

Martin Rothgangel,
Ulf Abraham, Horst Bayrhuber,
Volker Frederking, Werner Jank,
Helmut Johannes Vollmer (Hrsg.)

Lernen im Fach und über das Fach hinaus

Bestandsaufnahmen und Forschungs-
perspektiven aus 17 Fachdidaktiken
im Vergleich

Allgemeine Fachdidaktik, Band 2

WAXMANN

12

FACHDIDAKTISCHE FORSCHUNGEN

Fachdidaktische Forschungen

Herausgegeben vom
Vorstand der Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD)

Horst Bayrhuber, Christoph Bräuer, Michael Hemmer,
Friederike Korneck, Ilka Parchmann, Martin Rothgangel

Band 12

Fachdidaktik ist die Wissenschaft vom fachspezifischen Lehren und Lernen innerhalb und außerhalb der Schule. In ihren Forschungsarbeiten befasst sie sich mit der Auswahl, Legitimation und didaktischen Rekonstruktion von Lerngegenständen, der Festlegung und Begründung von Zielen des Unterrichts, der methodischen Strukturierung von Lernprozessen sowie der angemessenen Berücksichtigung der psychischen und sozialen Ausgangsbedingungen von Lehrenden und Lernenden. Außerdem widmet sie sich der Entwicklung und Evaluation von Lehr- und Lernmaterialien (Konferenz der Vorsitzenden der Fachdidaktischen Fachgesellschaften, KVFF 1998).

Mit der Gründung der Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) im Jahre 2001 haben die Fachdidaktiken in Deutschland eine organisierte Vertretung und ein effektives Sprachrohr bekommen. Gleichzeitig wurde eine eigene Publikationsreihe (Forschungen zur Fachdidaktik) eingerichtet, die nun als Fachdidaktische Forschungen weitergeführt wird. In dieser Reihe erscheinen Monographien und Sammelbände, die aufgrund ihrer methodischen Anlage oder inhaltlichen Schwerpunkte von allgemeinem fachdidaktischem Forschungsinteresse sind. Dadurch soll die interdisziplinäre Kooperation der Fachdidaktiken auf dem Gebiet der Forschung angeregt und gefördert werden.

Martin Rothgangel, Ulf Abraham,
Horst Bayrhuber, Volker Frederking, Werner Jank,
Helmut Johannes Vollmer (Hrsg.)

Lernen im Fach und über das Fach hinaus

Bestandsaufnahmen und Forschungsperspektiven
aus 17 Fachdidaktiken im Vergleich

Allgemeine Fachdidaktik, Band 2



Waxmann 2020
Münster · New York

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Fachdidaktische Forschungen, Band 12

Print-ISBN 978-3-8309-4122-4

E-Book-ISBN 978-3-8309-9122-9

© Waxmann Verlag GmbH, 2020
Steinfurter Straße 555, 48159 Münster

www.waxmann.com
info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Pleßmann Design, Ascheberg

Satz: satz&sonders GmbH, Dülmen

Druck: Hubert & Co., Göttingen

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier gemäß ISO-9706



Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.
Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages
in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer
Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhalt

Vorwort	9
---------------	---

Hinführung

Martin Rothgangel

Allgemeine Fachdidaktik <i>bottom up</i> : Methode, Gegenstand und Ziele	13
1. 17 Fachdidaktiken im Vergleich: Zur methodischen Vorgehensweise ..	14
2. Darstellungen aus 17 Fachdidaktiken: Zur Perspektivität der Vergleichsobjekte	19
3. Grundzüge einer Allgemeinen Fachdidaktik: Ziele des vorliegenden Bandes	20

Erster Hauptteil: Darstellungen aus 17 Fachdidaktiken

Horst Bayrhuber

Biologiedidaktik	25
------------------------	----

Ilka Parchmann & Bernd Ralle

Chemiedidaktik	52
----------------------	----

Volker Frederking & Ulf Abraham

Deutschdidaktik	75
-----------------------	----

Helmut Johannes Vollmer & Karin Vogt

Englischdidaktik	103
------------------------	-----

Michael Hemmer

Geographiedidaktik	132
--------------------------	-----

Waltraud Schreiber & Wolfgang Hasberg

Geschichtsdidaktik	155
--------------------------	-----

Johannes Magenheim & Ralf Romeike

Informatikdidaktik	182
--------------------------	-----

Constanze Kirchner

Kunstdidaktik	208
---------------------	-----

Kristina Reiss, Frank Reinhold & Anselm Strohmaier

Mathematikdidaktik	236
--------------------------	-----

Werner Jank, Jens Knigge & Anne Niessen
Musikdidaktik 262

Horst Schecker
Physikdidaktik 289

Georg Weißeno & Peter Massing
Politikdidaktik 315

Ulrich Riegel & Martin Rothgangel
Religionsdidaktik 339

Claudia Schomaker & Sandra Tänzer
Sachunterrichtsdidaktik 363

*Verena Oesterhelt, Erin Gerlach, Elke Grimminger-Seidensticker
& Georg Friedrich*
Sportdidaktik 391

Andreas Hüttner
Technikdidaktik 419

Holger Arndt
Wirtschaftsdidaktik 444

Zweiter Hauptteil: Vergleich der Fachdidaktiken

Martin Rothgangel
17 Fachdidaktiken im Vergleich. Ergebnisse und Perspektiven 469

 A. Geschichtlich bedeutsame Kontexte und Entwicklungen 469

 Ergebnisse und Perspektiven zu Impuls A.1: „Geschichte und
 Verständnis des Unterrichtsfachs und des Fachlichen“ 470

 Ergebnisse und Perspektiven zu Impuls A.2: „Ursprünge und
 Entwicklungen der Fachdidaktik“ 490

 B. Lernen im Fach und seine fachdidaktische Erforschung 500

 Ergebnisse und Perspektiven zu Impuls B.1: „Ziele, Inhalte und
 Kompetenzen des Fachs und des Fachlichen“ 500

 Ergebnisse und Perspektiven zu Impuls B.2: „Perspektiven
 fachdidaktischer Forschung und Entwicklung“ 528

 C. Lernen und Forschung über das Fach hinaus 554

 Ergebnisse und Perspektiven zu Impuls C.1: „Inhalte überfachlich
 verknüpfen und fachliche Kompetenzen verallgemeinern“ 556

Ergebnisse und Perspektiven zu Impuls C.2: „Fachdidaktische Forschung vernetzen“	567
---	-----

Resümee und Perspektive

Martin Rothgangel

Allgemeine Fachdidaktik als Theorie der Fachdidaktiken	581
1. Weiterführende Erkenntnisse und Forschungsdesiderate in Bezug auf Band 1	581
2. ‚Lösungen von Verstehensproblemen‘, ‚Logik und Methodologie‘ oder ‚Beobachtung dritter Ordnung‘? Zum Verständnis von Metatheorie	586
3. Metatheorie im engeren und Objekttheorie im weiteren Sinne. Zum Verständnis von Allgemeiner Fachdidaktik	590
4. Ausblick: „Ohne Ballettschritte, aber mit Ei“	596

Vorwort

Im Entstehungsprozess von Band 1 der Allgemeinen Fachdidaktik wurde deutlich, dass der Vergleich zwischen Fachdidaktiken ein wesentliches Erfordernis ist, um eine fachdidaktische Grundlagentheorie zu entwickeln. Nachdem in Band 1 die fünf Fächer der Arbeitsgruppe „Allgemeine Fachdidaktik“ als eine erste Vergleichsbasis dienten, bilden in diesem Band 17 verschiedene Fachdidaktiken von der Biologie- bis zur Wirtschaftsdidaktik den Gegenstand des Vergleichs.

In diesem Sinne gilt der erste Dank den AutorInnen der verschiedenen Fachdidaktiken. Sie waren nicht nur daran beteiligt, bei einem Symposium in Wien vom 10.–11. 6. 2017 eine gemeinsame Verständigung über die Impulse zu erzielen, sondern sie legten dann auch konsequent auf der Basis dieser Impulse ihre jeweiligen Fächer und Fachdidaktiken dar.

Die überwiegende Mehrheit der AutorInnen ist oder war in der Gesellschaft der Fachdidaktik (GFD e. V.) aktiv. Ohne die GFD wäre die Arbeitsgruppe „Allgemeine Fachdidaktik“ nicht denkbar: Die Idee dazu entstand auf der GFD-Jahrestagung 2009. Die GFD unterstützte auch finanziell Arbeitstreffen, das obige Symposium in Wien sowie die Publikation dieses Bandes. Auch bildet die Mitgliederversammlung der GFD stets eine gute Gelegenheit, um bestimmte Grundgedanken dieses Projekts vorstellen und diskutieren zu können.

Gleichfalls möchten wir dem Zentrum für LehrerInnenbildung der Universität Wien danken, welches ebenso das Symposium sowie die vorliegende Publikation bezuschusste und in dessen Rahmen die Überlegungen der Arbeitsgruppe zur Allgemeinen Fachdidaktik auch zur Diskussion gestellt werden konnte. Darüber hinaus möchten wir den Wiener Mitarbeiterinnen Marietta Behnoush, Sabine Hermisson, Nadine Mund, Karin Sima, Julia Spichal und Sarah Wolf für alle redaktionellen Arbeiten danken.

Wesentliche Teile der vorliegenden Analyse wurden während eines Forschungsaufenthalts von Martin Rothgangel an der Universität Haifa verfasst. Diesbezüglich sei insbesondere Hanan Alexander gedankt, dem Dekan der Erziehungswissenschaftlichen Fakultät. Er hat nicht nur sein Arbeitszimmer zur Verfügung gestellt, sondern auch die Präsentation von Gedanken zur Allgemeinen Fachdidaktik im Arbeitskreis *Philosophy of Education* angeregt, wodurch internationale Bezugspunkte und Potentiale deutlich wurden. Hierin besteht eine Herausforderung und Chance für die zukünftige Weiterentwicklung der Allgemeinen Fachdidaktik.

Die Herausgeber

Hinführung

Martin Rothgangel

Allgemeine Fachdidaktik *bottom up*: Methode, Gegenstand und Ziele

Das vorliegende Projekt ‚Allgemeine Fachdidaktik‘ basiert auf der Zusammenarbeit von insgesamt 17 Fachdidaktiken. Dabei beruht die Besonderheit dieses zweiten Bandes nicht allein auf der beachtlichen Anzahl der beteiligten Fachdidaktiken, sondern auch auf der Tatsache, dass sich die VertreterInnen dieser 17 Fachdidaktiken gemeinsam auf sechs Impulse verständigten, die im Anschluss daran aus der Perspektive der jeweiligen Fachdidaktik beantwortet wurden. Diese Vorgehensweise diente der besseren Vergleichbarkeit der beteiligten Fachdidaktiken und bildet – was noch näher beschrieben werden soll – eine Basis für die Weiterentwicklung der Allgemeinen Fachdidaktik.

Dieser zweite Band der Allgemeinen Fachdidaktik widmet sich wiederum primär dem fachlichen Lernen sowie den fachdidaktischen Forschungsperspektiven.¹ Er stellt eine gezielte Erweiterung und Vertiefung des *bottom up*-orientierten Hauptteils „Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik: Vergleichende Beobachtungen“ (S. 22–146) des ersten Bandes dar (Bayrhuber u. a., 2017). Keine direkte Entsprechung findet sich hingegen zum zweiten Hauptteil von Band 1 „Allgemeine Fachdidaktik: Bausteine einer theoretischen Grundlegung“ (S. 147–204) sowie dessen dritten Hauptteil „Fachliche Bildung“ (S. 205–247), der im dritten Band der Allgemeinen Fachdidaktik vertieft werden soll. Gleichwohl kommen im Auswertungsteil am Ende eines jeden Impulses („Bündelung hinsichtlich der Allgemeinen Fachdidaktik“) auch Aspekte in den Blick, die mit diesen beiden Hauptteilen aus Band 1 korrespondieren und weiterführende Fragen und Erkenntnisse für diese enthalten. Ebenso wird im Schlussteil „Allgemeine Fachdidaktik als Theorie der Fachdidaktiken. Ein Vorschlag zur Diskussion“ insbesondere auf den zweiten Hauptteil des ersten Bandes Bezug genommen.

Nachstehend soll näher dargelegt werden, wie die methodische Vorgehensweise, der Gegenstand und die Ziele dieses primär *bottom up*-orientierten Projekts der Allgemeinen Fachdidaktik beschaffen sind.

1 Der Fokus der Impulse auf fachliches Lernen war bereits in Band 1 forschungspragmatisch begründet und wird hier fortgesetzt: Anhand exemplarischer Tiefenbohrungen soll das Wesen und die Funktionsweise der Allgemeinen Fachdidaktik schrittweise erkundet werden. In Band 3 der Allgemeinen Fachdidaktik erfolgt sodann eine Schwerpunktsetzung auf fachliche Bildung. In späteren Studien soll den fachdidaktisch ebenso bedeutsamen Bezugspunkten des fachlichen Lehrens und der fachlichen Erziehung eine vergleichbare Aufmerksamkeit zuteilwerden.

1. 17 Fachdidaktiken im Vergleich: Zur methodischen Vorgehensweise

Im Folgenden wird in methodischer Hinsicht der Entstehungsprozess des vorliegenden Bandes von seinem Ausgangspunkt in Band 1 bis hin zur Überprüfung der Analyseergebnisse dargelegt.

1.1 Fächervergleich von Band 1 als Ausgangspunkt

Wie bereits hervorgehoben, bildet der *bottom up*-orientierte Teil „Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik: Vergleichende Beobachtungen“ (S. 22–146) einen grundlegenden Baustein von Band 1 der Allgemeinen Fachdidaktik und zugleich den Ausgangspunkt von Band 2. Hier finden sich Darstellungen derjenigen fünf Fachdidaktiken, welche in der GFD-Arbeitsgruppe der Allgemeinen Fachdidaktik vertreten sind: Biologiedidaktik, Deutschdidaktik, Englischdidaktik, Musikdidaktik und Religionsdidaktik. Diese Fächertexte wurden auf der Basis der folgenden drei Impulse geschrieben (vgl. dazu Rothgangel & Vollmer, 2017):

- A. Historisch bedeutsame Aspekte des jeweiligen Fachs,
- B. Lernen im Fach mit Fokus auf fachliche Inhalte und fachliche Kompetenzen sowie
- C. Lernen über das Fach hinaus.

Diesen Fächerdarstellungen bilden letztlich den Ausgangspunkt für den ersten Hauptteil der vorliegenden Publikation.

Davon ausgehend wurde in jenem Teil von Band 1 eine vergleichende Auswertung mit der Grounded Theory angefertigt (Rothgangel, 2017a), wobei insgesamt 16 Kategorien ermittelt wurden. Insbesondere das Ergebnis einer Kategorie („Auswahl und Strukturierung der fachlichen Inhalte“) ermutigte den Verfasser dazu, eine vertiefende Studie unter Einbezug möglichst vieler weiterer Fächer anzuregen (ebd., S. 140). Gemäß den Fächerdarstellungen in Band 1 erfolgen nämlich die Auswahl und Strukturierung fachlicher Inhalte z. B.

- in der *Biologiedidaktik* durch den primären Blick auf die Fachwissenschaft Biologie, aus dem die drei Basiskonzepte ‚System‘, ‚Struktur- und Funktionszusammenhang‘ sowie ‚Entwicklung‘ resultieren,
- in der *Musikdidaktik* durch die Unterscheidung musikalischer Verhaltensweisen (Produktion, Reproduktion, Rezeption, Transposition, Reflexion) und
- in der *Deutschdidaktik* einerseits wie in der Biologiedidaktik durch fachliche Schwerpunkte (z.B. Wissensaufbau über Sprach-, Literatur- und Mediengeschichte) sowie andererseits wie in der Musikdidaktik durch darauf bezogene Praxen (z. B. Lesen, Schreiben).

Das Besondere dieses aus dem Vergleich von Fachdidaktiken gewonnenen Ergebnisses ist, dass bislang derartige fachlich bedingte Differenzen bei der Auswahl und Strukturierung von Fachinhalten in Theorien der Allgemeinen Didaktik praktisch keine Berücksichtigung gefunden haben. Hier zeigt sich exemplarisch, wie durch den

bottom up-Vergleich Allgemeiner Fachdidaktik neue Erkenntnisse für das Selbstverständnis von Fachdidaktiken resultieren können.

