise Religion, Rassismus, Geschlechtergleichheit, etc.) erörtert werden können.²⁹ Die Auflösung der Fachgrenzen sei notwendig, so Noddings, weil Disziplinarität mit ihrem Rückzug auf die Vermittlung von Inhalten die eigentlich bedeutsamen Kontroversen eliminiere. So wünschenswert ein Fach „Gegenwartsprobleme“ im Prinzip auch sein mag – eine entsprechende Erweiterung des Kanons der gymnasialen Oberstufe in Deutschland erscheint auf absehbare Zeit aus politischen und institutionellen Gründen nicht umsetzbar. Es stellt sich daher die Frage, wie gesellschaftliche Kontroversen, vor allem solche mit einer naturwissenschaftlichen Dimension, unter den

²⁸ Jürgen Mittelstraß, »Transdisziplinäre Herausforderungen begreifen«, in: Klaus Moegling, Catrin Siedenbiedel (Hrsg.), *Ich würde die Hausaufgaben abschaffen ebenso wie das Sitzenbleiben*, Immenhausen 2017, S. 129–133.

²⁹ Nel Noddings, Laurie Brooks, *Teaching controversial issues*, New York, London 2017.

Bedingungen des gegenwärtigen Oberstufenkanons transdisziplinär behandelt werden könnten. Naheliegender wäre eine konzeptionelle Neuausrichtung der naturwissenschaftlichen Grundkurse. In Deutschland ist seit langem die Einrichtung obligatorischer allgemeinbildender Grundkurse »Naturwissenschaft« gefordert worden.³⁰

Dass in anderen Ländern solche Kurse selbstverständlich Bestandteil der Oberstufe sind, soll kurz an einem Beispiel gezeigt werden: Perspectives on science (POS), wurde in England als »AS-level«³¹ Lehrgang mit den Modulen Geschichte, Philosophie und Ethik der Naturwissenschaften entworfen und evaluiert.³² POS vermittelt kaum naturwissenschaftliche Inhalte. Stattdessen werden Erkenntnisansprüche und Folgen der Naturwissenschaften an verschiedenen Fallstudien diskutiert. Der Kurs zielt primär auf die Entwicklung von Fähigkeiten in den Bereichen Forschung, Kommunikation, Argumentation und Präsentation und beinhaltet die Durchführung eines eigenen Projektes, welches schriftlich ausgewertet und mündlich präsentiert werden muss. Damit scheint im Wesentlichen umrissen, welches Format transdisziplinärer Unterricht über Naturwissenschaft haben könnte. Vor dem Hintergrund, dass die Forderung nach einer Neukonzeption der Grundkurse seit Jahrzehnten ignoriert wird, scheint aber auch dieser Vorschlag im Moment illusorisch.

Realistischer wäre es möglicherweise, den Anteil wissenschaftsreflexiver Elemente im naturwissenschaftlichen Unterricht zu erhöhen und bei der Konzeption dieser Elemente eine transdisziplinäre Perspektive einzunehmen. Epistemische Kompetenz ist ein erster Vorschlag hierzu. Aber auch hier ist mehr als unklar, ob es vor dem Hintergrund der jetzt schon überbordenden Stofffülle gelingt, der reflexiven Perspektive mehr Bedeutung zu verschaffen. Ein erster Schritt wäre hier die angemessene Berücksichtigung in Curricula und Abiturprüfungen. Es ist klar, dass dies ohne Abstriche in Bezug auf die zu vermittelnden Fachinhalte nicht gehen wird. Wenn man bedenkt, dass in der Naturwissenschaftsdidaktik wie auch anderswo seit

³⁰ Stefan Hahn, »Wissenschaftspropädeutik in der gymnasialen Oberstufe«, in: Dorit Bosse, Franz Eberle, Barbara Schneider-Taylor (Hrsg.), *Standardisierung in der gymnasialen Oberstufe*, Wiesbaden 2013, S. 161–174; Karl Peter Ohly, Gottfried Strobl (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung*, Weinheim 2008.

³¹ Erster Teil für ein »A-level«, Voraussetzung für den Zugang zu Universität.

³² Elizabeth Swinbank, John Taylor, *Perspectives on science*, Harlow 2008.

vielen Jahren ohne Erfolg eine Reduktion der Inhalte propagiert wird, kann man auch hier skeptisch sein. Hinzu kommt die Herausforderung, Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer für diese Aufgabe aus- und fortzubilden und insbesondere ein komplexeres Verständnis für die Kulturkämpfe um Naturwissenschaft zu entwickeln, als dies bislang der Fall ist. Möglicherweise wäre es sinnvoll, wissenschaftsreflexive Kontroversen explizit in der Lehrerausbildung zu nutzen, wie beispielsweise Karen Sullenger vorgeschlagen hat.³³

Ich möchte mit der Aufforderung an Philosophen, Historiker, Soziologen und andere schließen, sich stärker als bisher am Diskurs in der Naturwissenschaftsdidaktik zu beteiligen. Internationale Organisationen wie die International History, Philosophy, and Science Teaching Group (IHPST) verfolgen seit vielen Jahren das Ziel, Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht zu implementieren, und ihre Arbeit bekommt auch immer mehr Aufmerksamkeit.³⁴ Voraussetzung ist, dass die wissenschaftsreflexive Perspektive sichtbar gemacht wird, beispielsweise durch Beiträge auf Tagungen oder Zeitschriftenartikel. Im deutschsprachigen Raum gibt es keine Zeitschriften wie *Science & Education* oder *Perspectives on Science*, die auf das Thema Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht ausgerichtet sind und in den existierenden Journalen, vor allem *MNU-Journal* und *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, findet das Thema zu wenig Berücksichtigung. Hier sind Experten aus den wissenschaftsreflexiven Disziplinen gefragt, ihren Beitrag bei der Weiterentwicklung der naturwissenschaftlichen Fächer zu leisten. Dies gilt insbesondere auch für bildungstheoretische Fragen nach der Berechtigung und den Zielen dieser Fächer, denen in den letzten Jahren nur wenig Aufmerksamkeit gewidmet wurde.

³³ Sullenger, Karen et al, »Culture Wars in the Classroom: Prospective Teachers Question Science«, in: *JRST* 37, 2000, S. 895–915.

³⁴ Kostas Kampourakis, »What Is the Impact of the Impact Factor?«, in: *Science & Education* 2018, S. 405 f.

6 Epistemische Kompetenz – Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Kötter, M., & Hammann, M. (2019). Epistemische Kompetenz – Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: 27. Jahrestagung der DGGTB, Jena 2018 / N.N. (Hrsg.). – Berlin : Verlag für Wissenschaft und Bildung, 20XX.- S. XXX-XXX (Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie - Biologie und Bildung ; 22), ISBN: 978-3-86135-xxx-x (Publikation befindet sich im Druck, Beitrag wurde dort leicht verändert.)

Zusammenfassung: Prüfungsaufgaben im Bereich Wissenschaftsreflexion stellen bislang ein Desiderat dar. In diesem Beitrag unterbreiten wir Vorschläge, wie derartige Aufgaben grundsätzlich konzipiert werden können und diskutieren die Schwierigkeiten der Evaluation epistemischer Kompetenz am Beispiel der Auseinandersetzung mit dem Kreationismus.

Summary: Assessment items for testing students' abilities of reflecting science are largely missing. We make suggestions about the principles of item construction and discuss the difficulties of evaluating epistemic competence using the context of creationism.

6.1 Bedeutung und Stellenwert von Wissenschaftsreflexion

„Die Deutsche Gesellschaft für Geschichte und Theorie der Biologie [...] verfolgt seit ihrer Gründung im Jahr 1991 das Ziel, die Erforschung und Vermittlung der Geschichte und Theorie der Biologie zu fördern.“ (DGGTB 2018) Dieses Ziel deckt sich mit internationalen Konzeptionen naturwissenschaftlicher Bildung: Eine kritisch-reflexive Beschäftigung mit Geschichte und Theorie der Biologie (bzw. allgemein der Naturwissenschaft) gilt hier als notwendige Voraussetzung dafür, dass Biologieunterricht (bzw. allgemein naturwissenschaftlichen Unterricht) einen Beitrag zur Allgemeinbildung leisten kann.¹ In allen derzeit in Deutschland gültigen Bildungs- und Lehrplänen wird der Beitrag des Faches Biologie zur Allgemeinbildung betont.²

¹ Siehe beispielsweise Driver et al. (1996), Matthews (2015).

² Untersuchung der Lehrpläne Biologie und Physik in den 16 Bundesländern (Stichtag 31.01.2018). Unveröffentlicht.

Konkret werden in diesem Zusammenhang Befähigung zur gesellschaftlichen Teilhabe einerseits und Lebensbewältigung in einer naturwissenschaftlich-technisch geprägten Gegenwart andererseits als Ziele genannt.

Eine kritisch-reflexive Beschäftigung mit Geschichte und Theorie der Biologie (bzw. der Naturwissenschaften) kann somit als Voraussetzung dafür gelten, dass die in den gegenwärtig gültigen Standarddokumenten genannten Ziele der naturwissenschaftlichen Fächer und insbesondere auch des Faches Biologie erreicht werden können. Demgegenüber ist die kritisch-reflexive Beschäftigung mit Geschichte und Theorie der Biologie, obwohl seit langem gefordert, bislang sowohl in der universitären Ausbildung von Biologielehrerinnen und Biologielehrern als auch im Biologieunterricht ein Randbereich geblieben. Gründe für diese Diskrepanz können auf drei Ebenen vermutet werden:

Erstens existieren Hinweise darauf, dass die universitär erfahrene Fachsozialisation dazu führt, dass sich angehende Biologielehrerinnen und Biologielehrer primär als Biologinnen und Biologen bzw. Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler wahrnehmen und aus dieser Position heraus Geschichte und Theorie der Biologie tendenziell als fachfremd ablehnen (Dittmer 2012).

Zweitens werden fachdidaktische Rahmenkonzeptionen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung auf Lehrplanebene weitgehend auf die Ebenen Beherrschen von Arbeitstechniken und Durchführen von Untersuchungen reduziert und die epistemisch-theoretische Ebene der Erkenntnisgewinnung weitgehend eliminiert (Kötter und Hammann 2018).

Drittens spielt Reflexion von Wissenschaft und ihren Folgen auf Ebene der Abiturprüfungen gegenwärtig praktisch keine Rolle (Kötter und Hammann 2018). Elisabeth von Falkenhausen hat bereits in den 80er Jahren Curricula, Abituraufgaben und Lehrbücher im Fach Biologie untersucht und kommt zu dem Urteil:

„In den allgemeinen Lernzielen des curricularen Lehrplanes für das Fach Biologie in der Kollegstufe lassen sich viele Elemente wissenschaftspropädeutischen Unterrichts nachweisen. Die detaillierten Lehrpläne der einzelnen Kurse übernehmen aus diesen Lernzielen jedoch nur die auf Methodenkenntnis hin ausgerichteten Anteile, und nur diese Anteile finden sich in den Abituraufgaben wieder. [...] Dem Biologieunterricht Bayerns fehlen Reflexionen wissenschaftlichen Vorgehens, Reflexionen zu Bedeutung und Grenzen von Gesetzen und Theorien, also gerade der Elemente naturwissenschaftlichen Unterrichts, die zum Verständnis

unserer von Ergebnissen der Naturwissenschaften und Technik durchsetzen, bereicherten und gestörten Welt helfen könnten“ (von Falkenhausen 1985, S. 66).

Es ist in diesem Zusammenhang bemerkenswert, dass Wissenschaftsreflexion auch in der internationalen Vergleichsstudie PISA nur untergeordnete Bedeutung hat. Zwar ist die epistemisch-theoretische Perspektive in den verschiedenen PISA-Rahmenkonzeptionen zu *scientific literacy* sukzessive stärker betont worden und PISA hat als erste internationale Vergleichsstudie im Jahr 2015 Aufgaben zur Testung von *epistemic knowledge* überhaupt verwendet (OECD 2013). Allerdings wird diese Wissenskomponente nur in 14% der eingesetzten Items benötigt, verglichen mit 53% Inhaltswissen und 26% prozeduralem Wissen (Schiepe-Tiska et al. 2016).

Warum es überhaupt so wichtig ist, dass Wissenschaftsreflexion in Abschlussprüfungen eingefordert wird, erläutert der US-amerikanische Naturwissenschaftsdidaktiker Douglas Allchin:

"[...] [A]pproaches for NOS education [...] face yet one more formidable problem, reported almost universally by practicing K-12 teachers: the institutional demands of testing (and thus "teaching to the test"), coupled with insufficient time. That is, while the formal curricula may promote NOS as a goal, the tests do not genuinely reflect this. [...] The grand rhetoric of the curricular standards remains just rhetoric. That is, teachers recognize the merits of NOS lessons oriented to scientific literacy, but institutional contexts generally eclipse their realization in the classroom. Without systems for concretely valuing and crediting these lessons, they will not take root" (Allchin 2014, S. 1924).

Allchin folgert, dass Lehrerinnen und Lehrern der naturwissenschaftlichen Fächer Methoden an die Hand gegeben werden müssten, wie NOS-Konzepte im Rahmen von Prüfungen evaluiert werden können: Wissenschaftshistoriker und -philosophen, als Expertinnen und Experten auf diesem Gebiet, müssten, so Allchin, einen Beitrag bei der Entwicklung solcher Prüfungsformate leisten.

Wir gehen in diesem Beitrag auf die Problematik ein, dass bislang keine Abituraufgaben existieren, die eine reflexive Auseinandersetzung mit wissenschaftstheoretischen oder wissenschaftsgeschichtlichen Aspekten der Biologie erfordern und unterbreiten Vorschläge zur Konzeption solcher Aufgaben aus der Perspektive epistemischer Kompetenz. Am Beispiel einer Abituraufgabe zum Thema Kreationismus verdeutlichen wir, welche Schwierigkeiten sich aus dem Anspruch einer adäquaten Auseinandersetzung ergeben.

6.2 Wie Prüfungsaufgaben (nicht) konstruiert werden können

Aus dem Gesagten folgt unter den Bedingungen des Zentralabiturs: *Wenn* man sich der Ansicht anschließt, dass Wissenschaftsreflexion ein wichtiger Bestandteil allgemeinbildenden Biologieunterrichts ist, *dann* muss Wissenschaftsreflexion im Zentralabitur auch geprüft werden. Die Gestaltung der Prüfungsformate dürfte dann nicht nur Einfluss darauf haben *ob*, sondern auch *wie* das Thema im Unterricht behandelt wird.

6.2.1 Epistemische Kompetenz

Epistemische Kompetenz als Fähigkeit und Bereitschaft, über Besonderheiten, Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlicher Wissensproduktion, sowie den gesellschaftlichen Status der Naturwissenschaften zu reflektieren, Stellung zu nehmen und naturwissenschaftliche Erkenntnisse, Methoden und Geltungsansprüche kritisch zu prüfen und zu würdigen, beruht auf Haltungen, Fähigkeiten und entsprechendem Wissen. Hierzu gehört unter anderem ein Bewusstsein der lebensweltlichen Bedeutung des Themas und das Bewusstsein eigener Einstellungen zum Reflexionsgegenstand, die Fähigkeit zu kritischem Denken und Argumentationsfähigkeit sowie epistemisches und wissenschaftstheoretisches Überblickswissen (Kötter und Hammann 2018, S. 72).

Epistemische Kompetenz unterscheidet sich von etablierten Konzepten im Bereich Wissenschaftsreflexion³ dahingehend, dass Unterrichtsprinzipien und Standards der geisteswissenschaftlichen Fächer stärker berücksichtigt worden sind, insbesondere das Prinzip der *Kontroversität*. Kontroversen über Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaft berühren schwierige philosophische Probleme, über die potentiell keine Einigung erzielt werden kann. Von besonderer Bedeutung für gelingende Wissenschaftsreflexion ist daher die Fähigkeit, mit Uneindeutigkeiten und Widersprüchen umgehen zu können (Kötter und Hammann 2017).

Hierzu gehört, dass Personen einerseits ein Bewusstsein dafür entwickeln, dass Kontroversität keinen Mangel, sondern den Kern jeder kritisch-

³ International ist vor allem der sogenannte *Konsensus-View* bzw. *General Aspects Approach* der *Natur der Naturwissenschaften* (NOS) einflussreich, gerät allerdings zunehmend in die Kritik (Kampourakis 2016).

reflexiven Auseinandersetzung darstellt, andererseits dies aber keine Rechtfertigung für beliebige Meinungen bedeutet. Neben Kontroversität gehört daher auch *Rationalität* zu den fundamentalen Prinzipien epistemischer Kompetenz (Bussmann und Kötter 2018).

6.2.2 Bewertungskompetenz im Abitur

Die Behandlung *ethischer* Probleme im Biologieunterricht hat eine lange Tradition. Susanne Bögeholz et al. (2004) sprechen von einem regelrechten Bioethik-Boom in der Biodidaktik seit Anfang der 90er Jahre. Mit dem Kompetenzschwerpunkt Bewertung wird die Förderung ethisch-praktischer Reflexionsfähigkeit in den aktuellen Lehrplänen für das Fach Biologie curricular vorgegeben. Konkretisierte Kompetenzerwartungen sind für die verschiedenen Inhaltsfelder formuliert worden, insbesondere in den Kontexten nachhaltige Entwicklung einerseits und Anwendung von Gen- und Stammzelltechnik andererseits. In der Biologiedidaktik wurden Strukturmodelle der Bewertungskompetenz entwickelt, beispielsweise das *Göttlinger Modell* (Eggert und Bögeholz 2006) oder *Ethische Urteilskompetenz* (Reitschert et al. 2007). Bewertungskompetenz kann also als etablierter Bereich des Biologieunterrichts betrachtet werden. Aus diesem Grund scheint es naheliegend, sich bei der Konstruktion von Prüfungsformaten an Aufgaben zur Überprüfung von Bewertungskompetenz zu orientieren.

Abituraufgaben im Fach Biologie sind nach Kontexten strukturiert, die sich in der Regel einem, maximal zwei Inhaltsfeldern zuordnen lassen. Innerhalb der Aufgaben werden verschiedene Arbeitsaufträge gestellt, die einen oder mehrere Operatoren enthalten. Diese Operatoren können jeweils einem Kompetenzbereich zugeordnet werden.

Bewertungskompetenz wird vergleichsweise selten geprüft, der Operator *bewerten* kommt in einer Stichprobe⁴ mit insgesamt 1631 Operatoren nur viermal vor. Hierbei ist in keinem Fall Bewertungskompetenz im eigentli-

⁴ Zufallsstichprobe: 56 Abiturprüfungen im Fach Biologie der Jahre 2014 – 17 (32x LK und 24x GK) aus neun Bundesländern (Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen). Codiereinheiten der qualitativen Datenanalyse waren die einzelnen Operatoren, diese wurden den Kompetenzbereichen (Kategorien) zugeordnet. Alle Abituraufgaben wurden der Roten Reihe des STARK-Verlages entnommen.

chen (ethischen) Sinn gefordert, stattdessen geht es ausschließlich um biologiefachliche Urteile.⁵ Weitere Operatoren, die eine reflexive Leistung erfordern, sind *Stellung nehmen, diskutieren, erörtern, begründen, beurteilen* und *prüfen*. Auch hier überwiegen rein biologiefachliche Beurteilungen. Insgesamt konnten in der Stichprobe nur sechs Arbeitsaufträge dem Kompetenzbereich Bewertung im Sinne einer ethischen Beurteilung eindeutig zugeordnet werden, und zwar in den Kontexten Keimbahntherapie, Pränataldiagnostik und Präimplantationsdiagnostik.

Diese sechs Aufgaben weisen unserer Ansicht nach zudem drei gravierende Mängel auf: *Erstens* wird Fachlichkeit im Sinne einer Bezugnahme auf die Fachdisziplin Ethik in keiner Aufgabenstellung erwartet. Dies ist verwunderlich, denn einschlägige Kompetenzstrukturmodelle enthalten explizit die Dimension *ethisches Basiswissen*. Das gleiche gilt *zweitens* für die fundamentale Dimension *Argumentation*: Obwohl Kenntnisse in diesem Bereich als Voraussetzung für Bewertungskompetenz gelten, müssen sie in den untersuchten Aufgaben in keinem Fall, etwa durch die Analyse eines fremden oder die Konstruktion eines eigenen Argumentes, unter Beweis gestellt werden. Dies liegt *drittens* auch daran, dass die verwendeten *Materialien* für eine ernsthafte Auseinandersetzung viel zu wenig komplex, bzw. gar nicht vorhanden sind.

Zusammenfassend muss konstatiert werden, dass die existierenden Prüfungsformate im Bereich Bewertungskompetenz ein gängiges Vorurteil von Lehrerinnen und Lehrern der naturwissenschaftlichen Fächer gegenüber den geisteswissenschaftlichen Fächern zu bestätigen scheinen, dass es dort lediglich um Meinungen ginge, es kein Richtig und Falsch gäbe und Prüfungen entsprechend beliebig wären. Dieses Vorurteil ist selbstverständlich nicht richtig. Wie erwähnt, äußert sich Bewertungskompetenz, zumindest

⁵ Es sollen 2017 in Brandenburg „die Bedeutung für die Evolution“, und ein gentechnisches Verfahren „aus ökologischer und evolutionsbiologischer Sicht“, in Baden-Württemberg 2016 die „Erfolgchancen“ eines Insektizid-Einsatzes sowie in Nordrhein-Westfalen 2014 die „Voraussetzungen für den Einsatz“ eines Diagnoseverfahrens bewertet werden.

nach den gängigen Kompetenzmodellen, gerade darin, dass die Auseinandersetzung mit ethisch relevanten Problemen differenziert und fachlich angemessen ist.⁶

6.2.3 Abituraufgaben in Philosophie

Im Fach Philosophie gehören Reflexion und Argumentation zum unterrichtlichen Kerngeschäft. In Nordrhein-Westfalen spielt die Diskussion über Reichweite und Grenzen der Naturwissenschaften zudem in mehreren Inhaltsfeldern implizit eine wichtige Rolle, beispielsweise im Inhaltsfeld „Menschliche Erkenntnis und ihre Grenzen“. Ein Inhaltsfeld ist explizit der Diskussion über „Geltungsansprüche der Wissenschaften“ gewidmet, daher existieren auch Abituraufgaben zu diesem Bereich (MSW NW 2014).⁷

Die Untersuchung der entsprechenden Abituraufgaben (2013-17)⁸ zeigt, dass alle Aufgaben Gemeinsamkeiten aufweisen. Zum einen liegt immer ein Text vor, in dem der Autor bzw. die Autorin vor dem Hintergrund eines Problems für eine bestimmte Sichtweise argumentiert. Zum anderen sind

⁶ Eine umfassende Kritik der Umsetzung des Kompetenzbereichs Bewertung im Abitur ist nicht Ziel dieses Beitrags. Die identifizierten Probleme sind allerdings so gravierend, dass sie eine fachdidaktische Aufarbeitung dringend geboten erscheinen lassen. So wird beispielsweise in einer Aufgabe sinngemäß die Aussage „Das Embryonenschutzgesetz verbietet Keimbahntherapie“ als Argument gegen die Legalisierung der Keimbahntherapie akzeptiert, und in diesem Zusammenhang ein Bezug mit einem Wert Gehorsam hergestellt. Abgesehen davon, dass Gehorsam kein Wert, sondern eine Sekundärtugend ist (die besser kritisch hinterfragt und nicht als Begründung angeführt werden sollte) und dass Werteethik insgesamt in der Fachphilosophie mindestens kontrovers diskutiert wird, ist das Argument offensichtlich zirkulär. Ein bloßer Bezug auf Werte ohne kritische Reflexion derselben ist ohnehin unzureichend, weil beliebig. Ethik als Fachdisziplin beansprucht demgegenüber *rationale* Begründungen für Antworten auf Sollens- Fragen zu entwickeln.