Würde sich dieser Punkt aber auch bestätigen, modifizieren bzw. noch weiter ausdifferenzieren, wenn weitere KollegInnen und Fachdidaktiken in das Projekt der Allgemeinen Fachdidaktik einbezogen werden? Diese Frage war ein entscheidender Beweggrund für das mit diesem Band realisierte Projekt ‚Allgemeine Fachdidaktik‘. Auf sie wird im zweiten Hauptteil sowie im resümierenden Teil nochmals Bezug genommen.

1.2 Symposium zur Vorbereitung

Der Arbeitsprozess in Band 1 zeigte, dass sich die Vergleichbarkeit zwischen den Fächertexten verbessert, wenn eine gemeinsame Verständigung über die zugrundeliegenden Impulse erfolgt. Aus diesem Grund fand zur Vorbereitung auf Band 2 ein zweitägiges Symposium in Wien statt, in der insbesondere die Impulse sowie die Analyseergebnisse von Band 1 diskutiert und gemeinsame Verabredungen getroffen wurden, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit der Fächertexte in Band 2 zu erzielen.

Dabei wurde die Entscheidung getroffen, dass jeder der drei Impulse von Band 1 (s. oben) von der Unterscheidung zwischen Unterrichtsfach und Fachdidaktik bestimmt sein soll. Daraus resultierten für die Fächertexte des vorliegenden Bandes die nachstehenden drei Bereiche, untergliedert nach sechs Impulsen, wobei inspiriert durch Ergebnisse von Band 1 *mögliche* konkretisierende Aspekte festgehalten wurden (s. die Klammerbemerkungen zu den Impulsen):

A. Geschichtlich bedeutsame Kontexte und Entwicklungen zum Fach und zur Fachdidaktik

Impuls A.1: Geschichte und Verständnis des Unterrichtsfachs und des Fachlichen

(Bezug auf prägende geschichtliche Kontexte und prägende Bildungsreformen)

Impuls A.2: Ursprünge und Entwicklungen der Fachdidaktik

(Bezug auf prägende geschichtliche Kontexte und prägende Bildungs- und Hochschulreformen, prägende didaktische Reformen, Ursprünge und Professionalisierung der Lehrerbildung im jeweiligen Fach; Zuständigkeit der FD für ..., Beitrag der Forschung zur Entwicklung und Etablierung der Fachdidaktik als wissenschaftlicher Disziplin)

B. Lernen im Fach und seine fachdidaktische Erforschung

Impuls B.1: Ziele, Inhalte und Kompetenzen des Fachs und des Fachlichen

(Fachspezifische Ziele, d. h. besonders Globalziel des Faches, charakteristische Ziele des Faches, Begründung der Zielsetzung; fachspezifische Kompetenzen, Entwicklung

und Begründung von Kompetenzmodellen; fachspezifische Inhalte, d. h. Quellen der fachlichen Inhalte, Auswahl und Strukturierung der fachlichen Inhalte, Entwicklung der fachlichen Inhalte, Bezug/Verhältnis zur Fachwissenschaft, fachspezifische Erkenntnismethoden und fachspezifische Medien)

Impuls B.2: Perspektiven fachdidaktischer Forschung und Entwicklung

(Formate fachdidaktischer Forschung: empirisch, historisch, theoretisch, vergleichend, ...; modell-, forschungs- bzw. theoriebasierte Entwicklung von Themen/Unterrichtskonzepten/Lernangeboten; Kompetenzforschung: empirische Kompetenzforschung, fachspezifische Kritik an Kompetenzorientierung; Bezug/Verhältnis zu anderen Wissenschaften und fachlichen Praxen; Bedeutung des internationalen Diskurses)

C. Lernen und Forschung über das Fach hinaus

Impuls C.1: Inhalte überfachlich verknüpfen und fachliche Kompetenzen verallgemeinern

(fächerübergreifende Bildungspotentiale wie Wissensvertiefung und -flexibilisierung, fachspezifische Differenzen fächerübergreifender Bildungsaspekte, Schattenseiten fächerübergreifenden Unterrichts sowie Verallgemeinerungspotential fachlicher Kompetenzen und Strukturen.)

Impuls C.2: Fachdidaktische Forschung vernetzen

(hinsichtlich überfachlichen Lernens, interdisziplinäre fachdidaktische Forschung)

Im Anschluss an die Wiener Tagung zogen manche TeilnehmerInnen noch Co-AutorInnen für ihre Fächertexte hinzu, sodass folgende Fachdidaktiken und VertreterInnen in diesem Band versammelt sind (kursiv hervorgehoben sind im Vergleich zu Band 1 die neu hinzugekommenen Fächer und AutorInnen):

Biologiedidaktik: Horst Bayrhuber

Deutschdidaktik: Ulf Abraham & Volker Frederking

Englischdidaktik: Helmut Johannes Vollmer & Karin Vogt

Musikdidaktik: Werner Jank, Jens Knigge & Anne Niessen

Religionsdidaktik: Ulrich Riegel & Martin Rothgangel

Chemiedidaktik: Ilka Parchmann & Bernd Ralle

Geographiedidaktik: Michael Hemmer

Geschichtsdidaktik: Waltraud Schreiber & Wolfgang Hasberg

Informatikdidaktik: Johannes Magenheim & Ralf Romeike

Kunstdidaktik: Constanze Kirchner

Mathematikdidaktik: Kristina Reiss, Frank Reinhold & Anselm Strohmaier

Physikdidaktik: Horst Schecker

Politikdidaktik: Georg Weisseno & Peter Massing

Sachunterrichtsdidaktik: Claudia Schomaker & Sandra Tänzer

Sportdidaktik: Verena Oesterhelt, Erin Gerlach, Elke Grimminger-Seidensticker & Georg Friedrich

Technikdidaktik: Andreas Hüttner

Wirtschaftsdidaktik: Holger Arndt

Alle auf der Basis der sechs Impulse verfassten Texte wurden wiederum von der Arbeitsgruppe Allgemeine Fachdidaktik kritisch gesichtet und konnten von den AutorInnen nochmals revidiert werden. Ein Ziel dieses Arbeitsprozesses war es, eine möglichst gute Basis für die vergleichende Analyse zu erhalten.

1.3 Grounded Theory als Analysemethode

Wie schon in Band 1 wird auch in diesem Band als Analysemethode die Grounded Theory in der Traditionslinie von Strauss & Corbin (1996; vgl. dazu Strübing, 2008) angewendet. Dafür sprechen verschiedene Gründe:

- Die Grounded Theory basiert auf der Methode des ständigen Vergleichens (*constant comparison method*; vgl. zum Verständnis von Fachterminologie der Methode auch im Folgenden Hermisson & Rothgangel, 2018).
- Das offene, axiale und selektive Kodieren dient generell der Entdeckung neuer, aus dem jeweiligen Untersuchungsgegenstand heraus entwickelter Theorien. Speziell hinsichtlich der im Entwicklungsprozess befindlichen Allgemeinen Fachdidaktik besteht das Potential darin, dass auf diese Weise bestimmte Theoriebausteine generiert werden können.
- Die Anwendung der Grounded Theory hat sich in Band 1 als ein gangbarer und fruchtbarer Weg herausgestellt und somit bewährt.
- Darüber hinaus ermöglicht die Anwendung der gleichen Forschungsmethode in Band 1 wie Band 2 eine bessere Vergleichbarkeit der Auswertungsergebnisse.

Die Grounded Theory ist vom Verfasser bereits wiederholt beschrieben und angewendet worden (Rothgangel & Saup, 2003; Hermisson & Rothgangel, 2018); deshalb wird an dieser Stelle die Auswertungsmethodik nicht noch einmal in extenso dargelegt. Allerdings sollen zumindest Grundzüge der Vorgehensweise bei der vorliegenden Analyse skizziert werden: In einem ersten Schritt wurden am Rand der Fächertexte Konzeptbegriffe gebildet, wobei diese bereits unter dem Vorzeichen der Heuristik des ‚axialen Kodierparadigmas‘ (Hermisson & Rothgangel, 2018) formuliert wurden. Aus den Konzeptbegriffen – und unter Berücksichtigung sogenannter ‚Memos‘ – wurden in einem zweiten Schritt Kategorien gebildet und vor dem Hintergrund des axialen und selektiven Kodierens hinsichtlich ihrer möglichen Zusammenhänge untersucht. Im Anschluss daran wurden die Analyseergebnisse anhand der Fächertexte überprüft. Dabei konnte es vereinzelt vorkommen, dass diese unzureichend den zum Teil dichten Aussagegehalt der Fächertexte widerspiegeln. In diesem Fall wurde eine Nachkodierung durchgeführt und auf dieser Basis weitere bzw. differenziertere Kategorien gebildet.

Dank der Vielzahl und Ausführlichkeit der Fächertexte konnten zu allen Impulsen ‚gesättigte‘ Kategorien generiert werden. Das schließt keineswegs aus, dass für bestimmte Aspekte der Impulse eine weitere Erhebung wünschenswert wäre. Derartige Forschungsdesiderate, denen im Sinne der Grounded Theory mit einem

weiteren Sampling nachzugehen wäre, werden im Auswertungstext am jeweiligen Ort angesprochen.

Schließlich ist hinsichtlich der empirischen Analyse grundsätzlich zu bedenken, dass sie mit ihren methodischen Stärken und Grenzen bestimmte Ergebnisse ermittelt, den die fachdidaktischen Darstellungen hinsichtlich der Impulse zu erkennen geben. Diese Ergebnisse können sich als aufschlussreich für den Status quo erweisen, sie sollten aber nicht zu vorschnellen normativen Folgerungen verleiten. Dies würde dem aus der Ethik hinreichend bekannten ‚naturalistischen Fehlschluss‘ entsprechen, wenn aus den Seins-Aussagen ‚unmittelbar‘ ‚Sollens-Aussagen‘ abgeleitet würden.

1.4 Abschließende Überprüfung der Auswertung durch die AutorInnen

Die Besprechung der Analyseergebnisse in der Arbeitsgruppe ‚Allgemeine Fachdidaktik‘ führte v. a. zwei Gründe vor Augen, warum sich eine abschließende Durchsicht der Analyse durch die AutorInnen der Fächertexte als wünschenswert herausstellte.

Zwar besteht bei qualitativen Methoden wie der Grounded Theory überhaupt kein Anspruch darin, bei der Dokumentation der Analyseergebnisse ‚repräsentativ‘ alle Belege für eine ermittelte Kategorie bzw. Theorie anzuführen. Vielmehr steht die Herausarbeitung von bestimmten Kategorien bzw. Theorien im Vordergrund, welche exemplarisch mit Ankerbeispielen oder Textbelegen dokumentiert werden. Es zeigte sich allerdings, dass bestimmte Aspekte im Kontext eines Fachs so bedeutsam sein können, dass ihre Nichtnennung bei der Dokumentation der Analyse für fachdidaktische KollegInnen merkwürdig erscheinen könnte. Deshalb wurde den AutorInnen die Gelegenheit gegeben, für diesen ‚Notfall‘ einen Verweis auf das eigene Fach anzuregen.

Darüber hinaus war ein Phänomen zu beobachten, das als ‚Leerstellen-Problematik‘ gekennzeichnet werden könnte: U.a. aufgrund des begrenzten Seitenumfangs konnte es vorkommen, dass ein bestimmter Aspekt des Fachs oder der Fachdidaktik in einem Fächertext nicht thematisiert wurde, der sich aber in der Analyse der Texte generell als bedeutsam herausstellte. Es war zwar in diesem Fall nicht mehr möglich, diese Leerstelle im eigenen Text zu ergänzen, aber es bestand die Möglichkeit, die Auswertung in Anbetracht dieser Leerstelle des Fächertextes vor falschen Schlussfolgerungen zu bewahren. Generell waren Kommentare hinsichtlich der Analyseergebnisse möglich, die insbesondere der Eliminierung von möglichen Fehlern dienen sollte.

2. Darstellungen aus 17 Fachdidaktiken: Zur Perspektivität der Vergleichsobjekte

Bevor der Untersuchungsgegenstand des vorliegenden Projekts genauer umrissen wird, soll zunächst zur Einordnung dessen generell der Gegenstandsbereich Allgemeiner Fachdidaktik skizziert werden.

2.1 Gegenstandsbereich Allgemeiner Fachdidaktik

Im Verhältnis zu den Fachdidaktiken lässt sich die Allgemeine Fachdidaktik nach dem bisherigen Verständnis der Arbeitsgruppe als deren Metatheorie verstehen: „Der Objektbereich der Allgemeinen Fachdidaktik ergibt sich aus dem Vergleich der einzelnen Fachdidaktiken und der von diesen entwickelten Theorien und Metatheorien. Dazu bewegt sich die Allgemeine Fachdidaktik auf einer von ihr etablierten Metaebene. Auf dieser formuliert sie metatheoretische Aussagen über Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Theorien, Metatheorien, Fragestellungen, Methoden etc. der einzelnen Fachdidaktiken. Die auf diese Weise entstehenden Theorien der Allgemeinen Fachdidaktik lassen sich als metatheoretische Bestimmungen der Fachdidaktiken in ihrer Gesamtheit verstehen.“ (Frederking, 2017, S. 181)

Diese Definition lässt sich mit der Wissenschaftstheorie von Niklas Luhmann (1992) vertiefen, die auf seiner Theorie der Beobachtung basiert und mit drei Beobachterebenen operiert (vgl. zur entsprechenden Luhmann-Rezeption Rothgangel, 2014; 2017b): Im Rahmen fachspezifischen Lehrens und Lernens finden z. B. zwischen LehrerInnen und SchülerInnen Beobachtungen erster Ordnung statt. Fachdidaktische Forschung, welche etwa die Interaktionen im Fachunterricht untersucht, stellt eine Beobachtung zweiter Ordnung dar. Bei der Entwicklung der Allgemeinen Fachdidaktik erfolgen Beobachtungen dritter Ordnung, d. h. es wird beobachtet, wie fachdidaktische Forschung fachspezifisches Lehren und Lernen beobachtet. Grafisch kann dieser Zusammenhang folgendermaßen veranschaulicht werden:

<i>BeobachterInnen erster Ordnung</i> beobachten etwas oder jemanden: Beobachtungen beim fachspezifischen Lehren und Lernen (z. B. zwischen SchülerInnen und LehrerInnen)	<i>BeobachterInnen zweiter Ordnung</i> beobachten BeobachterInnen erster Ordnung und deren Beobachtungen: Beobachtungen bei fachdidaktischer Forschung	<i>BeobachterInnen dritter Ordnung</i> beobachten BeobachterInnen der zweiten Ordnung und deren Beobachtungen: Beobachtungen bei der Entwicklung Allgemeiner Fachdidaktik
--	---	--

Abb. 1: Entwicklung der Allgemeinen Fachdidaktik im Horizont von Luhmanns Beobachtungsordnungen

Somit besteht der Untersuchungsgegenstand der Allgemeinen Fachdidaktik darin, die fachdidaktische Forschung und deren Beobachtungen des fachspezifischen Lehrens und Lernens zu beobachten.

2.2 Reichweite und Limitationen des vorliegenden Projekts

Dieses Projekt ist bedingt durch die Darstellungen aus 17 Fachdidaktiken (= zweite Beobachterebene), die mit der Grounded Theory vergleichend beobachtet werden (= dritte Beobachterebene), zweifellos ein Teil des soeben skizzierten Gegenstandsbereichs Allgemeiner Fachdidaktik. Gleichwohl können innerhalb dessen die Reichweite und die Grenzen des vorliegenden Projekts noch klarer bestimmt werden.

Eine erste Limitation wurde eingangs bereits angemerkt: Der Schwerpunkt des vorliegenden Projekts liegt in der Erweiterung und Vertiefung des *bottom up*-orientierten Hauptteils des ersten Bandes, während eher *top down* ausgerichtete Überlegungen allenfalls sekundär sind. Zugleich ist in positiver Hinsicht allein durch den Einbezug von 12 weiteren Fächern auch ein vertiefendes Erkenntnispotential über Band 1 hinaus gegeben.

Eine zweite Limitation ist durch die Impulse bedingt: Die drei Impulse in Band 1 hatten sich bewährt (zum Verständnis vgl. Rothgangel & Vollmer, 2017), um charakteristische Einblicke in die fünf beteiligten Fachdidaktiken zu ermöglichen. Zwar besitzt die bereits thematisierte Weiterentwicklung der Impulse durch die Unterscheidung von Fach und Fachdidaktik ein weiterführendes Potential. Es besteht aber eine bereits in Band 1 gegebene Einschränkung darin, dass z. B. Aspekte des fachlichen Lehrens oder von fachlicher Bildung nicht erhoben werden.