⁷ In anderen Bundesländern sind die Inhalte vergleichbar. In Hamburg wird beispielsweise in der Vorstufe das Thema „Wissenschaft und Okkultismus“ erörtert, in der Studienstufe werden im Arbeitsbereich „Sprache und Erkenntnis“ die Inhalte „Wissenschaft-Mythos-Pseudowissenschaft“ oder „Wissen und Gesellschaft“ vorgeschlagen (BSB HH 2009).

⁸ Neun Aufgaben in den Inhaltsfeldern Erkenntnis und Wissenschaft. Bandbreite der Themen von Empirismus versus Rationalismus (GK 2013) über Wissenschaftsethik und Grenzen der Wissenschaft (LK 2013), Wissenschaftliche Verfahrensweisen und Wissenschaftskritik (GK 2014), Geltungsansprüche der Wissenschaft (GK 2015), Empirismus als Erkenntnistheoretische Position (LK 2015) bis zu sozialkonstruktivistischer Wissenschaftsinterpretation (LK 2016). Aufgaben enthalten Texte von Platon, Berkeley, Locke, Mittelstraß, Hoerster, Feyerabend, Popper, Gabriel und Fleck (MSW NW 2018).

die Aufgabenstellungen, bei aller Verschiedenheit der Themen und Materialien, praktisch identisch formuliert: Erstens soll die vorliegende Argumentation erschlossen und die Position des Autors bzw. der Autorin zugeordnet werden. Zweitens wird gefordert, diese mit einer konträren Position zu vergleichen und die vorgebrachten Argumente beider Positionen zu beurteilen (Plausibilität bewerten, Tragfähigkeit diskutieren, etc.) und drittens soll auf dieser Grundlage abschließend Stellung genommen werden.

Philosophische Kompetenz im Bereich Erkenntnis und Wissenschaft lässt sich aus Sicht der Autoren zentraler Abschlussprüfungen im Fach Philosophie somit daran beurteilen, ob Personen die oben genannten Fähigkeiten demonstrieren:

- Argumentationen rekonstruieren und einer Kontroverse/Position zuordnen können,
- Positionen bzw. die dort vertretenen Argumente beurteilen können,
- Stellung nehmen, d.h. eine eigene Position begründet vertreten können

Diese Fähigkeiten scheinen für jede reflexive Auseinandersetzung grundlegend. Es lassen sich somit zumindest grobe Leitlinien für die Konstruktion von Prüfungsformaten ableiten: Aufgaben im Bereich epistemischer (oder ethischer, d. h. Bewertungs-) Kompetenz beziehen sich i) auf eine hinreichend komplexe Problemstellung auf Basis einer konkreten Textgrundlage. Sie erfordern ii) die Einordnung in einen größeren Zusammenhang bzw. eine Kontroverse, iii) eine kriteriengeleitete argumentative Auseinandersetzung, d.h. die Analyse und Beurteilung von Argumenten und iv) auf dieser Basis eine begründete Stellungnahme.

Kontexte für Aufgabenstellungen im Bereich epistemisch-theoretischer Reflexion werden allgemein dadurch charakterisiert sein, dass naturwissenschaftliche Erkenntnis- oder Deutungsansprüche entweder erhoben oder bestritten werden, wobei hierüber kontroverse Ansichten bestehen. Es werden im Rahmen dieser Kontroverse nicht (ausschließlich) biologiefachliche, sondern auch wissenschaftshistorische, -philosophische oder -soziologische Argumente verwendet.

Epistemisch kompetente Personen wären dann in der Lage, den zugrundeliegenden Konflikt inklusive möglicher weltanschaulicher Implikationen zu erkennen, die vorgebrachten Argumente zu identifizieren und zu beurteilen

und innerhalb der Kontroverse Stellung zu beziehen. Das wären entsprechend auch die Maßstäbe für die Beurteilung einer Prüfungsleistung.

Im Folgenden werden wir das Gesagte am Beispiel des Kreationismus konkretisieren. Wir beantworten die beiden folgenden Fragen: Wie müsste mit dem Thema im Unterricht umgegangen und wie könnte eine entsprechende Prüfungsaufgabe konzipiert werden? Hintergrund ist, dass die Auseinandersetzung mit Kreationismus zu den wenigen curricular verankerten epistemisch-theoretisch interessanten Themen gehört und hierzu in der Vergangenheit bereits mindestens eine Abituraufgabe gestellt worden ist.

6.3 Kreationismus: Kontext für Wissenschaftsreflexion?

Seit ihrer Formulierung ist die Evolutionstheorie Ziel religiös motivierter Kritik gewesen. Insbesondere in den USA hat die Auseinandersetzung mit vorgeblich wissenschaftlichen Formen von Schöpfungsglauben (Kreationismus⁹) auch juristisch eine lange Geschichte. In Gerichtsverhandlungen ging und geht es insbesondere um die Frage, ob bestimmte Formen von Kreationismus ihrem Anspruch, eine Naturwissenschaft zu sein, gerecht werden oder als Religion einzustufen sind. Dies ist so, weil davon abhängt, ob diese Lehren in staatlichen US-amerikanischen Schulen, in denen Religionsunterricht untersagt ist, unterrichtet werden dürfen.¹⁰ Eine vergleichbare Notwendigkeit Schöpfungsglauben naturwissenschaftlich zu verkleiden besteht hierzulande nicht. In dieser Hinsicht handelt es sich also um eine aus den spezifisch US-amerikanischen Rahmenbedingungen resultierende Kontroverse, allerdings gibt es auch in europäischen Ländern und auch in Deutschland Kreationisten (Graf und Lammers 2011).

Für die Auseinandersetzung mit Kreationismus im Biologieunterricht kann als übergeordnetes Argument angeführt werden, dass die Entwicklung kritischen Denkens weltweit als zentrales Bildungsziel gilt. Kritisches Denken ist, so Harvey Siegel (1997, S. 2), durch die Fähigkeit charakterisiert, fremde und eigene Argumente der Kritik auszusetzen und das eigene Handeln am Ergebnis dieser kritischen Evaluation auszurichten. Auf einen weiteren Aspekt kritischen Denkens im Zusammenhang mit gesellschaftlichen

⁹ Wir verwenden den Begriff Kreationismus hier für jede Form von Schöpfungsglaube, sofern dieser (auch) *naturwissenschaftlich* begründet wird.

¹⁰ Für eine anschauliche Darstellung der historischen Zusammenhänge siehe Laats und Siegel (2016).

und weltanschaulichen Kontroversen weisen Mel Noddings und Laurie Brooks (2017, S. 1) hin: Es ist erforderlich, den Standpunkt des Gegenüber im Sinne einer empathischen Perspektivübernahme verstehen zu können, weil davon abhängt, ob eine Kommunikation zwischen den Kontrahenten überhaupt möglich ist.

Der Wissenschaftsphilosoph Gerhard Vollmer (1993, S. 24-26) hat bereits vor längerer Zeit begründet, dass eine Auseinandersetzung mit Pseudowissenschaften¹¹ in diesem Zusammenhang hilfreich sein könnte: Erstens, so Vollmer, zwingen pseudowissenschaftliche Konkurrenten auf der fachlichen Ebene dazu, den eigenen wissenschaftlichen Standpunkt zu klären und zu begründen. Es ließe sich also ein tieferes fachliches Verständnis, z.B. der Evolutionstheorie erreichen, wenn man auch die Einwände kreationistischer Ansätze wie des Intelligent Design im Unterricht behandeln würde. Zweitens würden Lernende, Lehrerinnen und Lehrer sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch auf der wissenschaftstheoretischen Ebene gezwungen, ihre Position zu überprüfen und zu begründen. Am Kreationismus ließe sich also über die Natur der Naturwissenschaften lernen, wenn man die Unterschiede von Kreationismus und Evolutionsbiologie untersuchte. Und drittens ließe nach Vollmer die Auseinandersetzung mit abweichenden Positionen erkennen, dass auch die eigene Position auf Voraussetzungen beruht. Eine Auseinandersetzung mit dem Kreationismus könnte somit dazu dienen, den eigenen Erkenntnisrahmen zu definieren, zu hinterfragen und zu rechtfertigen, etwa hinsichtlich der Funktion und Begründung des methodischen Naturalismus in den Naturwissenschaften. Die Auseinandersetzung mit dem Kreationismus könnte also der Förderung kritischen Denkens dienen, sowohl was die Evaluation und Konstruktion von Argumenten als auch die Toleranz unterschiedlicher weltanschaulicher Standpunkte angeht.¹² Es geht hierbei nicht vorrangig um eine Bekämpfung

¹¹ Wir sind uns der Schwierigkeiten des Begriffs Pseudowissenschaft bewusst, sowohl was den pejorativen Charakter als auch die definitorischen Probleme angeht. Aus der Perspektive epistemischer Kompetenz sollten diese Schwierigkeiten *selbst* Gegenstand des Unterrichts sein. Ob die Bezeichnung Pseudowissenschaft für Kreationismus angemessen ist oder nicht, spielt für die Argumentation keine Rolle.

¹² Aus Toleranz folgt natürlich nicht, dass der Kreationismus in irgendeiner Weise *akzeptiert* werden könnte. Dies gilt nur für Kreationisten als Personen, nicht aber für Kreationismus als Überzeugung. Die Unterschiede zwischen Personen und ihren

des Kreationismus (dies mag in Einzelfällen ein Nebeneffekt sein), sondern um die Frage, ob Kreationismus als *Kontext* für die Förderung und Evaluation epistemischer Kompetenz genutzt werden kann (Kötter und Hammann 2016). Dies scheint plausibel, da an der konkreten Auseinandersetzung mit dem Kreationismus die grundlegende Frage nach dem Verhältnis von Naturwissenschaft und Religion, und damit nach Reichweite und Grenzen von Naturwissenschaft diskutiert werden kann.

6.3.1 Kreationismus in Lehrplänen, Biologiedidaktik und Abitur

In den meisten derzeit gültigen Lehrplänen für das Fach Biologie wird vorgegeben, dass Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit entwickeln sollen, sich mit nicht-naturwissenschaftlichen Erklärungen zur Entstehung und Entwicklung der Lebewesen auseinandersetzen zu können.¹³ In Deutschland haben bislang Horst Bayrhuber (2009) und Ulrich Kattmann (2008, S. 6) Leitideen bzw. Leitlinien zum Umgang mit dem Kreationismus im Biologieunterricht vorgeschlagen. Beiden Vorschlägen ist gemein, dass kreationistische Aussagen kein Lehrplaninhalt sein können, aber im Unterricht reflektiert und als Gelegenheit zur Klärung von Vorstellungen über Evolution und Wissenschaft genutzt werden sollen, dass hierzu naturwissenschaftliche bzw. biologische Argumente nicht ausreichen, sondern durch wissenschaftstheoretische, theologische und sozialwissenschaftliche Argumente ergänzt werden müssen, und dass hierzu fächerverbindende Unterrichtsansätze notwendig sind. Beide Autoren betonen den weltanschaulichen Gehalt des Themas, wobei Bayrhuber stärker eine Trennung der naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Ebene, Kattmann einen wechselseitigen Bezug fordert.