Eine dritte Limitation ergibt sich geradezu notwendig durch die Fachdarstellungen: Bei allem Bemühen, auf der Grundlage der Impulse einen möglichst umfassenden und ausgewogenen Überblick über den Diskussionsstand der jeweiligen Fachdidaktik zu geben, sind die Fächerdarstellungen von der Perspektive und der spezifischen Sicht der AutorInnen geprägt und geben nicht einfach ‚objektiv‘ den Forschungsstand in den Fachdidaktiken wieder.² Umgekehrt gilt auch: Diese Sichtweisen und Darstellungen aus 17 Fachdidaktiken ermöglichen einen Überblick über fachdidaktische Forschung zu Lernen im Fach und über das Fach hinaus, wie er bisher nicht möglich war.

3. Grundzüge einer Allgemeinen Fachdidaktik: Ziele des vorliegenden Bandes

Die voranstehenden Limitationen zeigen, dass das vorliegende Projekt keinen Grundriss der Allgemeinen Fachdidaktik ermöglicht: Seine Grenzen bilden einen Teilbereich des Gegenstandsbereichs Allgemeiner Fachdidaktik. Gleichwohl besteht ein wesentliches Ziel des vorliegenden Projekts darin, *Grundzüge einer Allgemeinen Fachdidaktik innerhalb des soeben ‚abgesteckten‘ Terrains herauszuarbeiten*. Damit soll das vorliegende Projekt einen Beitrag zu dem grundsätzlichen Ziel der Arbeitsgruppe der Allgemeinen Fachdidaktik leisten, eine Grundlagentheorie für die Fachdidak-

² In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass die meisten Fächertexte den Literaturstand ihres Fachs bis einschließlich 2017 berücksichtigen.

tiken zu entwickeln. Ob und inwieweit dieses Ziel letztlich erreicht wird, soll im abschließenden Teil geprüft werden.

Darüber hinaus dient das vorliegende Projekt der Verfolgung von zwei weiteren Zielen, die allgemein für die Allgemeine Fachdidaktik gelten: Einerseits geht es um die *Förderung des Dialogs mit der Allgemeinen Didaktik*. Bedingt durch die Darstellungen aus siebzehn Fächern inklusive der vergleichenden Analyse ist es nämlich zukünftig für VertreterInnen der Allgemeinen Didaktik einfacher, einen Überblick über die Forschung in diversen Fachdidaktiken zu erhalten, um Verallgemeinerungen aus dem fachspezifisch Besonderen vornehmen zu können.

Andererseits zielt dieser Band auf eine weitere *Intensivierung des Dialogs zwischen den Fachdidaktiken hinsichtlich ihres grundlagentheoretischen Selbstverständnisses*: Positive Effekte wurden bereits während der Tagung in Wien erkennbar, als die gemeinsamen Impulse für die Darstellung ihrer Fächer entwickelt wurden. Gleiches zeigte sich auch bei einer ersten Präsentation der Analyseergebnisse während einer Mitgliederversammlung der GFD. Aber letztlich werden die fachdidaktischen Diskussionen über diesen Band das letzte Wort über die Erreichung dieses Ziels sprechen.

Literatur

- Bayrhuber, H., Abraham, U., Frederking, V., Jank, W., Rothgangel, M. & Vollmer, H. J. (2017). *Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik* (Allgemeine Fachdidaktik, Bd. 1 = GFD, Fachdidaktische Forschungen, Bd. 9). Münster: Waxmann.
- Frederking, V. (2017). Allgemeine Fachdidaktik – Metatheorie und Metawissenschaft der Fachdidaktiken. Begründungen und Konsequenzen. In H. Bayrhuber, U. Abraham, V. Frederking, W. Jank, M. Rothgangel & H. J. Vollmer, *Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik* (Allgemeine Fachdidaktik, Bd. 1 = GFD, Fachdidaktische Forschungen, Bd. 9, S. 179–204). Münster: Waxmann.
- Hermisson, S. & Rothgangel, M. (2018). Grounded Theory. In M. Pirner & M. Rothgangel (Hrsg.), *Empirisch forschen in der Religionspädagogik. Ein Studienbuch für Studierende und Lehrkräfte* (S. 111–126). Stuttgart: Kohlhammer.
- Luhmann, N. (1992). *Die Wissenschaft der Gesellschaft*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Rothgangel, M. (2014). *Religionspädagogik im Dialog I. Disziplinäre und interdisziplinäre Grenzgänge*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Rothgangel, M. (2017a). Vergleich der Fächer. In H. Bayrhuber, U. Abraham, V. Frederking, W. Jank, M. Rothgangel & H. J. Vollmer, *Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik* (Allgemeine Fachdidaktik, Bd. 1 = GFD, Fachdidaktische Forschungen, Bd. 9, S. 137–146). Münster: Waxmann.
- Rothgangel, M. (2017b). Allgemeine Fachdidaktik im Spannungsfeld von Fachdidaktiken und Allgemeiner Didaktik. In H. Bayrhuber, U. Abraham, V. Frederking, W. Jank, M. Rothgangel & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik* (Allgemeine Fachdidaktik, Bd. 1 = GFD, Fachdidaktische Forschungen, Bd. 9, S. 147–160). Münster: Waxmann.
- Rothgangel, M. & Saup, J. (2003). Eine Religionsunterrichtsstunde – nach der Grounded Theory untersucht. In D. Fischer, V. Elsenbast & A. Schöll (Hrsg.), *Religionsunter-*

richt erforschen. Beiträge zur empirischen Erkundung von religionsunterrichtlicher Praxis (S. 85–102). Münster: Waxmann.

Rothgangel, M. & Vollmer, H. J. (2017). Ausgangspunkte. In H. Bayrhuber, U. Abraham, V. Frederking, W. Jank, M. Rothgangel & H. J. Vollmer, *Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik* (Allgemeine Fachdidaktik, Bd. 1 = GFD, Fachdidaktische Forschungen, Bd. 9, S. 22–30). Münster: Waxmann.

Strauss & Corbin (1996). *Grounded Theory. Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: Beltz.

Strübing, J. (2008). *Grounded Theory. Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung des Verfahrens der empirisch begründeten Theoriebildung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Erster Hauptteil

Darstellungen aus 17 Fachdidaktiken

Biologiedidaktik

Bestandsaufnahme und Forschungsperspektiven

Im Biologieunterricht befassen sich die Schülerinnen und Schüler mit der Welt des Lebendigen aus naturwissenschaftlicher, individueller und gesellschaftlicher Sicht. Im Unterricht erwerben sie basale Einsichten in die Struktur und die Funktion von Biosystemen. Sie bereiten sich außerdem auf eine aktive Teilhabe am gesellschaftlichen Diskurs über Ziele und Anwendungen biowissenschaftlicher Forschung vor.

A. Geschichtlich bedeutsame Kontexte und Entwicklungen zum Fach Biologie und zur Biologiedidaktik

Impuls A.1: Geschichte und Verständnis des Unterrichtsfachs und des Fachlichen

Der heutige Biologieunterricht steht in der jahrhundertelangen Tradition der unterrichtlichen Beschäftigung mit Lebewesen, einschließlich des Menschen. Dieser Unterricht wurde schon in der Vergangenheit sowohl durch Entwicklungen der Fachwissenschaft, als auch durch gesellschaftliche Erfordernisse beeinflusst. Die Einflüsse hatten unterschiedliche Konsequenzen für den Bildungsauftrag des Unterrichts.²

Das Unterrichtsfach bezeichnete man im 19. Jahrhundert noch nicht als Biologieunterricht, sondern als naturgeschichtlichen Unterricht, zu dem allerdings „auch die Mineralogie im weiteren Sinne“ gerechnet wurde (Schmeil, 1905, S. 9.). Otto Schmeil (1905, S. 7 ff.) stellte in seinen „Reformbestrebungen“, die im Jahr 1896 in der 1. Auflage erschienen ist, die Forderung auf, der „naturgeschichtliche Unterricht hat ein *biologischer* zu werden“ (Hervorh. d. O. Schmeil). Mit der Änderung der Terminologie verband Schmeil das allgemeine Ziel, vom „rein morphologisch-systematischen Unterrichte“ (Schmeil, 1908, S. 38) abzugehen und im reformierten, biologischen Unterricht „den kausalen Zusammenhang zwischen Bau und Leben der Naturkörper zu ergründen“ (Schmeil, 1905, S. 40, Hervorh. d. O. Schmeil).

Der Begriff Biologie wurde erst Anfang des 19. Jahrhunderts von Gottfried Reinhold Treviranus (1802–22) als gemeinsame Bezeichnung der Disziplinen eingeführt,

1 Ich danke Markus Hammann für die Mitwirkung bei der Beschreibung der Forschung in der Biologiedidaktik.

2 Auf den Unterschied zwischen Volksbildung und gelehrter Bildung kann in diesem Rahmen nicht eingegangen werden.

die sich mit dem Lebendigen befassen und zum Teil auf Jahrtausende alten Überlieferungen aufbauen. So erwarb die Menschheit mit dem Beginn der Tier- und Pflanzenzüchtung, sowie der Bodenbewirtschaftung vor etwa 10.000 Jahren lebensnotwendige, gemeinnützige Kenntnisse und praktische Fähigkeiten, die erst ab dem 19. Jahrhundert von Genetik, Pflanzenphysiologie und Chemie erklärt bzw. vertieft werden konnten.

A.1.1 Orientierung an gemeinnützigen Kenntnissen und Fähigkeiten

Die Erarbeitung gemeinnütziger Kenntnisse und Fähigkeiten bildet vor allem in der Folge der großen Kriege (Dreißigjähriger Krieg, Siebenjähriger Krieg) einen besonderen Schwerpunkt des Unterrichts. Darauf hat Grupe (1973) hingewiesen, der auch den Begriff der gemeinnützigen Kenntnisse neu eingeführt hat (s. unten Riemann, 1978). Es ging um eine Verbesserung der Lebensverhältnisse etwa im Bereich der Ernährung und der Gesundheit.

Das Ziel, gemeinnützige Kenntnisse und Fähigkeiten im naturkundlichen Unterricht zu vermitteln, verfolgte nach dem Dreißigjährigen Krieg Andreas Reyher (1657) mit dem ersten deutschen Realienbuch mit dem Titel „Kurtzer Unterricht/I. Von Natürlichen Dingen. II. Von etlichen nützlichen Wissenschaften. III. Von Geist- und Weltlichen Land-Sachen. IV. Von etlichen Hauß-Regeln“. In dem, im Rahmen der neuen Gothaischen Schulordnung, entstandenen Buch geht es um die Gestirne, um die vier Elemente Feuer, Luft, Wasser und Erde, um Mineralien, um Kräuter und Bäume, um Tiere sowie um den Körper und die Seele des Menschen. Der Bezug zum Alltag spielt eine besondere Rolle.

Nach dem Siebenjährigen Krieg sorgte der preußische Landedelmann und Vertreter der Aufklärung Friedrich Eberhard von Rochow für die Vermittlung gemeinnütziger Kenntnisse und Fähigkeiten in seinen Schulen. Er verfasste das erste deutsche Volksschullesebuch mit dem Titel „Der Kinderfreund. Ein Lesebuch zum Gebrauch in Landschulen“ (1776, Nachdruck 2003).

Das Büchlein fand weite Verbreitung, bis 1870/1880 wurden in Europa ca. 1 Millionen Exemplare gedruckt (Schmitt, 2003, S. 113). Es berührt vielfältige Themen aus dem Alltag der Landkinder und vermittelt „gemeinnützige Erkenntnis und sittliche Belehrung“ (Riemann, 1798, zitiert nach Schmitt, 2003, S. 116). Im naturkundlichen Bereich befasst es sich u. a. mit der Nützlichkeit von insektenfressenden Vögeln im Obstgarten, dem Pfropfen von Obstbäumen, der Düngung und Unkrautbekämpfung und der Mausefalle.

Auch im gegenwärtigen Biologieunterricht werden alltägliche Praxen wie Ernährung, Schlafen, Hygiene, Lernen oder Abfallbeseitigung thematisiert. Auf die biologischen Grundlagen häufiger Krankheiten wie Krebs, Parkinson und Altersdemenz wird eingegangen. Am Beispiel des Impfens wird der Risikobegriff erarbeitet und die Bedeutung des Denkens in Wahrscheinlichkeiten bei alltäglichen Entscheidungen erläutert (vgl. B.1.1). Auch legt der Biologieunterricht die fachlichen Grundlagen für umweltverträgliches Handeln. Bei der Beschäftigung mit der Angewandten Biologie wie z. B. der Gentechnik, der Reproduktionsbiologie und der Immunbiologie kommt die gesellschaftliche Bedeutung der Biologie zur Sprache.

A.1.2 Wissenschaftsorientierung

A.1.2.1 *Carl von Linné und wissenschaftliche Naturbeschreibung*

Zu den herausragenden Wissenschaftlern, die den Unterricht bis ins 20. Jahrhundert hinein stark beeinflussten, gehört Carl von Linné. In seiner „Systema Naturae“ (1735) klassifizierte er die damals bekannten Lebewesen nach Art, Gattung, Familie usw. und führte eine neue (binäre) Nomenklatur zur Benennung von Arten ein (z. B. *Bellis perennis*, Gänseblümchen). In der Schulpraxis führte Linnés wissenschaftliche Naturbeschreibung zur Vermittlung von Systemkunde und zur Bearbeitung von Monographien einzelner Arten, ergänzt um Informationen zur Lebensweise der behandelten Lebewesen. Dieser morphologisch-systematische Schwerpunkt wurde im 19. Jahrhundert vor allem von August Lüben (z. B. 1874) und Johannes Leunis (z. B. 1848) durchgesetzt. Tier- und Pflanzenkunde im Sinne von Naturbeschreibung sind heute im Biologieunterricht immer noch Thema, wenngleich in weitaus geringerem Maße.

A.1.2.2 *Biologen des 19. Jahrhunderts und Naturerklärung*

Zu einer Reform des morphologisch-systematischen Unterrichts um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert, die bis heute nachwirkt, trugen bahnbrechende wissenschaftliche Ergebnisse im 19. Jahrhundert bei. Dazu gehören die allgemeinbiologischen Erkenntnisse von Matthias Schleiden und Theodor Schwann (Zelltheorie, s. Bau und Funktion der Zelle im heutigen Biologieunterricht), sowie Georges Cuvier (Paläontologie; Funktionelle Anatomie, s. heute Bau und Funktion des Organismus), Charles Darwin (Evolutionstheorie, s. heute stammesgeschichtliche Entwicklung), Gregor Mendel (Genetik, s. heute individuelle Entwicklung) und Karl August Möbius (Ökologie, s. heute Systembetrachtung³).

Die ökologische Thematik führte Friedrich Junge (1885) am Beispiel des Dorfteichs in den Unterricht der Volksschule ein. Otto Schmeil (1905) ergänzte den morphologisch-systematischen Unterricht um die funktionell-anatomische und autökologische Dimension und berücksichtigte außerdem die Zellbiologie. An die Stelle von Naturbeschreibung trat Naturerklärung (s. A.2.3).

Genetik und Evolutionstheorie spielten zunächst keine Rolle. Das Thema Evolution war sogar politisch inopportun: In der gymnasialen Oberstufe in Preußen war im Jahre 1879 der Unterricht in Biologie ganz verboten worden, weil ein Biologe in Vertretungsstunden die Theorie Darwins (1859) unterrichtet hatte. Das Biologieverbot wurde erst im Jahre 1908 auf Initiative der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ) wieder aufgehoben.

Im gegenwärtigen Biologieunterricht bestimmen die genannten allgemeinbiologischen Themen den Biologieunterricht viel stärker als tier- und pflanzenkundliche.

3 Eine besondere Bedeutung erhielt die Systembetrachtung allerdings erst in den 1970er Jahren mit dem Aufkommen der Biologischen Kybernetik (z. B. Hassenstein, 1977; Bayrhuber & Schaefer, 1978).

A.1.2.3 *Verfälschung von Ergebnissen biologischer Teildisziplinen im Nationalsozialismus*

In der Zeit des Nationalsozialismus gehörten Abstammungslehre und Vererbung zu den Themen der Schulbiologie. Das zeigt z. B. das Oberstufenwerk von Hermann Römpp (1933), das ganz der Allgemeinen Biologie verpflichtet ist. Im Rahmen der Genetik propagierte Römpp (ebd., S. 149 ff.) allerdings die biologisch völlig unbegründete nationalsozialistische Rassenkunde und ging ausführlich auf Eugenik ein.

Auch ökologische Themen wurden in der Zeit des Nationalsozialismus in wissenschaftlich verfälschter Form im Unterricht bearbeitet. Dabei erhielt etwa der Begriff der Lebensgemeinschaft auf biologisch unzulässige Weise einen gesellschaftlichen Bedeutungsgehalt:

„Aus der Behandlung der Lebensgemeinschaften muss er (der Schüler) für sich entnehmen, dass er schicksalhaft an die deutsche Lebensgemeinschaft gebunden ist und nur Daseinsberechtigung in ihr hat, wenn er seine arbeitsteilige Aufgabe innerhalb seines ‚Gliedes‘ erfüllt“ (Brohmer, 1934, S. 20).

Zusätzlich gewann die Vermittlung gemeinnütziger Kenntnisse und Fähigkeiten wieder an Bedeutung, galt es doch, die Ernährung aus „eigener Scholle“ zu fördern, die „Fettlücke“ zu schließen, die Eiweißzufuhr (Kraftfutter) zu verringern und Rohstoffe für die Industrie zu erzeugen (Ziegelmayr, 1936, S. 19).

Zusammenfassung. Der Unterricht über Lebewesen ist in der Geschichte von zwei fachdidaktischen Leitideen bestimmt: Wissenschaftsorientierung einerseits und Vermittlung gemeinnütziger Kenntnisse und Fähigkeiten andererseits. Die Wissenschaftsorientierung änderte im Laufe der Zeit ihre Schwerpunkte von der Naturbeschreibung über die Naturerklärung bis hin zur Relativierung wissenschaftlicher Aussagen und Theorien. Die Vermittlung gemeinnütziger Kenntnisse und praktischer Fähigkeiten umfasst heute Hilfen für die Bewältigung des Alltags ebenso wie die Fähigkeit sich am gesellschaftlichen Diskurs über Ziele und Anwendungsformen der Biologie zu beteiligen.

Impuls A.2: Ursprünge und Entwicklungen der Biologiedidaktik

Im Folgenden soll an herausragenden geschichtlichen Beispielen gezeigt werden, auf welchen fachdidaktischen Grundlagen die Orientierung an gemeinnützigen Kenntnissen und Fähigkeiten bzw. an der biologischen Wissenschaft jeweils beruhen.

A.2.1 *Didactica Magna*

Als ein Ursprung der Biologiedidaktik kann die didaktische Konzeption des Johann Amos Comenius aus dem 17. Jahrhundert gelten. Dieser setzte in seiner *Didactica magna* (1657) der Schule nämlich auch die Beschäftigung mit den Realien zum Ziel.

„Die Schulen lehren die Sprachen eher als die Realien. Man hält den Geist einige Jahre mit den Redekünsten hin, bevor er endlich, wer weiß wann, in das Studium der Realien, der Mathematik, Physik usw. eingeführt wird. Dabei sind doch die Dinge das Wesentliche (*substantia*), die Worte das Zufällige (*accidens*) [...], die Dinge der Kern,

die Worte Schale und Rinde. Beides muss man also dem menschlichen Verstande (intellectus) zugleich bieten, voran jedoch die Dinge, da sie Gegenstand der Erkenntnis (intellectus) so gut wie der Sprache sind.“ (Comenius, 1657, S. 88; s. Flitner, 1993)

Zu den Realien zählt Comenius auch die Naturlehre (*naturalium scientia, physica*), die, wie Andreas Flitner (1993, S. 254) hervorhebt, „bei Comenius für den ganzen Bereich der Schöpfung“ steht, also auch das Lebendige einschließt. Der Unterricht soll durch eine rationale, empirische Weltbetrachtung gekennzeichnet sein: „Nichts soll auf bloße Autorität hin gelehrt werden, alles vielmehr durch eine den Sinnen und der Vernunft zugängliche Darlegung“ (ebd., S. 113). Allgemein wollte er mit seiner *Didactica magna* dazu beitragen, dass „die gesamte Jugend beiderlei Geschlechts [...] in den Wissenschaften gebildet [...] und auf diese Weise [...] zu allem, was für dieses [...] Leben nötig ist, angeleitet werden kann“ (ebd., S. 1). Zugleich berücksichtigt Comenius Kompetenzen der Lebensbewältigung und somit lebenspraktisch bedeutsame Aspekte der Bildung.

Damit begründet Comenius die Orientierung des Unterrichts sowohl an den Wissenschaften, als auch an gemeinnützigen Kenntnissen und Fähigkeiten. Im naturkundlichen Unterricht der folgenden Jahrhunderte wurde mal der eine, mal der andere Schwerpunkt zum bevorzugten Ziel erklärt. Im 20. Jahrhundert bestimmen dann beide Schwerpunkte gemeinsam den Biologieunterricht.

A.2.2 Schulreform von Friedrich Eberhard von Rochow

Der Vertreter der Aufklärung und Philanthrop förderte nicht nur die Verbesserung der Lebensverhältnisse seiner Untertanen, sondern bekämpfte auch Aberglauben und Vorurteile, die z. B. gegenüber einer zeitgemäßen medizinischen Behandlung vorherrschten (Schmitt & Tosch, 2001). Rochow erkennt und berücksichtigt zugleich den „Zusammenhang zwischen Rationalisierung der landwirtschaftlichen Produktion und Verbesserung der in seiner Gutsherrschaft angesiedelten Landschulen“ (Schmitt, 2003, S. 113). Die von ihm gegründeten Landschulen waren also der Aufklärung ebenso verpflichtet wie der Ökonomie. Unterrichtsmaterialien und Unterrichtsmethoden waren am Erfahrungsbereich der Schülerinnen und Schüler orientiert und deren Bedürfnissen und Fähigkeiten angemessen (ebd., S. 117). „Wie in der Aufklärungspädagogik insgesamt war der selbsttätige Schüler ein ganz zentrales Unterrichtsziel“ (ebd., S. 118).

A.2.3 Die Reformen von Friedrich Junge und Otto Schmeil

Nachhaltige Anstöße zur Reform des Unterrichtsfaches gegen Ende des 19. Jahrhunderts gaben Friedrich Junge (1885) und Otto Schmeil (1905).

Friedrich Junge führte im Anschluss an Möbius erstmals ökologische Betrachtungen in den Unterricht ein, und zwar am Beispiel des Dorfteichs, der damals auf dem Lande zum Lebensbereich der Kinder gehörte. Heute ist ein Biologieunterricht ohne Bearbeitung ökologischer Themen nicht vorstellbar.

Otto Schmeil (1905, S. 25) wies darauf hin, dass Junge „den Schlendrian öden Beschreibens und Systematisierens zuerst gehörig beleuchtet und den Stein der Reform ins Rollen gebracht“ hat. Schmeil selbst (ebd., S. 40), ergänzte die reine Naturbeschreibung des gängigen Unterrichts durch Naturerklärung. Am Beispiel von Seehund (ebd., S. 29 ff.) und Scharfem Mauerpfeffer (ebd., S. 35 ff.) erläuterte er, was er konkret unter Naturerklärung verstand: Die Zweckmäßigkeit der äußeren Gestalt und des inneren Baus von Lebewesen sollte in Hinblick auf deren Lebensweise erklärt werden. Diese Zielsetzung begründete er (ebd., S. 17 ff.) in wissenschaftlicher Hinsicht mit Bezug auf Christian Konrad Sprengel (1793, S. 8), den Entdecker der Bestäubung von Blütenpflanzen durch Insekten, und auf Georges Cuvier (1834, S. 178). Damit machte er in der Schule die allgemeinbiologischen Gebiete Ökologie und Funktionelle Anatomie stark. Auch die Zellbiologie wurde in den Schulbüchern Schmeils (z. B. 1908, S. 264 ff.) berücksichtigt.

A.2.4 Reformen in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts in der Bundesrepublik Deutschland

A.2.4.1 *Curriculumentwicklung am Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)*

Nach dem Zweiten Weltkrieg gab der ‚Sputnik-Schock‘ im Anschluss an den ersten Schuss eines Satelliten in eine Erdumlaufbahn durch die Sowjetunion am 4.10.1957 den entscheidenden Anstoß für eine grundlegende Reform des Unterrichts in den naturwissenschaftlichen Fächern in den westlichen Bundesländern Deutschlands.⁴ Man ging davon aus, dass Biologie, Chemie und Physik eine entscheidende Funktion bei der Erhaltung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bzw. des Westens erfüllen, die man nach dem Erfolg der Sowjetunion in Gefahr sah.

Um die naturwissenschaftlichen Fächer in der Schule weiter zu entwickeln und zu fördern, wurde im Jahre 1965 das Kieler ‚Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften‘ (IPN) gegründet. Das IPN stand zunächst vor allem durch die Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten, die außer durch Fachbezug von Schülerorientierung und Gesellschaftsbezug gekennzeichnet waren, an der Spitze der Reform (z. B. Bayrhuber & Schaefer, 1978; Bolscho, Bürger & Eulefeld, 1979; Kattmann, Lucht-Wraage & Stange-Stich, 1990). Sowohl die Orientierung an den Biowissenschaften, als auch an gemeinnützigen Kenntnissen und Fähigkeiten, ergänzt um einen besonderen gesellschaftlichen Schwerpunkt, kennzeichnete den neuen fachdidaktischen Ansatz.

Unter Federführung des IPN wurde der Rahmenplan des Verbandes Deutscher Biologen entwickelt (VdB, 1973), der die gleichen Schwerpunkte setzte und die weitere Lehrplanentwicklung der Bundesländer maßgeblich bestimmte.

4 Auf die Entwicklung der Biologiedidaktik in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in Deutschland wird hier exemplarisch mit Bezug auf die westlichen Bundesländer eingegangen. Die Entwicklung in der DDR erforderte eine gesonderte Darstellung. Diese Entwicklung wird beispielsweise aus der Beschreibung der Forschungsarbeiten an der Pädagogischen Hochschule Güstrow von 1965 bis 1997 durch Erwin Zabel (1998) erkennbar.

Bei der Einführung von Grund- und Leistungskursen im Biologieunterricht der gymnasialen Oberstufe spielten die Wissenschaftsorientierung und die Angewandte Biologie eine weitaus größere Rolle als früher. Mit der Wissenschaftsorientierung gewannen Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung sowohl in wissenschaftstheoretischer, als auch in wissenschaftsmethodischer Hinsicht eine besondere Bedeutung. Damit erhielt der Bildungsauftrag eine neue Dimension: die Schülerinnen und Schüler sollten dazu befähigt werden, wissenschaftliche Ergebnisse der Biologie zu begründen und die Aussagekraft biologischer Analysen sowie die Gültigkeit biologischer Theorien zu relativieren.⁵ Durch die Berücksichtigung neuer Disziplinen der Angewandten Biologie wie Biotechnik und Gentechnik wurde die *gesellschaftliche* Relevanz der Biologie im Biologieunterricht deutlich. Letztlich mündete dieser Prozess in der Aufnahme der Kompetenzbereiche Kommunikation und (ethische) Bewertung in die Bildungsstandards (KMK, 2004b).

A.2.4.2 Arbeitsgemeinschaft Didaktik der Naturwissenschaften (ADINA).

Anfang der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts wurde der Mangel an empirischer Forschung in den Fachdidaktiken existenzbedrohend für diese Disziplinen.⁶ Auf Initiative der Biologiedidaktik wurde die Arbeitsgemeinschaft Didaktik der Naturwissenschaften (ADINA) gegründet, die, unterstützt durch Kollegen aus der empirischen Lehr- und Lernforschung, Forschungsprojekte aus den Didaktiken der Naturwissenschaften plante, welche von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wurden. Diese Initiative leitete die empirische Wende zunächst in den Didaktiken der Naturwissenschaften und später auch in anderen Fachdidaktiken ein (Vollmer, 2017, S. 11). Heute erfolgen die Forschungen in den Fachdidaktiken der Biologie, Chemie und Physik mit Hilfe eines breiten Repertoires quantitativer und qualitativer Methoden (Krüger, Parchmann & Schecker, 2013) sowie im Rahmen unterschiedlicher Theorien (Krüger & Vogt, 2007).

5 Bei der biologischen Erkenntnisgewinnung handelt es sich um eine rationale Weltbegegnung, speziell um einen vernunftgeleiteten systematischen Erkenntniserwerb über die Biosphäre, einschließlich des Menschen mit empirischen wissenschaftlichen Methoden. Letztlich ist biologische Erkenntnisgewinnung dabei der Forderung Kants verpflichtet, „sich seines Verstandes ohne Leitung eines anderen zu bedienen“ (Kant, AA VIII, S. 35; Beantwortung der Frage: Was ist Aufklärung?). Die Entwicklung dieser Haltung beim Kompetenzerwerb ist mithin nicht allein funktional ausgerichtet, sondern trägt auch zur Persönlichkeitsbildung bei.

6 Das zeigte sich z. B. daran, dass das IPN seinerzeit von Schließung bedroht war.

B. Lernen im Fach Biologie und seine biologiedidaktische Erforschung

Impuls B.1: Ziele, Inhalte und Kompetenzen des Fachs und des Fachlichen

B.1.1 Fachliche Ziele

Als ein allgemeines Ziel des gegenwärtigen Biologieunterrichts im Sinne einer „naturwissenschaftlichen Bildung“ wird die wissenschaftsorientierte „Welterschließung [...] in der Auseinandersetzung mit dem Lebendigen“ sowie die „Entwicklung individuellen Selbstverständnisses“ (KMK, 2004b, S. 6) angesehen. Auf dieser Grundlage soll „eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklung und naturwissenschaftliche Forschung“ sowie „gesundheitsbewusstes und umweltverträgliches Handeln sowohl in individueller Hinsicht als auch in gesellschaftlicher Verantwortung“ ermöglicht werden (ebd., S. 6). Diese Ziele sind also nach wie vor durch eine Orientierung an Biowissenschaften und an gemeinnützigen Kenntnissen und Fähigkeiten gekennzeichnet.

B.1.2 Fachliche Inhalte

Die Wissenschaft Biologie untersucht heute Eigenschaften von Biosystemen. Zu diesen Systemen gehören u. a. Biomolekül, Zelle, Organ, Organismus, Population, Biozönose, Ökosystem und Biosphäre. Zu den Systemeigenschaften zählen Struktur- und Funktionsmerkmale sowie Veränderungen in der Zeit einschließlich Evolution. Die Biosysteme kennzeichnen verschiedene Organisationsebenen des Lebendigen.⁷

Auch im Biologieunterricht befassen sich die Schülerinnen und Schüler mit den genannten Biosystemen. Dabei werden anhand ausgewählter Beispiele gemeinsame Eigenschaften und Unterschiede dieser Systeme bearbeitet, und zwar in multiperspektivischer Herangehensweise. Gemeinsamkeiten kommen in Basiskonzepten zum Ausdruck (KMK, 2004a; KMK, 2005b; Bayrhuber & Hammann, 2013, Bayrhuber, Drös & Hauber, 2019, S. 12). Diese dienen der Vernetzung des erworbenen biologischen Wissens und dem Einbau neuen Wissens in größere Zusammenhänge. Die Basiskonzepte integrieren die für den Unterricht relevanten Ergebnisse der biologischen Teildisziplinen. Unter A.1.2 ergab sich, dass diese Basiskonzepte fachliche Wurzeln in grundlegenden biologischen Erkenntnissen und Theorien des 19. Jahrhunderts haben.

⁷ Unter einer Population versteht man „die Gesamtheit der artgleichen Individuen einer Art, die in ihrem gemeinsamen Verbreitungsgebiet eine Fortpflanzungsgemeinschaft bilden.“ Bei einem Ökosystem handelt es sich um die „Einheit von Biotop und Biozönose, die sich aus der Summe aller Beziehungen zwischen einem Lebensraum (Biotop) mit den darin vorkommenden Lebewesen (Biozönose) sowie dieser Lebewesen untereinander ergibt.“ Die Biosphäre ist derjenige „Teil der Erde, in dem Lebewesen vorkommen, d. h. die Gesamtheit aller Ökosysteme der Erde“. Biosysteme sind hierarchisch strukturiert, jedes von ihnen funktioniert als Element eines übergeordneten Systems (Bayrhuber, Hauber & Kull, 2010a, S. 509f.).