In einer Leistungskurs-Aufgabe des Landes Thüringen aus dem Jahr 2013 (Stark-Kollektiv 2013, Teil B) sollten Schülerinnen und Schüler „auf

Überzeugungen einerseits und Toleranz und Akzeptanz andererseits werden gerade im Kontext Religion häufig verwischt.

¹³ Explizit in Thüringen (TH 2012, S. 37), Sachsen Anhalt (ST 2016, S. 44), gemeinsamer Rahmenlehrplan Berlin, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern (BE 2006, S. 24), Saarland (SL 2008), Nordrhein-Westfalen (NW 2014, S. 48), Hessen (HE 2010, S. 48), Hamburg (HH 2009, S. 17), Schleswig-Holstein (SH 2004, S. 44). Ausführlich im Lehrplan Rheinland-Pfalz (RP 1998, S. 71ff und S. 107ff). In den Lehrplänen der übrigen Bundesländer wird das Thema nicht genannt.

der Basis der synthetischen Evolutionstheorie eine Argumentation entwickeln, die geeignet ist, die Vorstellungen des Kreationismus zu entkräften“. In die Darstellung sollten dabei Sachverhalte einer Materialsammlung einbezogen werden. Diese enthielt Basis-Informationen über Kreationismus (M1), eine Gegenüberstellung von monophyletischem (Standardauffassung in der Evolutionsbiologie) und polyphyletischem (Grundtypenmodell – an Schöpfungsgeschichte orientiert) Stammbaum der Lebewesen (M2), eine Zusammenfassung der Teiltheorien der Evolutionstheorie (M3), eine Abbildung zu verschiedenen Selektionstypen (M4), eine Skizze des Miller-Urey-Experimentes (M5) und eine Codesonne (M6).

Die Aufgabe unterscheidet sich von den Aufgabenstellungen im Bereich Bewertungskompetenz darin, dass hier eine ganze Abituraufgabe und nicht nur ein einzelner Arbeitsauftrag vorliegt und dass die Bearbeitung auf ein umfangreiches Material bezogen ist. Damit scheint sie unsere erste Leitlinie für ein reflexives Abituraufgabenformat auf den ersten Blick zu erfüllen. Die Aufgabe weist jedoch aus der Perspektive epistemischer Kompetenz einige problematische Aspekte auf, die wir im Folgenden skizzieren.

6.3.2 Umsetzungsprobleme

Ein erstes Problem besteht darin, dass in der Aufgabenstellung unklar bleibt, *was genau* entkräftet werden soll. Die Vorstellungen des Kreationismus sind, abgesehen davon, dass eine Schöpfung stattgefunden haben soll, überaus heterogen und das geht aus M1 auch so hervor. Dort werden wissenschaftlicher, evolutionistischer und Intelligent-Design-Kreationismus (ID) genannt und knapp beschrieben. Es liegt auf der Hand, dass gegen die minimale kreationistische Vorstellung im Sinne des ID (ein wie auch immer gearteter Schöpfer existiert, hat auf wie auch immer geartete Weise Einfluss auf die Welt genommen, darauf kann aus dem Sosein der Welt rational geschlossen werden), anders argumentiert werden müsste als gegen einen wissenschaftlichen (Kurzzeit-) Kreationismus, der Fossilfunde mittels sogenannter Sintflut-Geologie bibelkompatibel deutet. Zudem muss kritisiert werden, dass im Material keine der Kreationismus-Varianten adäquat vorgestellt wird, es fehlen insgesamt konkrete Aussagen, die von den Schülerinnen und Schülern überhaupt kritisiert werden könnten. Eine argumentative Auseinandersetzung mit dem Kreationismus muss unserer Ansicht nach an einem

konkreten Beispiel erfolgen (d.h. an einem Text, der eine bestimmte Variante von Kreationismus verteidigt). Gegen eine Übersicht, in der verschiedene Positionen ohne die dazugehörigen Begründungen nur genannt werden, kann man nicht argumentieren.

Ein zweites Problem besteht darin *wie*, nämlich „auf Basis der synthetischen Evolutionstheorie“, argumentiert werden soll. Allgemein halten wir es für schwierig auf der Basis naturwissenschaftlicher Erkenntnisse gegen den Kreationismus zu argumentieren, weil diese Erkenntnisse vom Kreationismus ja gerade bestritten werden. Ein großes Problem besteht hierbei darin, dass die Evidenz von Schülerinnen und Schülern (und Lehrerinnen und Lehrern) nicht geprüft werden kann. Das gleiche Problem existiert auch in anderen Bereichen, etwa in Bezug auf Klimawandel-Skeptiker oder Ufologen, deren Vertreter ja gerade mit, für Laien einerseits sehr plausiblen, andererseits nicht überprüfbaren, empirischen Befunden für ihre Ansichten argumentieren (z.B. Ewert 2016). Pauschale Entgegnungen, beispielsweise, dass die Veränderung der Organismen „nachgewiesenermaßen nicht zielgerichtet“ sei, sind unzureichend. Gleichzeitig fehlen wissenschaftstheoretische Argumente, die aber in den tatsächlichen Kontroversen um den Kreationismus zentral sind (siehe folgender Abschnitt). Vor diesem Hintergrund wundert es, dass die Autoren im Erwartungshorizont resümierend zusammenfassen, die Argumente bzw. Annahmen des Kreationismus wären (unter anderem) deshalb entkräftet, „weil dieser keine Merkmale von Wissenschaft aufweise“. Damit haben die Autoren unserer Ansicht nach zwar Recht, es wäre aber auch zu begründen.

Ein drittes Problem besteht unserer Ansicht nach darin, dass das Ziel der Aufgabe, die Vorstellungen des Kreationismus auf Basis der Evolutionstheorie zu entkräften, leicht als Aufforderung zum Bekenntnis zur Evolutionstheorie verstanden werden kann. International wird seit längerem kontrovers darüber diskutiert, ob Wissen oder Verständnis das Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts sein sollte und ob dies auch Fürwahrhalten der naturwissenschaftlichen Theorien, also beispielsweise der Evolutionstheorie, impliziert. Wir können auf diesen Diskurs im Rahmen dieses Beitrags nicht weiter eingehen, meinen aber, dass als Alternative zur ursprünglichen Formulierung des Arbeitsauftrags beispielsweise formuliert werden sollte: Arbeiten Sie Widersprüche zwischen kreationistischen Vorstellungen und den Erklärungen gemäß der Evolutionstheorie heraus. Welche Gründe führen

Evolutionenbiologen dafür an, dass ihre Erklärungen zutreffen? oder umgekehrt: Aus welchen Gründen halten Evolutionenbiologen die Vorstellungen des Kreationismus für unzutreffend?

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die beschriebene Abituraufgabe aus der Perspektive epistemischer Kompetenz einige Defizite aufweist. Im folgenden Abschnitt stellen wir beispielhaft dar, wie Kreationisten gegenwärtig auf wissenschaftsreflexiver Ebene argumentieren, und wie epistemisch kompetente Personen hierauf reagieren könnten.

6.3.3 Evolution. Ein kritisches Lehrbuch

Unter den in Deutschland in der Öffentlichkeit engagierten Kreationisten ist die Gruppierung *Wort und Wissen* besonders einflussreich (Graf und Lammers 2011). Zu den Publikationen der Gruppierung gehört auch *Evolution. Ein kritisches Lehrbuch (EkL)*, das als Biologielehrbuch konzipiert ist und sich laut Wort und Wissen-Homepage an Schüler, Studenten, Lehrer, Wissenschaftler und interessierte Laien wendet. Der Anspruch des Lehrbuchs ist es, so die Autoren, „den kontroversen Diskurs – bei aller Vorläufigkeit der vorgebrachten Argumente – sachorientiert und respektvoll zu führen und zu einer kritischen Betrachtung verschiedener Positionen herauszufordern“ (Junker und Scherer 2013, S. 6).

Seitdem US-amerikanische Kreationisten damit gescheitert sind, die Evolutionstheorie aus dem Biologieunterricht zu verbannen und Gerichte im Gegenteil den Religionsunterricht an öffentlichen Schulen weitgehend untersagt haben, steht die Forderung, die Kontroverse über Evolutionstheorie im Biologieunterricht zu behandeln im Zentrum kreationistischer Kampagnen (Laats und Siegel 2016, S. 39-61).

6.3.4 Wo Kontroversen bestehen und wo nicht

Das Prinzip der Kontroversität ist aus der Perspektive epistemischer Kompetenz grundlegend. Lässt sich daraus die Forderung ableiten, Kreationismus, beispielsweise Intelligent Design, als Alternative zur Evolutionstheorie im Biologieunterricht zu behandeln? Das wäre ein Missverständnis: In fachlicher Hinsicht gibt es nämlich keine konkurrierenden Ansätze und demzufolge auch keine Kontroverse: Die Evolutionstheorie (bzw. das grundlegende, aus mehreren Einzeltheorien bestehende Theoriegebäude) ist in der Wissenschaftsgemeinschaft gegenwärtig konkurrenzlos. Es gibt daher auch

keine fachliche Kontroverse über Kreationswissenschaft, Intelligent-Design oder Sintflut-Geologie. Diese Ansätze werden allesamt abgelehnt und spielen im wissenschaftlichen Diskurs keine Rolle.

Das bedeutet nicht, dass es *innerhalb* der Evolutionsbiologie keine Kontroversen gäbe, das war und ist wie in jedem lebendigen Wissenschaftszweig selbstverständlich der Fall. Beispielsweise gibt es auf konzeptioneller Ebene unterschiedliche Ansichten hinsichtlich der Frage, in welchem Maße evolutive Prozesse determiniert und damit vorhersagbar sind und welche Bedeutung der sogenannten experimentellen Evolutionsforschung dabei zukommt (Losos 2018). Und selbstverständlich gibt es konkurrierende Hypothesen zu Detailfragen, etwa bei der Rekonstruktion des Primaten-Stammbaums. Hierin drückt sich aber, wie der Biologiehistoriker Thomas Junker¹⁴ (2009, S. 331) argumentiert, gerade keine Krise der Evolutionstheorie aus, sondern im Gegenteil, „dass es sich bei der Paläoanthropologie um ein aufstrebendes, sich rasant weiterentwickelndes Forschungsfeld handelt“.

Im Unterschied zu offiziellen Biologiebüchern beginnt EkL mit einem umfangreichen Kapitel zu den wissenschaftstheoretischen und historischen Hintergründen der Evolutionstheorie. In diesem Kapitel setzen sich die Autoren u.a. mit den Fragen Was ist Wissenschaft? und Was ist das Verhältnis von Naturwissenschaft und Naturalismus? auseinander. Diese Fragen werden in der Fachwelt *tatsächlich* kontrovers diskutiert – ob sich daraus ein Argument für den Kreationismus ableiten lässt, scheint allerdings fraglich.

6.3.5 Was ist (Natur-)Wissenschaft?

Zur Beantwortung dieser Frage zeichnen die EkL-Autoren Entwicklungen der Wissenschaftstheorie in den vergangenen einhundert Jahren nach, beginnend mit verifikationistischen Ansätzen, über Induktionskritik, Falsifikationismus und das sogenannte hypothetisch-deduktiven Verfahren bis hin zur vielfältigen Kritik an dieser Vorstellung, insbesondere Schwierigkeiten der Falsifikation von Theorien (ad hoc Hypothesen und Holismus-These) und Problemen objektiver Theoriwahl (Unterbestimmtheitsthese, pessimistische Meta-Induktion, Normenzirkularität und Inkommensurabilität).

Die hier genutzte Strategie, wissenschaftsphilosophische Einsichten gegen die Wissenschaft zu richten, wird nicht nur von Kreationisten, sondern

¹⁴ Nicht zu verwechseln mit dem EkL-Autor *Reinhard* Junker.

beispielsweise auch von Anhängern der Homöopathie oder Leugnern des Klimawandels genutzt. Vermutlich wird diese Strategie international teilweise dadurch erleichtert, dass diese Einsichten den Kernbestand international verbreiteter NOS-Konzeptionen darstellen und im Unterricht als angemessene Vorstellung über Naturwissenschaft vermittelt werden.¹⁵

In Deutschland sind diese NOS-Konzeptionen kaum Teil der Unterrichtswirklichkeit. Hier ist das Problem daher ein anderes, nämlich dass Junkers und Scherers Darstellung von Wissenschaft und Wissenschaftlichkeit sich mit dem deckt, was Schülerinnen und Schüler *über* Naturwissenschaft lernen: So führen die Autoren aus, Naturwissenschaft sei durch die hypothetisch-deduktive Methode angemessen beschrieben (oder gar *definiert*), was sich ähnlich auch in gängigen Biologie- und Biologiedidaktik-Büchern findet.¹⁶ Auch „notwendige Merkmale einer ‚guten‘ erfahrungswissenschaftlichen Theorie“, Zirkelfreiheit, interne und externe Konsistenz, Erklärungswert, Prüfbarkeit und Testerfolg, wie sie von Gerhard Vollmer (1995, S. 100) vorgeschlagen und teilweise in der Biologiedidaktik rezipiert worden sind,¹⁷ werden von den EkL-Autoren angeführt, um *für* die Wissenschaftlichkeit kreationistischer Ansätze zu argumentieren (Junker und Scherer 2013, S. 17). Das Problem ist also, dass, sofern im Rahmen des Unterrichts die Frage „Was ist Naturwissenschaft“ überhaupt vorkommt, sie in einer Weise beantwortet wird, die aus wissenschaftsphilosophischer Sicht zumindest idealisiert genannt werden kann.

Der Wissenschaftsphilosoph Larry Laudan (1982) hat angesichts ähnlich konstruierter Urteilsbegründungen im US-amerikanischen Kreationismus-Streit schon in den 80er Jahren davor gewarnt, dass unzureichende Definitionen von Wissenschaft letztlich der Wissenschaft selbst schaden würden. Personen, die die (unterrichtsbedingte) Vorstellung entwickelt haben, Naturwissenschaft sei durch die hypothetisch-deduktive Methode *definiert*, haben den oben angedeuteten wissenschaftskritischen Argumenten jedenfalls wenig entgegenzusetzen.

Epistemische Kompetenz würde sich demgegenüber in dem Verständnis ausdrücken, dass es sich bei der hypothetisch-deduktiven Methode um eine

¹⁵ Bussmann und Kötter (2018); Kötter und Hammann (2017).

¹⁶ Beispielsweise Weitzel und Schaal (2012, S. 90) oder Bayrhuber und Hammann (2013, S. 22).

¹⁷ Beispielsweise Graf (1999) oder Bayrhuber und Hammann (2013, S. 23).

Rekonstruktion bzw. Idealisierung von Wissenschaft handelt, und dass dieses Modell Schwächen aufweist. Personen wäre aber auch bewusst, dass *umstritten* ist, inwieweit sich hieraus eine eher optimistische oder pessimistische Einschätzung naturwissenschaftlicher Erkenntnisfähigkeit rechtfertigen lässt. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, dass Personen die immanenten Schwierigkeiten und die potentielle Unlösbarkeit der Frage Was ist (Natur-)Wissenschaft? akzeptieren, *ohne* darüber zu verzweifeln und eine naiv-relativistische Position einzunehmen (Akzeptanz von Aporie und Ambiguitätstoleranz).

Hier stellt sich die Aufgabe, den Diskussionsstand der Philosophie in didaktischer Hinsicht zu rekonstruieren, wobei es nicht darum geht, eine schülertaugliche Lösung für das Demarkationsproblem zu entwickeln, sondern die *Kontroverse* über Demarkation auf einem verständlichen Niveau und ausgehend von verbreiteten Vorstellungen über Wissenschaft verständlich zu machen (Kötter und Hammann 2016).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in Bezug auf die Frage, ob und wie Naturwissenschaft definiert werden kann, tatsächlich eine Kontroverse existiert. Diese sollte im Unterricht (sofern die Frage Was ist Naturwissenschaft? thematisiert wird) auch deutlich werden. Sofern eine Stellungnahme zum Wissenschaftsstatus (beispielsweise des Kreationismus) Gegenstand von Prüfungen ist, muss Bewusstsein der Kontroversität in der Bearbeitung deutlich werden.

6.3.6 Naturwissenschaft und Naturalismus

Zentral für die weitere Argumentation von Junker und Scherer ist die Unterscheidung von Wissenschaft und Naturwissenschaft einerseits sowie Naturwissenschaft und Naturalismus andererseits. *Wissenschaft* wird sehr breit als „jede Methode verstanden, die dazu beiträgt, herauszufinden, was tatsächlich der Fall ist“, solange Kriterien wie Erklärungskraft, Systematizität, etc. erfüllt würden. Religiöse Überzeugungen, beispielsweise „metaphysische“ Aussagen über Gott, können daher ihrer Ansicht nach „im Einzelfall wohlbegründet und somit wissenschaftlich sein“. *Naturwissenschaft* wird von den Autoren demgegenüber durch die naturwissenschaftliche (empirische) Methode sehr eng definiert (s.o.). Naturwissenschaftliche Aussagen

sind daher ihrer Ansicht nach auf empirisch unmittelbar zugängliche Sachverhalte begrenzt (2013, S. 12).¹⁸ *Naturalismus* wird von den Autoren als die Auffassung beschrieben, dass im Rahmen wissenschaftlicher Erklärungen ausschließlich natürliche Faktoren anerkannt werden dürften und bedeute daher eine Gleichsetzung von Wissenschaft und Naturwissenschaft. Diese Auffassung, so Junker und Scherer (2013, S. 17), sei jedoch eine Weltanschauung¹⁹ und müsse als solche auch transparent gemacht und kritisiert werden.

Die grundlegende Argumentation wird bereits im Vorwort (S. 5-6) vorgestellt: Die Autoren führen zunächst aus, Mikroevolution sei eine naturwissenschaftliche (weil empirische) Tatsache. Demgegenüber existierten Befunde, die nahelegen würden, dass Makroevolution *keine* empirisch belegte Tatsache sei. Dieser Teil der Argumentation kann aus biologiefachlicher Sicht zurückgewiesen werden.²⁰ Weiterhin stellen sie fest, dass wissenschaftliche Befunde (Daten, etc.) grundsätzlich nach Maßgabe außerwissenschaftlicher Weltanschauungen, zu denen Naturalismus *und* Theismus gehörten, interpretiert würden. Hieraus leiten sie ihre zentrale These ab, Evolutionstheorie im Sinne von Makroevolution sei eine weltanschauliche Grenzüberschreitung. Das Gleiche gälte zwar für alternative Deutungen der Daten durch Schöpfungsmodelle (Grundtypenmodell), damit befänden sich

¹⁸ Das Programm einer Trennung von Beobachtungs- und Theorieaussagen wird in der Wissenschaftstheorie seit langem als gescheitert angesehen. Die EkL-Autoren verfolgen eine Doppelstrategie, indem sie einerseits Naturwissenschaft (unangemessen) eng definieren und so die Evolutionstheorie *ausschließen*, andererseits Wissenschaft (unangemessen) weit definieren, wodurch religiöse Bekenntnisse als wissenschaftliche Aussagen *eingeschlossen* werden.

¹⁹ Die EkL-Autoren zitieren Geert KEIL, dass „der Naturalismus weder durch naturwissenschaftliche Daten noch philosophisch begründbar“ sei. KEIL ist zwar erklärter Kritiker naturalistischer Ansätze in der Philosophie, das macht ihn aber nicht zu einem Anhänger des Übernatürlichen. Im Gegenteil führt KEIL aus: „Mit der Antithese ‚Natur vs. Übernatur‘ lässt sich heute keine interessante Position mehr markieren. Wenn Naturalismus nichts anderes als die Annahme wäre, daß alles in der Welt mit rechten Dingen zugeht, würden ihm alle ernstzunehmenden Opponenten abhandenkommen [...]“ (Keil & Schnädelbach 2000, S. 9).

²⁰ Weder kann ein Unterschied zwischen Mikro- und Makroevolution plausibel gemacht werden, noch existieren Befunde, die Grund für Zweifel an den Evolutionsmechanismen böten. Letztlich vertreten die EkL-Autoren hier ein, in der Fachwelt seit über 150 Jahren obsoletes, Konzept der Artkonstanz (Junker 2009). Der britische Wissenschaftstheoretiker Philip Kitcher (2007) hat in diesem Zusammenhang von Kreationismus als toter Wissenschaft gesprochen.

Evolutionstheorie und Schöpfungsmodelle allerdings epistemisch sozusagen auf Augenhöhe.

Es ist hier selbstverständlich nicht einmal möglich, einen Überblick des Diskurses um Naturalismus zu geben. In der Literatur wird häufig zwischen einer ontologischen bzw. metaphysischen (es gibt nur natürliche Entitäten) und einer methodischen (in Erklärungen werden nur natürliche Entitäten akzeptiert) Variante unterschieden. Einige Autoren wie Martin Mahner (2012) vertreten die Ansicht, metaphysischer Naturalismus sei ein konstitutives ontologisches Prinzip und damit eine *Voraussetzung* der Naturwissenschaft. In diesem Zusammenhang folgern beispielsweise Martin Mahner und Mario Bunge (1996), Naturwissenschaft und Religion wären inkompatibel. Andere Autoren vertreten verschiedene Formen von methodischem Naturalismus: In einer Variante wird Naturalismus als empirisch gestützte *Schlussfolgerung* aus Erfahrungen bei der Suche nach Erkenntnis angesehen: Übernatürliche Erklärungen sind in der Vergangenheit gescheitert, natürliche Erklärungen waren in der Vergangenheit oft erfolgreich, daher werden übernatürliche Erklärungen vorläufig abgelehnt. Die Möglichkeit einer Widerlegung durch entsprechende Phänomene wird hierbei zugestanden. Maarten Boudry et al. (2012) sprechen in diesem Zusammenhang von provisorischem methodischem Naturalismus. Auch aus dieser Perspektive befinden sich Religion und Naturwissenschaft im Konflikt, weil die Existenz übernatürlicher Entitäten aus naturwissenschaftlicher Sicht (vorläufig) bestritten werden muss. Wieder andere Autoren betrachten methodischen Naturalismus als Ausdruck der prinzipiellen *Beschränktheit* naturwissenschaftlicher Methoden: Naturwissenschaft kann keine Aussagen testen, in denen übernatürliche Entitäten enthalten sind, daraus folgt aber nichts über die Existenz solcher Entitäten. Naturwissenschaft macht also keine Aussagen über religiöse Themen und kann daher auch gar nicht mit Religion in Konflikt stehen, umgekehrt macht Religion keine Aussagen mit naturwissenschaftlichem Anspruch. Diese, ursprünglich von theologischer Seite formulierte Position bildet die Grundlage für Unabhängigkeits- und Dialogmodelle zum Verhältnis von Religion und Naturwissenschaft (Boudry et al. 2012), die derzeit die Lehrmeinung der Amtskirchen in Deutschland darstellen. Sie wird aber auch von Philosophen, beispielsweise Robert Pennock (2011) und Naturwissenschaftlern wie dem Paläontologen Stephen Jay

Gould (1997) vertreten, der von einem Prinzip der „nicht-überlappenden Magistralen“ gesprochen hat. Die EkL-Autoren kritisieren Naturalismus im Sinne einer kategorialen Trennung von Naturwissenschaft und Religion als dogmatisch.