Als allgemeinstes Basiskonzept des Biologieunterrichts in der Sekundarstufe wird heute das Konzept *System* angesehen (KMK, 2004b):⁸

- Wie jedes System bestehen Biosysteme aus Elementen, die untereinander in Wechselbeziehung stehen. Im Basiskonzept *Struktur-Funktionszusammenhang* kommt diese gemeinsame Eigenschaft zum Ausdruck.
- Biosysteme verändern sich in der Zeit. Diese verbindende Eigenschaft verdeutlicht das Basiskonzept *Entwicklung*.

Die miteinander verknüpften Konzepte *System*, *Struktur-Funktionszusammenhang* und *Entwicklung* umfassen auf allgemeinsten Ebene den Stand des biologischen Fachwissens.⁹ Sie werden durch weitere, weniger allgemeine Basiskonzepte, die sogenannten Kennzeichen des Lebendigen, näher bestimmt:

Der *Struktur-Funktionszusammenhang* eines Biosystems kommt in *Stoff- und Energieumwandlung*, *Regulation*, *Verarbeitung von Information* sowie in *Kommunikation* zum Ausdruck. Das Konzept *Entwicklung* wird in unterschiedlicher Bedeutung verwendet: *Reproduktion und Individualentwicklung* umfassen die Geschichte einzelner Lebewesen von der Embryonalentwicklung bis zum Tod. Die *evolutionäre Entwicklung* beinhaltet die Stammesgeschichte, die zu den gegenwärtig existierenden Arten hingeführt hat und deren *Verwandtschaft* begründet. Die Arten bringen Individuen mit unterschiedlichen Merkmalen hervor, sind also durch *Variabilität* gekennzeichnet. Diese beruht auf Zufallswirkung, ihr Verständnis setzt ein Denken in Wahrscheinlichkeiten voraus (s. A.1.1). Variabilität ist eine Voraussetzung dafür, dass die evolutionäre Entwicklung zu einer Zweckmäßigkeit von Strukturen und Funktionen von Lebewesen im Hinblick auf ihre Lebensweise führt, also *Angepasstheit* bewirkt. Diese Basiskonzepte „beschreiben grundlegende Eigenschaften von Biosystemen, die als Systemeigenschaften bezeichnet werden“ (Bayrhuber, Drös & Hauber, 2019, S. 12).

Der Systemcharakter biologischer Objekte und die Funktion von Basiskonzepten kann am Beispiel der Stoff- und Energieumwandlung in Organismus und Ökosystem verdeutlicht werden (Bayrhuber & Hammann, 2013, S. 16f.):¹⁰

8 Über die Auswahl von biologischen Basiskonzepten wurde zwischen den KMK-Gruppen für die Entwicklung von Bildungsstandards und von Einheitlichen Anforderungen in der Abiturprüfung (EPA) kontrovers diskutiert.

9 Unter biologischem Fachwissen wird die Menge der Erkenntnisse über Biosysteme verstanden, die im Laufe der Wissenschaftsgeschichte von den verschiedenen Biowissenschaften entwickelt worden sind. Weiterhin gehören dazu die Kenntnisse über die Erkenntniswege der Forschung. Sowohl für die universitäre Lehre in den (heute etwa 30) Biowissenschaften als auch für den schulischen Biologieunterricht wird das Fachwissen fachdidaktisch modelliert (Bayrhuber, 2017, S. 165 ff.). Das beim Lernen aufgebaute biologische Wissen unterscheidet sich von Individuum zu Individuum. Fachwissen wird nicht um seiner selbst willen gelernt, sondern dient der Bildung. Schulisches Fachwissen bildet eine Grundlage für lebenslanges Lernen.

10 Anhand dieses Beispiels konkretisierte auch der Deutsche Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU, 2005) die genannten Basiskonzepte im Rahmen einer kritischen Auseinandersetzung mit den KMK-Bildungsstandards.

- Organismus: „Bei der *Stoff- und Energieumwandlung* stehen die *Organe* der Verdauung, des Kreislaufs und der Atmung in *Wechselbeziehung*. Auch auf einen Stoff- und Energieaustausch mit der Umgebung ist der Organismus angewiesen; er ist ein *offenes System*.“
- Ökosystem: „Die zahllosen Lebewesen einer Lebensgemeinschaft stehen untereinander und mit den abiotischen Umweltfaktoren des Lebensraumes [...] in enger Wechselbeziehung. Im Ökosystem finden Prozesse der Stoff- und Energieumwandlung statt, und zwar im Rahmen von Nahrungsbeziehungen der Produzenten, Konsumenten und Destruenten. Auch mit seiner Umgebung tauscht ein Ökosystem Stoffe und Energie aus. [...] Ein Ökosystem ist ein offenes System.“

Die Beschäftigung mit Biosystemen im Unterricht impliziert Naturbeschreibung und Naturerklärung. Insofern orientiert sich der heutige Biologieunterricht auch an fachdidaktischen Leitlinien, die schon vor dem ersten Weltkrieg begründet wurden. Die analytische und rationale Beschäftigung mit Biosystemen dienen dem Weltverständnis und können zu multiperspektivischem Denken beitragen. Weil der Mensch Teil der Natur ist, kann die Beschäftigung mit Erkenntnissen der Biowissenschaften auch das individuelle Selbstverständnis fördern. Insofern ist die Beschäftigung mit Biosystemen im Biologieunterricht auch persönlich bedeutsam und entspricht damit dem Prinzip der Selbstbildung im Sinne Wilhelm von Humboldts (Frederking & Bayrhuber, 2017, S. 223 ff.).

B.1.3 Fachliche Kompetenzen

Im gegenwärtigen Biologieunterricht spielt neben dem Erwerb von Wissen auch der Aufbau fachspezifischer Kompetenzen eine zentrale Rolle, und zwar nicht zuletzt als Folge internationaler Vergleichsstudien (TIMSS, PISA), denn als Konsequenz aus den Ergebnissen dieser Studien wurden in Deutschland Bildungsstandards in verschiedenen Fächern eingeführt. Die Bildungsstandards in den Fächern Biologie, Chemie und Physik für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2004b, c, d jeweils S. 6) bauen auf dem Konzept der Naturwissenschaftlichen Grundbildung auf, das dem Konzept der *Scientific Literacy* von OECD/PISA vergleichbar ist (Frederking & Bayrhuber, 2017, S. 141 ff.).¹¹

Gemäß den Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern hat Naturwissenschaftliche Grundbildung u. a. die folgenden Merkmale:

Sie

- ermöglicht aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation,
- ermöglicht Ergebnisse der Naturwissenschaften zu kommunizieren,

¹¹ OECD/PISA definiert Naturwissenschaftliche Grundbildung („Scientific Literacy“) folgendermaßen (Baumert u. a., 2001, S. 26): „Naturwissenschaftliche Grundbildung ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.“

- befähigt dazu, sich mit spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung auseinanderzusetzen,
- bietet Orientierung für naturwissenschaftlich-technische Berufsfelder,
- schafft Grundlagen für anschlussfähiges berufsbezogenes Lernen.

Die biologische Grundbildung legt darüber hinaus u. a. die Grundlage für gesundheitsbewusstes und umweltverträgliches Handeln in individueller und gesellschaftlicher Verantwortung.

Der Aufbau fachspezifischer Kompetenzen erfolgt dabei in den Fächern Biologie, Chemie und Physik in den folgenden vier Kompetenzbereichen (KMK, 2004b, c, d, jeweils S. 7):

- Fachwissen,
- Erkenntnisgewinnung,
- Kommunikation sowie
- Bewertung.

Die Übereinstimmung der drei naturwissenschaftlichen Fächer in den Kompetenzbereichen gründet in gemeinsamen Vorstellungen von naturwissenschaftlicher Grundbildung. Die vier Kompetenzbereiche sollen im Folgenden näher erläutert und begründet werden.

B.1.3.1 Anwendung von Fachwissen¹²

Bereits erworbenes Fachwissen lässt sich auf verschiedene Weise anwenden und so weiter vertiefen (Messer, 1978; Bayrhuber & Hammann, 2013, S. 18): Bei der Reproduktion erfolgt die Anwendung von unverändertem Wissen unter vertrauten Bedingungen. Sie dient der Festigung des Wissens. Unter Reorganisation versteht man die Anwendung von leicht geändertem Wissen unter ebendiesen Bedingungen. Dabei handelt es sich um eine einfache Form der Problemlösung. Transfer bedeutet, Wissen in einem neuen Kontext anzuwenden. Beim nahen Transfer wird unverändertes Wissen, beim fernen Transfer jedoch verändertes Wissen im neuen Kontext aufgebaut und eingesetzt.¹³

Reorganisation und Transfer dienen vor allem der Flexibilisierung des Wissens (Renkl, 1996; Bransford, Brown & Cocking, 2000). Mit dem Ziel der Festigung und Flexibilisierung des Wissens kann die Förderung der Wissensanwendung begründet werden. Ohne sicheres und flexibel einsetzbares Wissen dürfte die Förderung der im Folgenden erläuterten Kompetenzen nur schwer möglich sein.

¹² Dieser Kompetenzbereich wird in den Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern nicht als Anwendung von Fachwissen, sondern als ‚Fachwissen‘ bezeichnet. Auf Fachwissen als solches wurde unter B.2.2 eingegangen. An dieser Stelle soll es um den Umgang mit Fachwissen im fachlichen Zusammenhang gehen.

¹³ Beispielsweise handelt es sich bei der Anwendung basaler Kenntnisse der Fotosynthese auf die landwirtschaftliche Produktion um nahen Transfer. Bei der Übertragung auf Bakterien, die im Gegensatz zu grünen Pflanzen Wasserstoff freisetzen, der in der Biotechnik in Brennstoffzellen genutzt werden kann, um fernen Transfer.

B.1.3.2 Erkenntnisgewinnung

Die Förderung der Kompetenz der Erkenntnisgewinnung in der Schule hat folgende Gründe:

Wissenschaftliche Erkenntnisse sind entscheidend durch die Methode mitgeprägt, durch die sie ursprünglich gewonnen wurden. Dazu gehören sowohl Arbeitstechniken wie das Mikroskopieren, als auch wissenschaftliche Verfahren, nämlich das Experimentieren, das wissenschaftliche Beobachten und das Vergleichen.¹⁴ Die Fähigkeit, solche Methoden auf Schulniveau anwenden zu können, dient der Relativierung von Fachwissen. Dies zeigt z. B. die Beschäftigung mit der biologischen Systematik:

Carl von Linné klassifizierte die Organismen mit Hilfe der Methode des Beobachtens und Vergleichens äußerer Merkmale. Das (künstliche) System der Organismen, das er so erhielt, spiegelt die Stammesgeschichte nicht wider. Somit kommen darin auch evolutiv begründete Verwandtschaftsverhältnisse nicht zum Ausdruck. Dagegen ergibt die Bestimmung von Homologien anhand kriterienbezogenen Vergleichens (Hammann, 2010b) ein (natürliches) System, das evolutiv begründete Verwandtschaftsverhältnisse darstellt.

Das Verständnis der verschiedenen Formen biowissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bedeutet also eine wichtige Voraussetzung dafür, die Aussagekraft entsprechender Untersuchungen und den Erklärungswert zugehöriger biologischer Theorien zu beurteilen und somit letztlich Einsicht in die „Natur der Naturwissenschaften“ zu gewinnen.

Die drei Verfahren des Experimentierens, Beobachtens und Vergleichens sollen im Folgenden unter Berücksichtigung des Schulniveaus erläutert werden.

Beim *Experimentieren* wird eine Fragestellung auf der Grundlage des Standes des Wissens hypothesengeleitet bearbeitet.¹⁵

Treten neuartige Fragen auf, kann das vorliegende Wissen in manchen Fällen nicht ausreichen, um eine begründete Hypothese aufzustellen. Dann dienen wissenschaftliche *Beobachtungen* der Entwicklung von Hypothesen. Ein Beispiel für wissenschaftliche Beobachtungen sind die Kreuzungsversuche von Gregor Mendel, mit denen dieser die nach ihm benannten Vererbungsregeln entdeckte und die Genetik begründete (Bayrhuber, Hauber & Kull, 2010a, S. 20). Wissenschaftliche Beobachtungen im Bereich des Lebendigen werden durch Kriterien gelenkt, die sich aus biologischen Theorien ergeben.

Oftmals bilden wissenschaftliche Beobachtungen auch die Grundlage des kriterienbezogenen *Vergleichens* (Hammann, 2010b). Diese Methode spielt vor allem in der Evolutionsbiologie eine herausragende Rolle. Ähnlich wie bei der hermeneutischen

14 Anders als etwa in Chemie und in Physik spielen das wissenschaftliche Beobachten und Vergleichen in der Biologie eine besonders wichtige Rolle.

15 Beim Experimentieren vollzieht sich der Erkenntnisprozess in folgenden Schritten: Beobachtung – Fragestellung – Hypothesenbildung – Ableitung eines Experimentes – Durchführung des Experimentes – Beschreibung des Ergebnisses – Diskussion der Frage, ob die Hypothese falsifiziert oder gestützt wurde. Zum Experimentieren im Biologieunterricht siehe z. B. Hammann (2010a) und Bayrhuber, Drös & Hauber (2019, S. 15).

Analyse von Texten erfolgt dabei eine Interpretation (Deutung) anhand bestimmter Kriterien, nämlich von Homologie- bzw. Analogiekriterien.

B.1.3.3 Kommunikation

Kommunikation ist ein weiteres wesentliches Merkmal der „Natur der Naturwissenschaften“. So gelten in den Naturwissenschaften wie auch in allen anderen Wissenschaften fachlich basierte Diskursregeln bzw. Diskurskonventionen. Diese müssen Schülerinnen und Schüler wenigstens in Grundzügen kennen, wollen sie in Schule, Alltag oder Gesellschaft an Diskursen über Biologie teilhaben. Daher wird im Biologieunterricht auch die Kommunikationskompetenz im Sinne von Diskursfähigkeit besonders gefördert (KMK, 2004b). Diese zählt heute zu den praktischen Fähigkeiten, die im Biologieunterricht erworben werden. Denn alle Ziele, Erkenntnisweisen, Ergebnisse und Anwendungsformen einer Wissenschaft werden zwangsläufig sprachlich vermittelt, sei es innerhalb der Fachgebiete oder in der Kommunikation mit der Gesellschaft. Sie lassen sich in verbaler Form mündlich oder schriftlich erfassen, überprüfen oder weitergeben. Schülerinnen und Schüler müssen bei der Kommunikation über Biologie vor allem dazu in der Lage sein, sich unter angemessener Verwendung der Fachsprache der Biowissenschaften mündlich und schriftlich auszudrücken (Vollmer & Thürmann, 2013).

Mit Hilfe der Fachsprache tauschen Schülerinnen und Schüler ihre Wahrnehmungen und Gedanken bezüglich des Lebendigen aus, erwerben fachliches Wissen und fachliche Kompetenzen und speichern solche Informationen im Gedächtnis. Da sich die Biowissenschaften weiterentwickeln, verändert sich laufend der Bedeutungsgehalt biologischer Konzepte und damit wandelt sich auch die biologische Fachsprache. Das zeigt exemplarisch der Bedeutungswandel des Genbegriffs in der Molekularbiologie. Der Bedeutungswandel dieses Begriffs wird in der gymnasialen Oberstufe thematisiert (Bayrhuber, Drös & Hauber, 2019, S. 162).¹⁶ Die flexible Anwendung von klar und eindeutig definierten Fachbegriffen erfordert und fördert Sprachreflexion und Sprachbewusstheit.