In der deutschen Biologiedidaktik ist überwiegend die Ansicht vertreten worden, Vereinbarkeit von Evolution und Schöpfung bzw. Naturwissenschaft und Religion im Sinne des methodischen Naturalismus (Unabhängigkeits- bzw. Dialogmodell) sei als wünschenswerte Einsicht²¹ im Unterricht anzustreben. Diese Forderung verkennt, dass ähnlich der Frage „Was ist Wissenschaft“ die Frage nach dem Verhältnis von Naturwissenschaft und Naturalismus, bzw. implizit von Naturwissenschaft und Religion, äußerst kontrovers diskutiert wird. Beispielsweise argumentiert Thomas Junker (2011, S. 88), dass die Erfolgsaussichten derartiger Harmonisierungsversuche grundsätzlich bezweifelt werden könnten. Junker fordert dazu auf, stattdessen den Konflikt ernst zu nehmen und die Auseinandersetzung sachlich und ohne falsche Kompromisse zu führen. Unabhängigkeits- und Dialogmodelle seien demgegenüber eine Zumutung, die an „Orwellsches Zwiedenken“ erinnere.

Aus der Perspektive epistemischer Kompetenz ist klar, dass es nicht darum gehen kann, eine der skizzierten Sichtweisen zu vermitteln: Die Kontroverse um Naturalismus und die Vereinbarkeit von Naturwissenschaft und Religion müsste, ähnlich der Kontroverse um die Frage „Was ist Wissenschaft“, ins Zentrum des Unterrichtsgeschehens gestellt und in Form einer Stellungnahme auch im Rahmen von Prüfungen bearbeitet werden.

6.4 Fazit

In Bezug auf die Konzeption von wissenschaftsreflexiven Prüfungsaufgaben ist deutlich geworden, wie diese grundsätzlich angelegt sein müssten. Allerdings scheinen, vor dem Hintergrund der Komplexität wissenschaftsreflexiver Kontroversen, die hier am Beispiel der Auseinandersetzung mit dem Kreationismus deutlich geworden ist, Zweifel angebracht, ob derartige Problemstellungen im Rahmen von Klausuraufgaben adäquat bearbeitet werden können. Eventuell sind hier andere Prüfungsformate, etwa die Anfertigung von Hausarbeiten bzw. Essays angemessener.

²¹ Beispielsweise von Ulrich Kattmann (2008, S. 5) und Horst Bayrhuber (2009, S. 12).

Zudem ist offensichtlich, dass die Voraussetzungen für eine Bearbeitung unter den gegenwärtigen Bedingungen im Biologieunterricht kaum gelegt werden können. Es fehlt hierzu schlicht die Zeit und auf Lehrerseite auch die Expertise. Kritisch könnte gefragt werden, ob ein Biologieunterricht, der den skizzierten Anforderungen gerecht würde, überhaupt noch Biologie- und nicht vielmehr Wissenschaftsphilosophie oder -geschichte heißen müsste.

Dennoch sollte epistemische Kompetenz nicht vorschnell als Utopie verworfen werden. International existieren durchaus Beispiele für Kurse, in denen kontrovers über Naturwissenschaft nachgedacht wird, beispielsweise *Theory of Knowledge* des International Baccalaureate Diploma Programms (IBO 2018) oder *Perspectives on Science* (Swinbank und Taylor 2008), die im gegenwärtigen Kanon der deutschen Oberstufe keine Entsprechung haben.

Im Rahmen dieses Beitrags kann eine bildungstheoretische Diskussion selbstverständlich nicht geleistet werden. Es stellt sich die Frage, ob der in Standarddokumenten und Lehrplänen erhobene Anspruch, das Fach Biologie (bzw. die naturwissenschaftlichen Fächer insgesamt) leiste einen substanziellen Beitrag zur *Allgemeinbildung*, die Förderung epistemischer Kompetenz nicht geradezu zwingend macht. Dieser Gedankengang ist nicht neu, tatsächlich ist die Forderung, dass Personen über Naturwissenschaft reflektieren können sollten, eines der zentralen Argumente für die Aufnahme der naturwissenschaftlichen Fächer in den Kanon des allgemeinbildenden Gymnasiums gewesen (Brüggemann 1967).

In diesem Zusammenhang muss daran erinnert werden, dass die, in Hinblick auf Experten- und Laienbildung differenzierte, Ausrichtung der Grund- und Leistungskurse in den naturwissenschaftlichen Fächern seit ihrer Einführung in den 70er Jahren eine unerledigte Aufgabe geblieben ist (Ohly und Strobl 2008). Wir möchten anregen zumindest darüber nachzudenken, ob eine stärker fächerverbindende Organisation und eine wissenschaftsreflexive Ausrichtung der Grundkurse bildungstheoretisch nicht sehr viel besser begründet werden könnte, als ihre gegenwärtige einzeldisziplinäre Organisation und fachsystematische Konzeption.

Da die Konzeption und Durchführung solcher Kurse Lehrkräfte in vielen Fällen überfordern dürfte, sollten Möglichkeiten transdisziplinärer Zusammenarbeit mit reflexiv ausgerichteten Fächern, vor allem der Philosophie,

ausgelotet und erprobt werden (Kötter 2019). Als realistisches Desiderat kann beispielsweise die Durchführung und Evaluation fächerübergreifender Projektkurse, wie sie in einigen Bundesländern (beispielsweise in Nordrhein-Westfalen) für die Oberstufe vorgesehen sind, formuliert werden.

6.5 Literatur

Allchin, D. (2014): From Science Studies to Scientific Literacy. A View from the Classroom. *Sci & Educ* 23 (9): 1911–1932.

Bayrhuber, H. (2009): Zum Umgang mit dem Kreationismus in Schule und Öffentlichkeit. *Sieben Fachdidaktische Leitideen. Loccum Pelican* (1): 11–15.

Bayrhuber, H. und Hammann, M. (2013): *Linder Biologie. Abi-Aufgabentrainer*. Schroedel, Braunschweig.

BE (2006): Rahmenlehrplan für die gymnasiale Oberstufe Biologie. www.berlin.de/sen/bildung/unterricht/faecher-rahmenlehrplaene/ (06.11.2018).

Bögeholz, S., Hößle, C., Langlet, J., Sander, E. und Schlüter, K. (2004): Bewerten – Urteilen – Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. *ZfDN* 10: 89–115.

Boudry, M., Blancke, S. und Braeckman, J. (2012): Grist to the Mill of Anti-evolutionism. The Failed Strategy of Ruling the Supernatural Out of Science by Philosophical Fiat. *Sci & Educ* 21 (8): 1151–1165.

Brüggemann, O. (1967): *Naturwissenschaften und Bildung. Die Anerkennung des Bildungswertes der Naturwissenschaften in Vergangenheit und Gegenwart*. Quelle & Meyer, Heidelberg.

BSB HH (2009): Rahmenplan Philosophie. www.hamburg.de/bildungsplaene/ (09.11.2018).

Bussmann, B. und Kötter, M. (2018): Between Scientism and Relativism: Epistemic Competence as an Important Aim in Science and Philosophy Education. *RISTAL* 1 (1): 82–101.

DGGTB. (2018): <https://www.geschichte-der-biologie.de/> (21.09.2018).

Dittmer, A. (2012): Wenn die Frage nach dem Wesen des Faches nicht zum Wesen des Faches gehört. Über den Stellenwert der Wissenschaftsreflexionen in der Biologielehrerbildung. *ZISU* (1): 146–160.

Driver, R., Leach, J. Millar, R. und Scott, P. (1996): *Young people's images of science*. Open Univ. Press, Buckingham.

- Eggert, S. und Bögeholz, S. (2006): Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *ZfDN* 12: 177–197.
- Ewert, F.-K. (16.10.2016): EIKE-Europäisches Institut für Klima und Energie. www.eike-klima-energie.eu/2010/10/16/ernst-georg-beck-widerlegt-den-menschengemachten-klimawandel-eine-wuerdigung-seiner-wissenschaftlichen-arbeit (28.10.2018).
- Falkenhausen, E. v. (1985): Wissenschaftspropädeutik im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe. Aulis-Verlag Deubner, Köln.
- Gould, S. J. (1997): Nonoverlapping Magisteria. *Natural History* 106: 16–22.
- Graf, D. (1999): Parawissenschaften - ein Thema für den Biologieunterricht? *MNU* 52 (3): 170–174.
- Graf, D. und Lammers, C. (2011): Evolution und Kreationismus in Europa. In: Graf, D. (Hg.): *Evolutionstheorie - Akzeptanz und Vermittlung im europäischen Vergleich*: 9–28. Springer, Berlin.
- HE (2010): Lehrplan Biologie Gymnasiale Oberstufe. www.kultusministerium.hessen.de/sites/default/files/media/go-biologie.pdf (06.11.2018)
- HH (2009): Bildungsplan gymnasiale Oberstufe Biologie. www.hamburg.de/bildungsplaene (06.11.2018).
- IBO (2018): The International Baccalaureate® (IB) Diploma Programme (DP) curriculum. www.ibo.org/programmes/diploma-programme/curriculum/ (06.11.2018).
- Junker, R. und Scherer, S. (20137): *Evolution. Ein kritisches Lehrbuch*. Weyel, Giessen.
- Junker, T. (2009): Kreationisten erklären die Evolution. Das 'kritische Lehrbuch' von R. Junker und S. Scherer. In: Neukamm, M. (Hg.): *Evolution im Fadenkreuz des Kreationismus. Darwins religiöse Gegner und ihre Argumentation*: 321–338. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.
- Junker, T. (2011): Evolutionstheorie und Kreationismus. Ein aktueller Überblick. In: Graf, D. (Hg.): *Evolutionstheorie - Akzeptanz und Vermittlung im europäischen Vergleich*: 77–90. Springer, Berlin.
- Kampourakis, K. (2016): The “general aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *J Res Sci Teach*: 1–16.
- Kattmann, U. (Hg.) (2008): *Evolution & Schöpfung*. Friedrich Verlag, Velber.
- Keil, G. und Schnädelbach, H. (2000): Naturalismus. In: Keil, G. und Schnädelbach, H. (Hg.): *Naturalismus. Philosophische Beiträge*. 7–45. Suhrkamp, Frankfurt am Main.