Die Vermittlung biologischer Kenntnisse erfolgt jedoch nicht allein sprachbasiert. In gleicher Weise bedeutsam sind bildhafte Darstellungen wie Photographien, Filme, Tabellen, Schemata und Diagramme. Zur Kommunikationskompetenz, die im Biologieunterricht erworben wird, gehört daher auch die anspruchsvolle Fähigkeit, Texte in bildhafte Darstellungen und diese in Texte umzusetzen. Empirische

¹⁶ Die Molekularbiologie verstand unter einem Gen zunächst einen DNA-Abschnitt, der die Information für ein bestimmtes Protein trägt. Weil Proteine aus Untereinheiten bestehen können, die getrennt voneinander gebildet werden, wurde später jeder DNA-Abschnitt, der für eine solche Untereinheit codiert, als Gen betrachtet. Nachdem klargeworden war, dass DNA auch bei der Synthese anderer Zellsubstanzen wirksam ist, wurde als Gen daraufhin ein DNA-Abschnitt definiert, der Informationsträger für ein bestimmtes funktionelles Zellprodukt ist. Heute weiß man, dass ein einziges Gen sogar für mehrere unterschiedliche Zellprodukte codieren kann. Deshalb wird ‚Gen‘ unabhängig vom Genprodukt definiert, und zwar als DNA-Abschnitt mit Start- und Stoppstelle für die Ablesung, dem Regulationsabschnitte zugeordnet sind.

biologiedidaktische Forschung hat ergeben, dass sich diese Fähigkeit des Repräsentationswechsels aus verschiedenen Teilkompetenzen zusammensetzt. Beispielsweise beschreiben Lachmayer, Nerdel und Prechtel (2007) und Lachmayer (2008) eine spezifische Diagrammkompetenz.

B.1.3.4 Ethisches Bewerten¹⁷

Im Fach Biologie werden gesellschaftliche und individuelle Entscheidungssituationen bearbeitet, die mit Zielen, Verfahren und Ergebnissen von Biowissenschaften zu tun haben. Über diese wird in der Gesellschaft normalerweise kontrovers diskutiert. Die Kontroversen können Ziele und Verfahren der Angewandten Biologie wie z. B. Biotechnik oder Reproduktionstechnik ebenso betreffen wie Ergebnisse der Evolutionsbiologie. Die Schülerinnen und Schüler befassen sich mit derartigen Themen aus ethischer und wissenschaftstheoretischer Sicht und sollen so auf die Teilhabe an gesellschaftlich-kulturellen Diskursen sowie auf Entscheidungen in individueller und sozialer Verantwortung vorbereitet werden. Das ethische Bewerten fand in den 1980er Jahren Eingang in die internationale und die deutsche biologiedidaktische Diskussion (z. B. Bayrhuber u. a., 1990, S. 209–223; Bayrhuber, 1992a; 1992b). Anlässe dafür waren die Entwicklung von Gentechnik, moderner Biotechnik und neuartiger Reproduktionstechniken. Damit Schülerinnen und Schüler am Diskurs über Ziele und Anwendungen biowissenschaftlicher Forschung teilhaben können, müssen im Biologieunterricht auch Verfahren der ethischen Analyse thematisiert werden. Sie gehören heute zu den praktischen Fähigkeiten, die in diesem Unterricht erworben werden.

Eine Ethische Analyse kann anhand der folgenden fünf Schritte erfolgen: a) Beschreibung des Vorhabens; b) Beschreibung von Handlungsoptionen; c) Begründung der Handlungsoptionen; d) Entscheidung; e) Reflexion des Begründungsprozesses. Die Entwicklung der Schrittfolge der ethischen Analyse für den Biologieunterricht wurde ursprünglich durch einen Vorschlag des BSCS (1989) in den USA angeregt. Im Hinblick auf Reproduktionstechniken beim Menschen wurde von Bayrhuber (1992a) eine spezielle sechsstufige ethische Analyse entwickelt, in der erstmals auf unterschiedliche Moralprinzipien (Utilitätsprinzip, Prinzip der Würde des Menschen) Bezug genommen wird.¹⁸ Von Höfle und Bayrhuber (2006) wurde das Modell auf

17 In den Bildungsstandards im Fach Biologie (KMK, 2004b) wie auch in den Bildungsstandards der Fächer Chemie (KMK, 2004c) und Physik (KMK, 2004d) wird dieser Kompetenzbereich ohne weitere Spezifizierung als „Bewerten“ bezeichnet. Aus dem Text zum Fach Biologie geht jedoch hervor, dass es im Biologieunterricht in erster Linie um die Bewertung menschlicher Handlungen, also um ethisches Bewerten geht.

18 Unter einem solchen Moralprinzip „wird [...] der letzte oder ein letzter praktischer Grundsatz verstanden, der nicht aus einer allgemeineren Norm ableitbar ist und als Kanon der [...] Begründung [...] untergeordneter Normen fungiert“ (Höffe, Forschner, Schöpf & Vossenkuhl 1986, S. 174). Gemäß dem Utilitätsprinzip ist „jene Handlung sittlich geboten [...] deren Folgen für das Glück aller Betroffenen optimal sind“ (Höffe u. a., 1986, S. 261). Nach dem Prinzip der Menschenwürde besitzt jeder Mensch einen absoluten Wert (Würde), ist daher unantastbar und genießt absoluten Schutz. Von Vertretern der Naturethik werden auch

die Analyse bioethischer Dilemmata angewendet und auf tierethische Prinzipien hin erweitert. Um die ethische Analyse gleichermaßen auf Handlungen am Menschen und in der Umwelt anwenden zu können, wurde unter Berücksichtigung von Eggert und Bögeholz (2006) schließlich ein fünfschrittiges Verfahren entwickelt (Bayrhuber & Hammann, 2013; Bayrhuber, Drös & Hauber, 2019, S. 230). Ein vergleichbares „Urteilsschema“ entwickelte Tödt (1977) im Bereich Theologie in seiner ethischen Theorie sittlicher Urteilsfindung.

Die Durchführung ethischer Analysen soll zum Perspektivenwechsel anregen und die Dialogfähigkeit fördern; getroffene Entscheidungen sollen begründet und die Begründungen reflektiert werden.

Zur Bewertungskompetenz wurden in der Biologiedidaktik bisher umfangreiche Entwicklungs- und Forschungsarbeiten durchgeführt. Beispielsweise werden konzeptionelle Überlegungen und empirische Untersuchungen zur Bewertungskompetenz in Entscheidungssituationen nachhaltiger Entwicklung von der Göttinger Gruppe zur Biologiedidaktik durchgeführt (Bögeholz, 2006; Eggert & Bögeholz, 2006; Eggert, Barfod-Werner & Bögeholz, 2008; Eggert & Bögeholz, 2010; Bögeholz, 2013; Gresch, Hasselhorn & Bögeholz, 2013; Sakschewski, Eggert, Schneider & Bögeholz, 2014). Die Oldenburger Gruppe befasst sich mit Bewertungskompetenz in Entscheidungssituationen der Biomedizin und moderner Züchtungsmethoden (Hößle, 2004; Hößle, 2006; Hößle & Bayrhuber, 2006; Hößle & Reitschert, 2007; Alfs & Hößle, 2009).

Zusammenfassung. Bei der Förderung von Kompetenzen aus den beschriebenen Bereichen treten funktionale Ausprägungen von Bildung durch das Fach Biologie in Erscheinung. So Gebildete besitzen flexibel einsetzbares biologisches Wissen. Sie sind in der Lage, dieses unter Bezug auf spezifische Formen der Erkenntnisgewinnung zu relativieren. Außerdem sind sie zur ethischen Bewertung wissenschaftlicher Ziele sowie wissenschaftlicher Anwendungsformen in Alltag und Gesellschaft befähigt. Sie sind weiterhin in der Lage, sich am gesellschaftlichen Diskurs über Ziele und Anwendungsformen der Biologie zu beteiligen. Die Förderung dieser Fähigkeiten kann als Weiterentwicklung der Vermittlung gemeinnütziger Kenntnisse und praktischer Fähigkeiten in den vergangenen Jahrhunderten angesehen werden.

Impuls B.2: Perspektiven fachdidaktischer Forschung und Entwicklung

Auf einem Symposium anlässlich des 20jährigen Bestehens der ‚*European Researchers in Didactics of Biology*‘ (ERIDOB) wurde über die übergeordneten Ziele biologiedidaktischer Forschung aus europäischer Perspektive diskutiert (Boerwinkel & Grace, 2016). Das Symposium trug den Titel: „Current issues in biology education research“. Konsens bestand darüber, dass die anwendungsbezogenen Anteile biologiedidaktischer Forschung auf die Verbesserung aktueller Vorgehensweisen beim Lehren und Lernen von Biologie abzielen (Waarlo, 2016; Gericke & Ottander, 2016). So stehen die ersten zehn Forschungsfelder, die die ERIDOB Konferenz 2018 bestimmen,

Lebewesen in die moralische Gemeinschaft einbezogen, denen dieser Schutz dann ebenfalls zugesprochen wird (z. B. Singer, 1996).

im Zusammenhang mit der Verbesserung des Biologieunterrichts (Abb. 1). Als ein wesentlicher Ertrag biologiedidaktischer Forschung kann die universitäre Lehramtsausbildung heute auf empirisch gesicherte Wissensbestände über kognitive und affektive Aspekte des Lehrens und Lernens biologischer Zusammenhänge zurückgreifen, die vor 20 Jahren nicht existierten (Reiss, 2016). Darüber hinaus bestehen aber auch grundlagenbezogene Erträge biologiedidaktischer Forschung beispielsweise durch Sicherung von Wissen über Forschungsmethoden und theoretische Aspekte (Forschungsfeld 11 in Abb. 1). Besonders in diesem Bereich wurde eine Stärkung der Forschungsaktivitäten zur Profilierung biologiedidaktischer Forschung gefordert (Boerwinkel & Grace, 2016). Speziell wurde argumentiert, dass biologiedidaktische Forschung zur Entwicklung von biologiedidaktischen (und nicht allgemeinen psychologischen) Theorien des Lehrens und Lernens genutzt werden sollte (Bayrhuber, 2016).

1. Students' conceptions and conceptual change
2. Students' interest and motivation
3. Students' values, attitudes and decision-making
4. Scientific thinking, nature of science and argumentation
5. Teaching strategies and teaching environments
6. Teaching and learning with educational technology
7. Environmental education
8. Health education
9. Social, cultural, and gender issues
10. Practical work and field work
11. Research methods and theoretical issues

Abb. 1. ERIDOB (European Researchers in Didactics of Biology): Forschungsfelder (research strands) der 12. Konferenz in Zaragoza, Spanien, 2018.

Als definierendes Merkmal biologiedidaktischer Forschung wurde die Bezugnahme auf biologische Gegenstände des Lehrens und Lernens gesehen (Yarden & Zion, 2016). Hierin liegt einerseits eine Stärke biologiedidaktischer Forschung, denn schulisches Lernen erfolgt schließlich im Fach und wer sonst kümmert sich um die fachspezifischen Herausforderungen an das Lehren und Lernen? Diese Bezugnahme hat aber auch eine mögliche Schwäche, da die Fokussierung auf spezifische biologische Gegenstände des Lehrens und Lernens die Gefahr birgt, dass die Vielfalt und Komplexität vom Lehren und Lernen (Ziele, Inhalte, Methoden, Medien, Interessen, Vorwissen, etc.), sowie die Vielfalt und Komplexität der Biosysteme aufgrund von forschungspragmatischen Zwängen aus dem Blick geraten können (Bayrhuber, 2016). Grundsätzlich wurde am Beispiel biologiedidaktischer Schülervorstellungsforschung angemerkt, dass die beschreibenden Ansätze der Vergangenheit – Welche Schülervorstellungen gibt es? – in verstärktem Maße in erklärende Ansätze – Wie lassen sich Schülervorstellungen rekonstruieren? – überführt werden müssen (Boerwinkel & Grace, 2016). Zudem müssen Anstrengungen unternommen werden,

dass die Ergebnisse anwendungsbezogener Forschung den Biologieunterricht erreichen (und verändern), so dass die sogenannte „theory-praxis gap“ geschlossen werden kann (Boerwinkel & Grace, 2016; Waarlo, 2016). Möglicherweise müssen auch gezielte Maßnahmen in der Zukunft „erfunden“ werden, die es den Lehrkräften ermöglichen, auf die empirisch gesicherten Wissensbestände zurückzugreifen und sie müssen in ihrem Bestreben unterstützt werden, den eigenen Unterricht zu verändern. Biologiedidaktische Forschung ist somit „translational“ – im Sinne von: „from bench to bedside“ – also auf Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis ausgerichtet (Waarlo, 2016). Wie in der Medizin, muss dieser Prozess gestaltet und im Erfolg überprüft werden. Um diesen Prozess zu befördern, müssen die Ergebnisse biologiedidaktischer Forschung stärker als in der Vergangenheit sichtbar gemacht werden und es müssen Kooperationsformen gefunden und gepflegt werden, um Interaktionen zwischen forschungsbasierten und erfahrungsbasierten Wissensbeständen zu fördern (Hammann, 2016). Das BLK-Modellversuchsprogramm „Effizienzsteigerung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (SINUS)“ kann hierfür ein Vorbild sein.

Das Symposium ermöglichte auch Einblicke in Perspektiven im Sinne von derzeitigen und zukünftigen Aussichten auf Forschungsförderung und institutioneller Unterstützung/Verankerung biologiedidaktischer Forschung in verschiedenen europäischen Ländern. In England sind die Möglichkeiten auf Forschungsförderung für biologiedidaktische Forschung seit einiger Zeit sehr begrenzt. Positiv ist anzumerken, dass allerdings noch sehr viele peer-reviewte Zeitschriften die Ergebnisse von Forschungsvorhaben publizieren, auch wenn diese nicht mit Drittmitteln gefördert wurden (Reiss, 2016). In den Niederlanden wurde die einzige Professur für Didaktik der Biologie gestrichen (Waarlo, 2016). Im Gegensatz hierzu ist die Situation in Deutschland positiv zu beurteilen. Es gibt ca. 50 biologiedidaktische Professuren an Universitäten und Pädagogischen Hochschulen, die in ihrem Bestand nicht bedroht sind. Als Folge der gestiegenen Anteile der fachdidaktischen Ausbildung (bei gleichzeitiger Verringerung der fachlichen Anteile) wurde vielmehr an vielen Standorten die Fachdidaktik personell gestärkt, beispielweise durch die großen BMBF-Projekte „Qualitätspakt Lehre“ und „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“. Um die Zahl der Anträge auf DFG-finanzierte Forschungsvorhaben zu erhöhen, hat die Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO, die Fachgesellschaft der wissenschaftlich arbeitenden Biologiedidaktiker, bereits zwei Staffeln von Nachwuchsforscherinnen und Nachwuchsforschern durch Nachwuchsakademien gefördert. Eine stärkere Vernetzung der Arbeitsgruppenleiter, die sich in der FDdB engagieren, erfolgt seit 2015 durch spezielle Fachtagungen, die jährlich stattfinden, und – über die zweijährliche FDdB-Tagung hinaus – ein geeignetes Forum für Arbeitsgruppenleiter bieten, Perspektiven der Forschung sowie strategische Positionierungen der Biologiedidaktik in Deutschland zu diskutieren. Es herrscht zwar nicht „Goldgräberstimmung“ (Bohlmann, 2016), aber gesunder Optimismus, dass die Biologiedidaktik dasjenige Wissen bereitstellen kann, was zur Veränderung und Verbesserung des Biologieunterrichts beitragen kann.

C. Lernen und Forschung über das Fach Biologie hinaus

Impuls C.1: Inhalte überfachlich verknüpfen und fachliche Kompetenzen verallgemeinern

C.1.1 Verknüpfung von Inhalten

Bei der Beschäftigung mit Biologie ergeben sich Bezüge zu Fragestellungen und Inhalten anderer Fächer. Die Verknüpfungen dienen häufig der Flexibilisierung des Wissens (Renkl, 1996; Bransford, Brown & Cocking, 2000).

C.1.1.1 *Chemie- und Physikunterricht*

Das Verständnis biologischer Inhalte erfordert die Kenntnis chemischer und physikalischer Sachverhalte. Im Fach Biologie wird Wissen darüber in spezifischen Kontexten angewendet. Daraus ergibt sich ein vertieftes Verständnis, so dass das Wissen flexibilisiert werden kann (vgl. B.1.2).¹⁹

Ein solcher Mehrwert im Sinne eines besseren Verständnisses stellt sich außerdem bei der Bearbeitung vergleichbarer oder gemeinsamer Basiskonzepte ein („Struktur-Eigenschaftsbeziehungen“ im Chemieunterricht und „Struktur-Funktions-Zusammenhang“ im Biologieunterricht; „System“ im Physikunterricht und im Biologieunterricht; KMK, 2004b, c, d) und weiterer allgemeiner Begriffe (z. B. „Energie“, „Modell“) in den drei naturwissenschaftlichen Fächern.

Die Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte benennt und erläutert in einer Denkschrift (Schaefer, 2007) insgesamt 44 Themenkreise der Biologie, Chemie, Physik und der Geowissenschaften, die auf eine Bearbeitung im „fachübergreifenden Fachunterricht“ (Schaefer, 2007, S. 2) angelegt sind.