- Kitcher, P. (2007): *Living with Darwin. Evolution, design, and the future of faith.* Oxford Univ. Press, Oxford.
- Kötter, M. (2019): Epistemische Kompetenz. Eine transdisziplinäre Aufgabe für Philosophie- und Naturwissenschaftsdidaktik. In: Busmann, B., Tiedemann, M. (Hg.): *Jahrbuch für Didaktik der Philosophie und Ethik. Lebenswelt und Wissenschaft: 15-27.* Thelem, Dresden.
- Kötter, M. und Hammann, M. (2018): Epistemische Kompetenz: Wissenschaftsreflexion im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Hammann, M. und Lindner, M. (Hg.): *Biologiedidaktik als Wissenschaft.* 69–88. StudienVerlag, Innsbruck.
- Kötter, M. und Hammann, M. (2017): Controversy as a blind spot in teaching NOS: Why the range of different positions concerning NOS should be an issue in the science classroom. *Sci & Educ* 26 (5): 451–482.
- Kötter, M. und Hammann, M. (2016): Pseudowissenschaft? Ein Kontext für Reflexionen über Wissenschaft. In: Gebhard, U. und Hammann, M. (Hg.): *Bildung durch Biologieunterricht.* 41–55. StudienVerlag, Innsbruck.
- Laats, A. und Siegel, H. (2016): *Teaching evolution in a creation nation.* The University of Chicago Press, Chicago.
- Laudan, L. (1982): Commentary: Science at the Bar-Causes for Concern. *Science, Technology & Human Values* 7 (4): 16–19.
- Losos, J. B. (2018): *Glücksfall Mensch. Ist Evolution vorhersagbar?* Carl Hanser Verlag, München.
- Mahner, M. (2012): The Role of Metaphysical Naturalism in Science. *Sci & Educ* 21 (10): 1437–1459.
- Mahner, M. und Bunge, M. (1996): Is religious education compatible with science education? *Sci & Educ* 5 (2): 101–123.
- Matthews, M. R. (2015): *Science teaching. The contribution of history and philosophy of science.* Routledge, New York, NY.
- MSW NW (2013): KLP Sek II Biologie. www.schulentwicklung.nrw.de (03.12.2017).
- MSW NW (2014): KLP Sek II Philosophie. www.schulentwicklung.nrw.de (01.08.2014).
- MSW NW (2018): Zentralabitur Philosophie. www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de (07.08.2018).
- Noddings, N. und Brooks, L. (2017): *Teaching controversial issues. The case for critical thinking and moral commitment in the classroom.* Teachers College Press, New York, London.

- OECD (2013): PISA 2015. Draft Science Framework. www.oecd.org/pisa/pisaproducts (04.10.2013).
- Ohly, K. P. und Strobl, G. (2008): Einführung. In: Ohly, K. P. und Strobl, G. (Hg.): *Naturwissenschaftliche Bildung. Konzepte und Praxisbeispiele für die Oberstufe: 9–14*. Beltz, Weinheim.
- Reitschert, K. Langlet, J., Hößle, C., Mittelsten, Scheid, N. und Schlüter, K. (2007): Dimensionen Ethischer Urteilskompetenz. Dimensionierung und Niveauekonkretisierung. *MNU* 60 (1): 43–51.
- RP (1998): Lehrplan Biologie. www.lehrplaene.bildung-rp.de/ (06.11.2018).
- SH (2002): Lehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium, Gesamtschule. Biologie. www.lehrplan.lernnetz.de (06.11.2018).
- SL (2008): Lehrplan Biologie. www.saarland.de/dokumente/thema_bildung/BI-GOS-Feb2008.pdf (06.11.2018).
- ST (2016): Fachlehrplan Gymnasium Biologie. www.bildung-lsa.de (06.11.2018).
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., Schöps, K., Neumann, K., Schmidtner, S., Parchmann, I. und Prenzel, M. (2016): Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2015. Ergebnisse des internationalen Vergleichs mit einem modifizierten Testansatz. In: Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. und Köller, O. (Hg.): *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation: 45–98*. Waxmann, Münster, New York.
- Siegel, H. (1997): *Rationality redeemed? Further dialogues on an educational ideal*. Routledge, New York, London.
- Stark-Kollektiv (2013): *Abitur Biologie. Thüringen 2013*. Stark-Verlag, Hallbergmoos.
- Swinbank, E. und Taylor, J. (2008): *Perspectives on science. The history, philosophy and ethics of science*. Heinemann, Harlow.
- TH (2012): Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife Biologie. www.schulportal-thueringen.de (06.11.2018).
- Vollmer, G. (1993): *Wissenschaftstheorie im Einsatz. Beiträge zu einer selbstkritischen Wissenschaftsphilosophie*. S. Hirzel, Stuttgart.
- Vollmer, G. (1995): *Biophilosophie*. Reclam, Stuttgart.
- Weitzel, H. und Schaal, S. (2012): *Biologie unterrichten: planen, durchführen, reflektieren*. Cornelsen, Berlin.

Sonstige Publikationen

7 Book Review: Societal Controversies, Critical Thinking, and Moral Education.¹

Kötter, M. (2018b). *Societal Controversies, Critical Thinking, and Moral Education*. *Science & Education*, 27, 567–571. doi.org/10.1007/s11191-018-9976-9

7.1 Overview

Teaching Controversial Issues (TCI henceforth) is a book by the prominent North American moral philosopher and education theorist Nel Noddings and her daughter Laurie Brooks, who, as a member of advisory boards for university programs, is also engaged in education.

TCI is addressed to (North American) teachers as “an invitation to teachers to think and to explore ways in which to promote critical thinking in their students” (p.4). Furthermore, it is in large part a recommendation to policy makers. Noddings and Brooks assume that the main purpose of education is to contribute to a better future society, and the mission of TCI is to provide a vision about how (high school) education can (and should) prepare future citizens towards that aim. The central idea is that it is necessary “to prepare students for active life in a participatory democracy” by fostering critical thinking abilities (p. 2) and simultaneous “produce better people” by moral education (p.3).

While critical thinking is often understood as skillful use of reason in argumentation and decision-making, the authors define critical thinking rather broadly as “dedicated search for meaning and understanding” (p.2). Critical thinking in their view is required to develop a mutual understanding of conflicting views, which is a prerequisite for including conflict resolution in the context of controversial societal issues.

Two notions are central to the authors’ approach: First, critical thinking abilities are morally neutral and therefore can be used – and are constantly being used – towards very different, and certainly sometimes morally objectionable ends. Second, reason alone (to know good) is not sufficient to moral action (to do good). Instead humans are largely motivated by their

¹ The final publication is available at <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-018-9976-9>

emotions and feelings. As reason alone is not sufficient for students to enter the joint work for a better society, the authors argue that teachers should also engage in moral education. Based on an ethics of care approach, the authors' tenor is that, as "we act on our passions [this] suggests strongly that the task of teachers and parents is to educate the hearts and feelings of our children, not simply their minds" (p.14).

Regarding the implementation of morally committed critical thinking in high school curriculum, Noddings and Brooks propose two main roads: the first is that all school subjects should jointly work together to enrich existing curricula and thereby overcome the "educational trap" of "teaching, learning and testing every topic, concept or skill in a specific place" (p.2). In this context, morally committed critical thinking should become a fundamental cross-sectional task in high schools. The second proposal is a hypothetical 4-year high school seminar on social/moral issues to include in the high school curriculum. Noddings and Brooks seem to prefer this solution and see additional benefits to these classes as they would bring together students with different interests, talents, and likely futures to consider and think critically together on controversial issues.

The authors stress that teaching controversial issues requires some specifications: First, the approach must be *open* in the sense that it offers opportunities for students to ask and discuss critical questions rather than learn specific subject matter content. Second, the approach must necessarily be *interdisciplinary*. This is so because societal controversies are themselves multilayered and complex and often arise from various conflicting views on a topic and therefore require multi-perspectivity in discussion as well.

Third, the approach necessitates specific teacher qualifications: the teaching of controversial issues requires the teacher to maintain *neutrality* to avoid indoctrination. In the authors' view this does not mean that teachers should hide their own positions from the students or should not intervene in discussions when students' views break certain basic conversation standards, but that the teachers' task is to create an open atmosphere in which competing positions can be expressed. Additionally, teachers who deal with controversial issues in their classroom should be conscious of the risk that students are demoralized by the insights they are confronted with and become cynical.

The book is divided in 13 parts (introduction and 12 chapters). The introduction as well as the first three chapters and the last chapter frame the main part in which Noddings and Brooks discuss several issues they consider both controversial and vital to current US-American society. Within the framing chapters, the authors set out the aim(s) of the book, their (moral) philosophical position and their general proposal to reach the objective pursued.

The controversial issues, discussed in the main part of the book (chapters 4-11), are thought of as a possible subject matter, for interdisciplinary work in general and especially the proposed 4-year seminar. The controversial issues discussed in the book are religion (chapter 4), race (chapter 5), gender and public life (chapter 6), entertainment, sports, and media (chapter 7), capitalism and socialism (chapter 8), money, class and poverty (chapter 9), equality, justice, and freedom (chapter 10) and patriotism (chapter 11). In each chapter, Noddings and Brooks give several proposals of how teachers could approach controversial issues, mainly by suggesting questions which can lead to classroom discussions.

7.2 Background

Nel Noddings is a well-known moral philosopher and advocate of an ethics of care as the basis for moral education, which is “rooted in the experience of women and puts more emphasis on feeling than on reason as the source of moral motivation” (pp.13-15). Care ethics in the first instance is based on concrete relationships between two parties, the “one caring” and the “other cared for”, for example, between partners or parents and their children. One of Noddings’ achievements for the program of care ethics is that she has extended its principles from the private sphere into the societal arena. In *Starting at Home: Caring and Social Policy* (2002) for example, she applied care ethics to the educational system, demanding that school curriculums should be informed by understanding caring relations in family environment.

In the context of critical thinking, Noddings belongs to what Martin Davies and Ronald Barnett (2015) call the social-activist camp in their introduction to the recently published *Palgrave Handbook of Critical Thinking in Higher Education*. Davies and Barnett (p.6) differentiate three rival perspectives on critical thinking: a *philosophical* perspective, which is primarily interested in clear and *rigorous thinking*, namely logic including logical fallacies, etc.; an

educational perspective, which is additionally interested in the development of the individual student's *critical attitude*; and a *socially active* perspective, which seeks to *transform society* by critical citizenship, namely by deconstructing truth claims regarding the underlying societal power relationships, etc. Socially active critical thinking proponents especially emphasize disrupting the hegemony of white supremacist and capitalist cultures and see critical thinking as a means to achieve the goals of race, gender and class equity. TCI contributes to this.

It is obvious that both authors' standpoints on ethics, moral education and critical thinking are not beyond dispute and that their critique of reason-based, rationalist approaches is at least somehow abbreviated. For example, D.C. Phillips and Harvey Siegel (2017), in their recent contribution to the Stanford Encyclopedia which has the title *Philosophy of Education*, state "It is worth noting that in the Western philosophical tradition at least, most of the major figures, with varying articulations and qualifications, regarded the fostering of reason or rationality as a fundamental educational aim" (p.2).

However, TCI's main purpose is to stimulate teachers and policy makers thinking on educational aims and not to make a comprehensive argument in the field of academic philosophical discourse.

7.3 Résumé

As an European, I found the information given in the discussion of the controversial issues very interesting. Noddings and Brooks offer an exciting eight-chapter-short-course on current North American society and history. I think that this alone makes the book worth reading for non-Americans in order for them to get a snapshot of North-American society and to understand some of its recent developments, but I also believe that North-Americans can profit from reading the book. Although most topics are North America-specific and therefore do not apply directly to the situation in other countries, reading TCI may inspire and guide teaching and curriculum development elsewhere as well.

It is unavoidable that the description of the issues, like the authors' discussion of moral philosophy, has a noticeable subjective dimension. That is to be expected because it is simply impossible to give an in-depth, comprehensive analysis of such a vast array of complex and controversial issues, at

least in the present format and for a two-author team. As the authors are generally very confident in their own interpretation of the controversies, I sometimes got the impression that this in practice may easily lead to teaching specific views on controversial issues rather than maintaining the character of the controversy. If the discussion of controversial issues in class should become a regular part of high school (as I think it should become), there is certainly more work to be done to prepare the topics for balanced classroom discussions which would include an analytical meta-perspective. However, this does not diminish the value of TCI as a contribution to the discussion and an invitation to think.

I wholeheartedly agree with the general proposal by Noddings and Brooks to give controversial issues their due importance in high school education. Commonly accepted educational goals, for example, enabling students' participation as future citizens, *require* discourse on controversial issues and I think this should play an important if not central role at the secondary school level. The authors in my view are absolutely right that school can and must provide the opportunity to discuss different and, in many cases, conflicting views. Schools should be a place (and many times will be the only place) where students with different religious, socio-economic, cultural and political backgrounds meet. This situation should be used to make them, via respectful open discourse, aware of their differences and to improve their mutual understanding. Where, if not in school, can young people recognize the fantastically different positions on almost every crucial issue in modern society and where can young people evaluate and probe their own and conflicting views?

I also agree with the general specifications required for teaching controversial issues and I think that these are axiomatic for life-world relevant meaningful education. In Germany these specifications as well as the emphasis on controversy itself are widely agreed on, though only in the humanities and the social sciences. For example, the recently passed policy for philosophy education (Tiedemann, M. 2016. *Dresdner Konsens für den Philosophie- und Ethikunterricht*) prescribes controversy as a fundamental teaching principle to avoid indoctrination. However, while in principle it is uncontroversial in Germany that societal controversies should be discussed in class, the situation in practice often remains unsatisfying, especially because

interdisciplinary work, although continuously promoted in standard documents and educational discourse, hardly exists in school reality. The diagnosis by Noddings and Brooks that interdisciplinary approaches are prerequisite for teaching controversial issues is correct, especially because complex controversies in many cases arise just from various, unrelated perspectives of different disciplines. Hopefully, TCI can help to push forward interdisciplinary approaches.

A particular strength is how Noddings and Brooks understand teachers' importance as *educators*. Throughout the book, the authors request teachers to take responsibility for helping students to develop into thoughtful, informed and participating citizens. Teachers all too often limit themselves to the role of mere knowledge mediators, at least in Germany. Noddings and Brooks set high standards by treating teachers as intellectuals whose task is the intellectualization of their students – a task which cannot be underestimated.

I particularly endorse Noddings and Brooks' argument that religion is a core controversial issue today and that therefore some serious critical thinking should be devoted to it. Unlike the situation in the USA, in Germany religious education is a regular and even privileged school subject which takes place in groups, divided along confessional lines. The German philosophy educator Markus Tiedemann (*Ethik ist wichtiger als Religion*. 2016) recently stated that the rise of religious (especially Islamic) fanaticism in Germany cannot be prevented by implementing religious (especially Islamic) education in separate groups of believers, but by fostering common normative discourse between *different* believers *and* disbelievers as well: "Muslims, Christians, Agnostics, Evangelicals, Atheists, Jehovah's Witnesses, etc. should jointly learn and discuss on violence and non-violence, friendship and love, freedom and justice, tolerance and respect, on religious similarities and differences – but always on the basis of reason and empathy."

In the context of biology education, struggles over the teaching of evolution theory come to mind immediately. The authors criticize suggestions that in view of conflicts over evolution, "matters of religion be sharply confined to classes on religion and that discussion of evolution be conducted only in science class" (p.1). Contrary to such conflict prevention strategies, the authors rightly propose that:

It would be better, in the interest of developing critical thinking, to teach about science, about religion, and about the various debates both between them and within them. Further, the material comes alive in this approach, and students can see a point of studying it. (p.33)

In addition to the sources given in TCI, the recently published book *Teaching Evolution in a Creation Nation* by historian Adam Laats and philosopher Harvey Siegel (2016) can be strongly recommended in this context. Laats and Siegel understand the controversy over teaching evolution as an episode in the long history of religious and cultural dissent in US public education. In doing so, they suggest ways of overcoming the dissent by respecting both evolutionary theory and religious or cultural objections to it (p.6).

Finally, a suggestion from the context of science education: In many current societal discourses, some of which are discussed in TCI (gender, race, religion, for example), the struggle over the claim of the sciences to prerogative of interpretation is at least one dimension of conflict. The background seems to be a persisting larger cultural struggle over the nature of science and its role in society, which, although with changing allies and frontlines, reaches from the so-called science wars of the 1980s and 1990s (see, for example, Brown, J.R. *Who rules in science?* 2001) until now (see, for example, Otto, S. *The War on Science*. 2016). If this diagnosis is correct, the topic *science* itself would qualify as a controversial issue *par excellence* and maybe it should be considered, both in extra courses on controversial issues as proposed by Noddings and Brooks and, in an interdisciplinary manner, in science education more explicitly. However, science as a controversial (societal) issue would require student's critical thinking on different and conflicting views concerning the so-called *Nature of Science*, an approach which has been chosen rather seldomly so far in science education.

8 Opinion Page: Between Scientism and Relativism: Epistemic Competence as an Important Aim in Science and Philosophy Education.

Bussmann, B., & Kötter, M. (2019). Opinion Page: Between Scientism and Relativism: Epistemic Competence as an Important Aim in Science and Philosophy Education. HPS&ST website: <http://www.hpsst.com/>

Steven Pinker recently contributed an opinion page to the monthly HPS&ST note, warning against the dangers of an intellectual war on science. He identifies the educational system to be an important battleground in that war, criticizing US-American university liberal-arts curricula for poisoning students against science rather than instilling in them an appreciation for science as a major human achievement. In Pinker's view, the clash between humanities and science is a disaster not only for science and for society but also for the humanities themselves which, due to their lack of a progressive agenda, face an increasing loss of importance. He therefore advocates a consilience of the humanities with science from which "both sides would win".

A consilience of humanities and science indeed is an urgent task. This applies particularly to the educational context. We recently proposed an interdisciplinary approach on science and philosophy education (for further publications on the issue see references in the RISTAL-paper linked above). Our approach takes into account both the necessity to inform philosophy education by the findings and methods of empirical science and to alter science education by the application of philosophical insights and standards of reflection.

We believe that discussions of societal controversies should play an important role in secondary and higher education. This is so, because school and university are perhaps the only places where young people can be initiated to the practice of empathetic and rational discourse with peers whose backgrounds are quite different from their own. The above mentioned war on science, which in fact is a struggle for sovereignty in interpreting the scope and limits of scientific insight, the role of science in society and especially the relevance of scientific knowledge in the area of societal decision-making, seems to be one of the most pressing controversial issues of today.

It therefore appears necessary that all students at the upper level of secondary education should develop an informed view on the dispute sketched above. However, the controversy on the scope and limits of science needs to be addressed in an appropriate manner. We assert that this cannot be done in separated subjects but requires an interdisciplinary approach.

The problem in current science education is that philosophy of science either is largely absent (as it is the case at least in Germany) or is dominated by concepts which seem to imply (or, at least can easily be understood as) predominantly pessimistic views on science. In both cases the controversy is covered up. This may cause negative effects. At least there are empirical findings indicating that both lead to naïve views: naïve-optimistic if philosophy is omitted and naïve-pessimistic if reflection is reduced to a social-constructivist approach to science.

In philosophy education, at least in countries like Germany, Italy or Spain, we can observe a still too dominant engagement in the teaching of “the great philosophers”. As the hermeneutic orientation continues to prevail, the findings and methods of modern science are utilized (or even noticed) only rarely, if ever. Instead, a profound prejudice against letting scientific knowledge inform philosophical discourse is widespread. Confronted with the claim that philosophy must integrate the findings of the sciences to fulfill the standards of problem-based, lifeworld-oriented and learner-centered lessons, teachers and teacher educators usually respond in the same way: “But then we will lose our subject”. While these resistances and the underlying concept of Philosophy need to be investigated in greater detail, the *metaphilosophical* answer seems to be far less controversial. Philosophy education that ignores current scientific knowledge and corresponding controversies around science not only runs the risk of losing life-world relevance, it also runs the risk of becoming poor philosophy.

We therefore claim that there is a strong need both for philosophically informed reflection on science in science education and for scientifically informed discourse in philosophy education. An adequate treatment of the issue sketched above requires both an interdisciplinary approach in science and philosophy education and it requires interdisciplinary lessons in school.

We propose that epistemic competence, the ability to understand and critically reflect on aspects of the methods, results, history and relevance of scientific knowledge in relation to other forms of knowledge, should be a goal of science education as well as philosophy education. We explore what kind of skills, knowledge and dispositions a person should learn in order to master this ability. For example, an epistemically competent person should be aware and should accept that reflection on science requires some tolerance of ambiguity, that “scientifically proven” does not mean “true for evermore”, that both in science and in philosophy indeterminacies (and aporia) sometimes are unavoidable, and that controversy as well as rationality are indispensable principles.

It is important to note that some prerequisites are a matter of course in philosophy education, but they are alien to science education, and vice versa. The principle of controversy for example, which is essential to world-view issues, is fundamental in philosophy education, but it is largely unknown in science education. In philosophy education, on the other hand, the discussion of the principle of controversy often neglects to include descriptive empirical findings. Often engaging in normative considerations, philosophers and philosophy teachers either are blind to the need to include and reflect upon empirical evidence, or they simply don't know how to go about it (with the exception of applied ethics and empirically informed metaethics, up to a certain degree). And indeed, only those who work in the area of philosophy of science are familiar with the various questions and problems of the sciences. However, philosophers of science do not represent the majority of the philosophical community.

But there is another, relatively recent, philosophical discipline that focuses on the role of scientific knowledge: Social Epistemology. New research in this field has brought a broader focus on the age-old question “What is a competent knower?”, by discussing issues like the role of scientific experts, the epistemic effects of social interactions on beliefs, and various other aspects that address the role of scientific knowledge in belief-building contexts.

Democratic societies are dependent on the participation of competent knowers in social decision-making processes to an ever greater extend. To strengthen the individuals' autonomy means to strengthen their epistemic

competence. We believe that this goal is best and most efficiently put into practice in an interdisciplinary way.

Epistemische Kompetenz: Befähigung zur Wissenschaftsreflexion als Bildungsaufgabe

Mario Kötter

Die Arbeit gliedert sich in zwei Teile:

Im ersten Teil wird dargelegt, dass Philosophie für die Weiterentwicklung des Biologieunterrichts in drei Hinsichten relevant ist: Als Bestandteil, externer Kritiker und normative Fortsetzung der Wissenschaft Biologiedidaktik. Aus bildungstheoretischer Sicht wird argumentiert, dass Reflexion über Naturwissenschaft (Biologie) der bildungsbedeutsame Kern des Faches ist. Damit wird Philosophie zum unverzichtbaren Bestandteil der Ausbildung, Fort- und Weiterbildung von Lehrerinnen und Lehrern.

Im zweiten Teil wird dieser Ansatz vertieft und konkretisiert: Epistemische Kompetenz beansprucht, ein bildungstheoretisch begründeter, wissenschaftsphilosophisch informierter und kompetenzorientierter Ansatz zur Vermittlung von Wissenschaftsverständnis im naturwissenschaftlichen Unterricht zu sein. Kontroversität, als didaktisches Prinzip der gesellschaftswissenschaftlichen Fächer, wird ins Zentrum wissenschaftsreflexiven Unterrichts gestellt.

22,00 €

ISBN 978-3-8405-0229-3