C.1.1.2 *Unterricht in Geographie, Sozialkunde, Wirtschaft*

Zwischen Ökologie, einem Thema des Biologieunterrichts, und physischer Geographie, einem Teilgebiet des Geographieunterrichts, bestehen enge Bezüge; denn die Räume, mit denen sich Geographen beschäftigen, unterliegen auch Einflüssen von Lebewesen: In einem Ökosystem stehen stets Lebensgemeinschaft und Lebensraum in Wechselbeziehung. So können beide Schulfächer mit Gewinn einander zuarbeiten.

¹⁹ Beispielsweise lernt man im Chemieunterricht, dass in einem chemischen Gleichgewicht die Zahl der Hin- und Rückreaktionen sowie die Konzentrationen der Reaktionspartner gleichbleiben und sich dieses dynamische Gleichgewicht nur in einem geschlossenen System einstellt. Im Biologieunterricht kann die Bezugnahme auf das chemische Gleichgewicht bei der Bearbeitung der Reaktionen der Zellatmung der Flexibilisierung des Wissens dienen: Zellatmung läuft nämlich in einem offenen System ab, das z. B. Sauerstoff aufnimmt und Wasser abgibt. Daraus ergibt sich, dass sich bei den chemischen Reaktionen der Zellatmung chemische Gleichgewichte normalerweise nicht einstellen. Dies geschieht jedoch nach Vergiftung z. B. mit Zyankali. In diesem Fall ist die Einstellung eines chemischen Gleichgewichts tödlich. Am Beispiel der Zellatmung lernen die Schülerinnen und Schüler einen flexiblen Umgang mit ihrem Wissen über chemische Reaktionen.

Das Konzept der Nachhaltigen Entwicklung, wonach wirtschaftliche Leistungsfähigkeit mit sozialer Sicherheit und der Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen auch für nachfolgende Generationen in Einklang gebracht werden sollen, berührt sowohl den Unterricht in den drei Fächern, als auch den Biologieunterricht. Die Bearbeitung des Themas Nachhaltige Entwicklung erfolgt in den verschiedenen Fächern mit je spezifischer Schwerpunktsetzung und kontextueller Einbettung.

C.1.1.3 Philosophieunterricht

Wissenschaftstheorie und Ethik sind Teilthemen des Philosophieunterrichts. Somit eröffnen die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung und Ethisches Bewerten Kooperationsbeziehungen zwischen den Fächern Biologie und Philosophie.

C.1.1.4 Religionsunterricht

Biologieunterricht und Religionsunterricht befassen sich mit menschlichem Handeln, z. B. dem Sexualverhalten. Die Biologie beschreibt evolutionäre (ultimate) und gegenwärtige (proximate) Ursachen menschlicher Verhaltensweisen, die Theologie liefert Kriterien ihrer Bewertung und befasst sich mit Bedingungen der Möglichkeit menschlicher Existenz jenseits empirischer Fassbarkeit. Die wechselseitige Anwendung von Wissen aus beiden Fächern kann zu dessen Flexibilisierung beitragen.

C.1.2 Verknüpfung von Kompetenzen

Ein Erwerb der Kompetenzen Wissensanwendung, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und ethisches Bewerten geschieht auch in anderen Fächern, jedoch unter je spezifischem Blickwinkel. Werden die im Biologieunterricht erworbenen Kompetenzen in einen fachübergreifenden und fächerverbindenden Zusammenhang gestellt, können sie flexibilisiert werden.

C.1.2.1 Wissensanwendung

Wissensanwendung erfolgt im Biologieunterricht im Rahmen empirischer und systemischer Naturbetrachtung. Die gleiche Art der Weltbetrachtung kennzeichnet auch die Fächer Chemie, Physik und physische Geographie. Auf fachliche Kontexte dieser Fächer lässt sich biologisches Wissen daher ohne Bruch im Weltverständnis anwenden (Schaefer, 2007).

C.1.2.2 Erkenntnisgewinnung

Bei der Erforschung des Menschen und der Welt werden in den verschiedenen Wissenschaften sowohl empirische, als auch hermeneutische Formen der Erkenntnisgewinnung eingesetzt. Erst die Beschäftigung mit den Ergebnissen beider Zugangsweisen kann zu einem umfassenden Welt- und Selbstverständnis führen. Dies zeigt der Vergleich empirisch-biologischer und hermeneutisch-theologischer Erkenntnis-

weisen bei der Analyse von Evolution und Schöpfung.²⁰ Schon bisher werden im Unterricht über Evolution auch Fragen berührt, die über das Fach Biologie hinausreichen (Bayrhuber, Drös & Hauber, 2019, S. 550 f.). So treten in diesem Zusammenhang auch die Schöpfungserzählungen und Schöpfungspsalmen der Bibel ins Blickfeld, die zu den Gegenständen des Religionsunterrichts gehören. Beide Fächer können auf das Deutungsangebot des anderen Faches verweisen und das Verhältnis der spezifischen Zugangsweisen bestimmen (Bayrhuber, Faber & Leinfelder, 2011; Delgado, Krüger & Vergauwen, 2010; Kattmann, 2008; Stock, 2010).

Kommunikation. Das Verstehen biologischer Konzepte und Zusammenhänge, die Aneignung neuer Einsichten und Erfahrungen sowie die Durchdringung von Fachtexten erfordert eine komplexe Sprachfähigkeit. Diese drückt sich in spezifischen Sprachhandlungen wie Benennen, Definieren, Zusammenfassen, Einordnen, Erklären usw. aus, die auf biologische Sachverhalte angewendet werden (KMK, 2004a, S. 21 ff.). Auch in anderen Fächern werden vergleichbare Sprachhandlungen unterstützt (Rotter & Schmölzer-Eibinger, 2015). Bisher fehlt jedoch eine fachübergreifende Konzeption solcher Sprachhandlungen in ihren Gemeinsamkeiten und Unterschieden.

Den Biologieunterricht und den Deutschunterricht verbindet die Förderung von Lese-, Schreib- und Kommunikationskompetenz. Im Biologieunterricht lernen die Schülerinnen und Schüler eine spezifische Fachsprache. Dabei sind sie gefordert, den Bedeutungsgehalt klar und eindeutig definierter Fachbegriffe zu erfassen und zu reflektieren, sowie die Fachbegriffe auf verschiedene biologische Sachverhalte flexibel anzuwenden. So kann der Erwerb der biologischen Fachsprache allgemein Sprachreflexion und Sprachbewusstheit fördern. Dafür legt der Deutschunterricht im allgemeinsprachlichen Bereich eine notwendige Grundlage.

Ethisches Bewerten. Die Fähigkeit, eine Ethische Analyse bestimmter, auf Biologie bezogener Handlungen durchzuführen, ermöglicht den Schülerinnen und Schülern die Teilhabe an entsprechenden Diskursen in der Gesellschaft. In diesem Zusammenhang ergeben sich Gemeinsamkeiten mit vielen anderen Fächern, in denen ebenfalls Handlungen des Menschen bewertet werden.²¹ Allgemein dient die fachspezifische Förderung der Bewertungskompetenz der Ermöglichung und Unterstützung des Perspektivenwechsels in Entscheidungssituationen und damit auch einer Flexibilisierung des Wissens.

Impuls C.2: Biologiedidaktische Forschung vernetzen

Vernetzung ist eng verbunden mit der Weiterentwicklung und den Zielen biologiedidaktischer Forschung. Überlegungen zur Bedeutung von Vernetzung fokussieren

²⁰ Bei diesem Vergleich können Schülerinnen und Schüler erkennen, dass zwischen naturwissenschaftlichen Aussagen zur Evolution und theologischen Aussagen zur Schöpfung keine Widersprüche bestehen (Bayrhuber, Faber & Leinfelder, 2011).

²¹ Der Einsatz einer strukturierten Ethischen Analyse bei der Bewertung im Unterricht hat sich in den verschiedenen Fächern bisher allerdings nicht allgemein durchgesetzt.

auf drei Aspekten: die Bedeutung von Kooperationen für die Professionalisierung der Biologiedidaktik, Interdisziplinarität als Merkmal von fachdidaktischer Lehr-Lernforschung und die Thematisierung multi-disziplinärer Phänomene im Biologieunterricht.

Erstens wird Vernetzung als Voraussetzung für die Professionalisierung der Biologiedidaktik als empirisch forschende Disziplin gesehen. Hierauf weist beispielsweise Dirk Krüger hin, indem er die steigenden Standards empirischer Forschung (z. B. klassische und probabilistische Test-Theorie) thematisiert. Diese erfordern, dass Biologiedidaktiker und Psychologen bzw. Psychometriker zusammenarbeiten (Krüger, 2016). Ganz grundsätzlich ging der Wandlung der Biologiedidaktik von einer überwiegend entwickelnden Disziplin zu einer überwiegend empirisch forschenden Wissenschaft mit der Vernetzung der Akteure einher, beispielsweise durch Gründung von ERIDOB (*European Researchers in Didactics of Biology*), einem informellen Verbund empirisch forschender Biologiedidaktikerinnen und Biologiedidaktikern, die sich alle zwei Jahre zu einer wissenschaftlichen Konferenz treffen (Bayrhuber, 2016). Auch Michael Reiss sieht in der Kooperation ein wesentliches Merkmal biologiedidaktischer Forschung: „My advice to those at the start of their biology education research careers is first and foremost to find an area of research about which they feel passionately and then to begin to research it [...] ideally in cooperation with others, whether in their own country or internationally“ (Reiss, 2016, S. 179).

Zweitens ist Interdisziplinarität ein Kennzeichen von Forschung zur Unterrichtsqualität. An interdisziplinären Projekten beteiligt sich die Biologiedidaktik in verschiedener Hinsicht. Beispielsweise arbeiten seit 2003 an der Universität Duisburg-Essen Fachdidaktiker, Psychologen und Pädagogen in der Forschergruppe „Naturwissenschaftlicher Unterricht“ mit Graduiertenkolleg zusammen. Eines der Hauptziele der Forschergruppe ist die Modellierung und empirische Fundierung von Unterrichtsqualität. Die Forschergruppe arbeitet interdisziplinär, da sich Unterrichtsqualität nicht allein aus allgemein-didaktischer oder erziehungswissenschaftlicher Perspektive beschreiben lässt, sondern auf die Fachlichkeit des Unterrichts bezogen werden muss (Fischer & Sumfleth, 2013). Fachdidaktik, Psychologie und Erziehungswissenschaften sind in dem Bemühen aufeinander angewiesen, allgemeine und empirisch abgesicherte Aussagen über Unterrichtsqualität auf das jeweilige Fach zu beziehen (Fischer u. a., 2003).

Drittens hat sich der Unterricht im Fach Biologie in den letzten Jahrzehnten gewandelt. Gegenüber den traditionellen Themen des Biologieunterrichts, erfordert die Thematisierung von sogenannten multi-disziplinären „socio-scientific issues“, dass verschiedene Disziplinen kooperieren, z. B. Ethik, Technik und andere Naturwissenschaften. Derartige Themen sind komplex und schwer zu unterrichten. Sie werden daher auch als „grand challenges“ bezeichnet (Christensen & Fensham, 2012). Im Bereich der Biotechnik sind beispielsweise viele gentechnische Methoden hoch komplex und ihre Risiken unbekannt. Dennoch müssen Verfahren ethisch bewertet werden. Die Thematisierung des Klimawandels im Biologieunterricht ist ein weiteres Beispiel für Komplexität. Vor diesem Hintergrund ist zwingend notwendig, dass sich Forscherinnen und Forscher verschiedener Disziplinen beteiligen, wenn die

sogenannten „grand challenges“ genutzt werden, um den Biologieunterricht weiter zu entwickeln und die Wirkungen der neuen Unterrichtsansätze zu überprüfen.

D. Ausblick

Im Biologieunterricht beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler multiperspektivisch mit Biosystemen und machen damit Lern- und Bildungserfahrungen ganz unterschiedlicher Art. Lernen *im* Biologieunterricht ist geleitet durch die fachdidaktischen Leitideen der Wissenschaftsorientierung und der Orientierung an gemeinnützigen Kenntnissen und praktischen Fähigkeiten. Lernen *über* das Fach Biologie *hinaus* ist durch die Anwendung von biologischem Fachwissen und von Kompetenzen in weiteren Kontexten gekennzeichnet.

In den verschiedenen Fächern haben sich die Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Rationalitäten, Inhalten und Kompetenzen zu befassen. Dabei bleibt es den Schülerinnen und Schülern überlassen, die verschiedenen Arten von fachspezifischem Welt- und Selbstverständnis zu integrieren. Eine allgemeine, von der Allgemeinen Fachdidaktik zu erarbeitende Konzeption, in der fachliche Gemeinsamkeiten und Unterschiede berücksichtigt sind, könnte den Lehrkräften der Biologie und aller anderen Fächer helfen, bei den Schülerinnen und Schülern die genannte Integrationsleistung zu unterstützen.

Die Überlegungen zum Lernen im und am Fach Biologie haben gezeigt, dass dieses Unterrichtsfach nicht nur inhaltliche Bezüge zu den anderen naturwissenschaftlichen Fächern, sondern auch zu vielen nicht-naturwissenschaftlichen Fächern aufweist. Weiterhin hat sich ergeben, dass sowohl die Bezugnahme auf naturwissenschaftliche, als auch auf nicht-naturwissenschaftliche Fachdisziplinen zwingend notwendig ist. Nicht eine Integration der Naturwissenschaften fördert also fachliches Lernen über das Fach Biologie hinaus, sondern nur ein fachübergreifender biologischer Fachunterricht, der sowohl die anderen naturwissenschaftlichen, als auch die nicht-naturwissenschaftlichen Fächer berücksichtigt.

Literatur

- Alfs, N. & Hößle, C. (2009). Kartoffeln nach Maß – Gentechnisch verändert für die Industrie. *PdN-BioS*, 58(4), 22–27.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Scheider, W., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (2001). *PISA 2000. Zusammenfassung zentraler Befunde*. Berlin: MPI für Bildungsforschung.
- Bayrhuber, H. (1992a). Ethische Analyse der Genterapie von Keimbahnzellen im Unterricht. In P. Fauser, H. Luther & K. Mayer-Drawe (Hrsg.), *Verantwortung* (Friedrich Jahresheft X, S. 128–131). Seelze: Friedrich.
- Bayrhuber, H. (1992b). Naturalistic or well-being-oriented and personalistic or human-dignity-oriented ethical reasoning on the satisfaction of human needs. In G. Schaefer (Hrsg.), *Basic human needs* (S. 90–97). Frankfurt a. M.: Peter Lang.

- Bayrhuber, H. & Schaefer, G. (1978). *Kybernetische Biologie*. Köln: Aulis.
- Bayrhuber, H., Lucius, E. R., Gliesche, C., Labahn-Lucius, C., Nellen, U. & Westphal, R. (1990). Suggestions for teaching biotechnology. In J. D. McInerney (Hrsg.), *Teaching biotechnology in schools. Science and technology Education* (Document Series, No. 39, S. 109–243). Paris: UNESCO, Section of Science and Technology Education.
- Bayrhuber, H., Hauber, W. & Kull, U. (Hrsg.). (2010a). *Linder Biologie*. Braunschweig: Schroedel.
- Bayrhuber, H., Hauber, W. & Kull, U. (Hrsg.). (2010b). *Linder Biologie, Ausgabe Niedersachsen*. Braunschweig: Schroedel.
- Bayrhuber, H., Drös, R., Hauber, W. (Hrsg.). (2019). *Linder Biologie*. Braunschweig: Westermann.
- Bayrhuber, H., Faber, A. & Leinfelder, R. (Hrsg.). (2011). *Darwin und kein Ende? Kontroversen zu Evolution und Schöpfung*. Seelze: Kallmeyer, Klett & Friedrich.
- Bayrhuber, H. & Hammann, M. (Hrsg.). (2013). *Linder Biologie, Abi-Aufgabentrainer. Wissen anwenden und Kompetenzen einüben*. Hannover: Schroedel.
- Bayrhuber, H. (2016). Our double helix: ERIDOB in the face of the two strands of biology „didaktik“. In T. Tal & A. Yarden (Hrsg.), *Proceedings of the 10th conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)* (S. 149–154). Haifa: ERIDOB.
- Bayrhuber, H. (2017). Allgemeine Fachdidaktik im Spannungsfeld von Fachwissenschaft und Fachdidaktik als Modellierungswissenschaft. In H. Bayrhuber, U. Abraham, V. Frederking, W. Jank, M. Rothgangel & H. J. Vollmer, *Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik* (Allgemeine Fachdidaktik, Bd. 1 = GFD, Fachdidaktische Forschungen Bd. 9, S. 11–14). Münster: Waxmann.
- Boerwinkel, D. J., Grace, M. (2016). Symposium on current issues in biology education research. In T. Tal & A. Yarden (Hrsg.), *Proceedings of the 10th conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)* (S. 171–176). Haifa: ERIDOB.
- Bohlmann, M. (2016). *Science Education: Empirie, Kulturen und Mechanismen der Didaktik der Naturwissenschaften*. Berlin: Logos.
- Bögeholz, S. (2006). Explizit Bewerten und Urteilen – Beispielkontext Streuobstwiese. *Praxis der Naturwissenschaften – Biologie in der Schule*, 55(1), 17–24.
- Bögeholz, S. (2013). Bewerten der Anwendung biologischer Erkenntnisse. In H. Groppengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 71–77). Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Bögeholz, S., Eggert, S., Ziese, C. & Hasselhorn, M. (im Druck). Modeling and fostering decision-making competence regarding challenging issues of sustainable development. In D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn & E. Klieme (Hrsg.), *Competence assessment in education: Research, models and instruments*. Berlin: Springer.
- Bolscho, D., Bürger, W. & Eulefeld, G. (1979). *Probleme der Wasserverschmutzung*. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (Hrsg.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington DC: National Academy Press.
- Brohmer, P. (1934). *Der Unterricht in der Lebenskunde*. Osterwieck-Harz, Berlin: A. W. Zickfeldt Verlag.
- BSCS, The Colorado College (Hrsg.). (1989). *Advances in genetic technology*. Lexington/Toronto/Ontario: D.C. Heath and Company.

- Christensen, C. & Fensham, P. J. (2012). Risk, uncertainty and complexity in science education. In B. J. Fraser, K. G. Tobin & C. J. McRobbie (Hrsg.), *Second international handbook of science education. Part two* (S. 751–769). Dordrecht: Springer.
- Comenius, J. A. (1657). *Große Didaktik (Didactica magna)* (11. Aufl., A. Flitner, Übers.). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Cuvier, G. (1834). *Recherches sur les ossements fossiles ou l'on rétablit les caractères de plusieurs animaux dont les révolutions du globe ont détruit les espèces, Vol. 1*. Paris: Dufour et d'Ocagne.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray.
- Delgado, M., Krüger, O. & Vergauwen, G. (Hrsg.). (2010). *Das Prinzip Evolution. Darwin und die Folgen für Religionstheorie und Philosophie*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Eggert, S. & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *ZfDN*, 12, 199–217.
- Eggert, S., Barfod-Werner, I. & Bögeholz, S. (2008). Entscheidungen treffen – wie man vorgehen kann. *Unterricht Biologie kompakt*, 336, 13–18.
- Eggert, S. & Bögeholz, S. (2010). Students' use of decision-making strategies with regard to socioscientific issues: An application of the Rasch Partial Credit Model. *Science Education*, 94(2), 230–258.
- Fischer, H. E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R. & Wirth, J. (1993/2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr- und Lernforschung. Defizite und Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 179–209.
- Fischer, H. E. & Sumfleth, E. (Hrsg.). (2013). *nwu-essen: 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht*. Berlin: Logos.
- Flitner, A. (1993). Anmerkungen. In A. Flitner (Hrsg.), *Johann Amos Comenius, Große Didaktik (Didactica magna)* (11. Aufl., A. Flitner, Übers., S. 245–262). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Frederking, V. & Bayrhuber, H. (2017). Fachliche Bildung – Auf dem Weg zu einer fachdidaktischen Bildungstheorie. In H. Bayrhuber, U. Abraham, V. Frederking, W. Jank, M. Rothgangel & H. J. Vollmer, *Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik*. (Allgemeine Fachdidaktik, Bd. 1 = GFD, Fachdidaktische Forschungen, Bd. 9, S. 11–14). Münster: Waxmann.
- Gericke, N. & Ottander, C. (2016). On the issue of ‚Research in the Didactics of Biology‘: Definitions and Demarcations. In T. Tal & A. Yarden (Hrsg.), *Proceedings of the 10th conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)* (S. 149–154). Haifa: ERIDOB.
- Gresch, H., Hasselhorn, M. & Bögeholz, S. (2013). Training in decision-making strategies: An approach to enhance students' competence to deal with socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 35(15–16), 2587–2607.
- Grupe, H. (1973/1977). *Biologie-Didaktik* (4. Aufl.). Köln: Aulis Verlag.
- Hammann, M. (2010a). Experimentieren. In U. Spörhase & W. Ruppert (Hrsg.), *Biologie Methodik* (S. 91–95). Berlin: Cornelsen Verlag.
- Hammann, M. (2010b). Kriterien geleitetes Vergleichen. In U. Spörhase & W. Ruppert (Hrsg.), *Biologie Methodik* (S. 87–91). Berlin: Cornelsen.
- Hammann, M. (2016). Research reforming practice: Überlegungen zur Weiterentwicklung des Biologieunterrichts. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

- (Hrsg.), *Bildungsforschung 2020: Zwischen wissenschaftlicher Exzellenz und gesellschaftlicher Verantwortung* (S. 425–435). Verfügbar unter: https://www.bmbf.de/pub/Bildungsforschung_Band_42.pdf [10.08.2019].
- Hassenstein, B. (1977). *Biologische Kybernetik. Eine elementare Einführung* (5. Aufl.). Heidelberg: Quelle & Meyer.
- Höffe, O., Forschner, M., Schöpf, A. & Vossenkühl, W. (Hrsg.), (1986). *Lexikon der Ethik*. München: C. H. Beck.
- Hößle, C. (2004). Stammzellen – Fluch oder Segen? *Unterricht Biologie*, 28(291), 35–41.
- Hößle, C. (2006). Kind um jeden Preis? Die Dilemma-Methode am Beispiel der Eizellspende. *PdN-BioS*, 55(4), 7–12.
- Hößle, C. & Bayrhuber, H. (2006). Sechs Schritte moralischer Urteilsfindung. Aktuelle Beispiele aus der Bioethikdebatte. *PdN-BioS*, 55(4), 1–6.
- Hößle, C. & Reitschert, K. (2007). Fisch als Nahrungsmittel – Gentechnisch verändert? *PdN-BioS*, 56(1), 26–36.
- Junge, F. (1885). *Naturgeschichte in der Volksschule Teil I. Der Dorfteich als Lebensgemeinschaft nebst einer Abhandlung über Ziel und Verfahren des naturgeschichtlichen Unterrichts*. Kiel: Lipsius & Tischer.
- Kattmann, U., Lucht-Wraage, H. & Stange-Stich, S. (1990/2004). *Sexualität des Menschen. Schülerheft* (9. Aufl.). Köln: Aulis Verlag Deubner & Co.
- Kattmann, U. (2008). Evolution und Schöpfung. *Unterricht Biologie*, 333, 2–48.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2004a). *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung, Biologie, Beschluss vom 1. 12. 1989 i. d. F. vom 5. 2. 2004*. München: Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2004b). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16. 12. 2004*. München: Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2004c). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16. 12. 2004*. München: Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2004d). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16. 12. 2004*. München: Luchterhand.
- Krüger, D. & Vogt, H. (2007). *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (2013). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Krüger, D. (2016). Research in didactics of biology: Current problems and future perspectives. In T. Tal & A. Yarden (Hrsg.), *Proceedings of the 10th conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)* (S. 171–176). Haifa: ERIDOB.
- Lachmayer, S. (2008). *Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht*. Verfügbar unter: http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00003041 [27.1.2016].
- Lachmayer, S., Nerdel, C. & Pechtl, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 145–160.

- Leunis, J. (1848/1873). *Analytischer Leitfaden für den ersten, wissenschaftlichen Unterricht in der Naturgeschichte. Erstes Heft Zoologie* (6. Aufl.). Hannover: Hahnsche Hofbuchhandlung.
- Linné, C. von (1735). *Systema Naturae*. Leiden: Theodor Haak.
- Lüben, A. (1874). *Anweisung zu einem Methodischen Unterricht in der Tierkunde und Anthropologie. Für den Schul- und Selbstunterricht. Erster Cursus. Das Betrachten einzelner Tierarten*. Leipzig: Friedrich Brandstätter.
- Messer, H. (1978). *Wissen und Anwenden: Zur Problematik des Transfers im Unterricht*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- MNU (2005). *Arbeiten mit den Bildungsstandards im Fach Biologie fachspezifisch und fachübergreifend, dimensioniert und niveauvoll. Empfehlungen für die Umsetzung der KMK-Standards Biologie SI*. Verfügbar unter: www.mnu.de/images/PDF/fachbereiche/biologie/bildungsstandards_bio.pdf [17.03.2016].
- Reiss, M. (2016). The future of biology education research. In T. Tal & A. Yarden (Hrsg.), *Proceedings of the 10th conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)* (S. 177–180). Haifa: ERIDOB.
- Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47, 78–92.
- Reyher, A. (1657). *Kurtzer Unterricht/I. Von Natürlichen Dingen. II. Von etlichen nützlichen Wissenschaften. III. Von Geist- und Weltlichen Land-Sachen. IV. Von etlichen Hauß-Regeln. Auff gnädige Fürstl. Verordnung Für gemeine Teutsche Schulen im Fürstenthumb GOTHA einfältig verfasst*. Gotha: Joh. M. Schalln.
- Riemann, C. F. (1798). *Beschreibung der Reckanschen Schule*. Berlin/Stettin: Nicolai.
- Rochow, F. E. (1776/2003). *Der Kinderfreund. Ein Lesebuch zum Gebrauch in Landschulen. Brandenburg und Leipzig: Gebrüder Halle. Faksimiledruck*. Berlin: Weidler Buchverlag.
- Römpf, H. (1933). *Lebenserscheinungen. Eine allgemeine Biologie für die Oberstufe höherer Lehranstalten und zum Selbstunterricht*. Stuttgart: Franckh'sche Verlagshandlung.
- Rotter, D. & Schmölzer-Eibinger, S. (2015). Schreiben als Medium des Lernens in der Zweitsprache. Förderung literaler Kompetenz im Fachunterricht durch eine „Prozeduralorientierte Didaktik und Focus-on-form“. In S. Schmölzer-Eibinger & E. Thürmann (Hrsg.), *Schreiben als Medium des Lernens. Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht* (GFD, Fachdidaktische Forschungen Bd. 8, S. 73–97). Münster: Waxmann.
- Sakschewski, M., Eggert, S., Schneider, S. & Bögeholz, S. (2014). Students' socioscientific reasoning and decision-making on energy-related issues – Development of a measurement instrument. *International Journal of Science Education*, 36(14), 2291–2313.
- Schaefer, G. (Hrsg.). (2007). *Allgemeinbildung durch Naturwissenschaften. Denkschrift der GDNA-Bildungskommission 2002 + Ergänzung 2007*. Köln: Aulis.
- Schecker, H. & Ralle, B. (2009). Naturwissenschaftsdidaktik und Lehrerbildung – Chancen und Risiken aktueller Entwicklungen. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 8(1), 73–83.
- Schmeil, O. (1905). *Über die Reformbestrebungen auf dem Gebiete des naturgeschichtlichen Unterrichts* (7. Aufl.). Stuttgart: Verlag von Erwin Nägele.
- Schmeil, O. (1908). *Leitfaden der Botanik* (20. Aufl.). Leipzig: Quelle und Meyer.
- Schmitt, H. & Tosch, F. (Hrsg.). (2001). *Vernunft fürs Volk. Friedrich Eberhard von Rochow im Aufbruch Preußens*. Leipzig: Henschel.

- Schmitt, H. (2003). Der Rochowsche „Kinderfreund“: Entstehungszusammenhang und Verwendung im Unterricht. Nachwort. In: F. E. von Rochow, *Der Kinderfreund. Ein Lesebuch zum Gebrauch in Landschulen. Faksimiledruck der Ausgabe Brandenburg und Leipzig 1776* (S. 113–118). Berlin: Weidler.
- Singer, P. (1996). *Animal Liberation. Die Befreiung der Tiere*. Reinbek: Rowohlt.
- Sprengel, C. K. (1793). *Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und der Befruchtung der Blumen*. Berlin: F. Vieweg.
- Stock, A. (2010). *Poetische Dogmatik. Schöpfungslehre 1. Himmel und Erde*. Paderborn: Schöningh.
- Tödt, H. E. (1977). Versuch zu einer Theorie ethischer Urteilsfindung. *Zeitschrift für evangelische Ethik*, 21, 81–93.
- Treviranus, G. R. (1802–1822). *Biologie und Philosophie der lebenden Natur für Naturforscher und Ärzte*. Göttingen: Johann Friedrich Röwer.
- VdB (Verband Deutscher Biologen) (1973). Rahmenplan des Verbandes Deutscher Biologen für das Schulfach Biologie. *MNU*, 26, 202–211.
- Vollmer, H. J. & Thürmann, E. (2013). Sprachbildung und Bildungssprache als Aufgabe aller Fächer der Regelschule. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Sprache im Fach – Sprachlichkeit und Fachliches Lernen* (GFD, Fachdidaktische Forschungen, Bd. 3, S. 41–58). Münster: Waxmann.
- Vollmer, H. J. (2017). Zur jüngeren Entwicklung der Fachdidaktiken in Deutschland. In H. Bayrhuber, U. Abraham, V. Frederking, W. Jank, M. Rothgangel & H. J. Vollmer, *Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik* (Allgemeine Fachdidaktik, Bd. 1 = GFD, Fachdidaktische Forschungen, Bd. 9, S. 11–14). Münster: Waxmann.
- Waarlo, A. J. (2016). Research in didactics of biology: Current problems and future perspectives. In T. Tal & A. Yarden (Hrsg.), *Proceedings of the 10th conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)* (S. 171–176). Haifa: ERIDOB.
- Yarden, A. & Zion, M. (2016). Meaning of the term „research“ in didactics of biology. In T. Tal & A. Yarden (Hrsg.), *Proceedings of the 10th conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)* (S. 197–199). Haifa: ERIDOB.
- Zabel, E. (1998). *Beiträge zur Fachdidaktik Biologie aus drei Jahrzehnten (1965 bis 1997)*. Güstrow: Selbstverlag.
- Zieglmayer, W. (1936). *Rohstoff-Fragen der Deutschen Volksernährung. Eine Darstellung der ernährungswirtschaftlichen Aufgaben unserer Zeit. Unter Mitwirkung von Dr. Heinrich Pabst*. Dresden/Leipzig: Verlag Theodor Steinkopff.

Chemiedidaktik

Bestandsaufnahme und Forschungsperspektiven

Chemisches Wissen wurde über viele Jahrhunderte an Klosterschulen und Universitäten u. a. als Bestandteil der Medizin vermittelt. Gespeist wurde dieses Wissen über lange Zeit von alchemistischen Traditionen und Überzeugungen. Es wird im Beitrag geschildert, welchen Weg die Vermittlung von Chemie ausgehend vom Übergang der vorwissenschaftlichen Phase zum sogenannten theoretischen Zeitalter der Chemie bis heute gegangen ist. Dabei sind zwei Entwicklungsstränge zu betrachten:

- a) Der Weg hin zur Anerkennung der Chemie als Naturwissenschaft (ab den Arbeiten von Jungius, Boyle, Lavoisier, Lomonossov u. a.)
- b) Der Weg, der ausgehend von den wachsenden pädagogischen Erkenntnissen gegangen wurde (Ratichius, Comenius u. a.)

In den letzten beiden Jahrhunderten wurde intensiv um die Anerkennung des Chemieunterrichts als Bildungsgut gerungen, bis er schließlich vor etwa 120 Jahren an den meisten allgemeinbildenden Schulen etabliert werden konnte.

Abgesehen von den Arbeiten einiger früher Vertreter wie Wolfgang Ratichius (1571–1635), Johann Amos Comenius (1592–1670), Joachim Jungius (1587–1657), Erhard Weigel (1625–1699), oder Rudolf Arendt (1828–1902) entwickelte sich eine eigenständige und forschende Chemiedidaktik erst deutlich später, zunächst an den Pädagogischen Hochschulen und schließlich ab den 1970er Jahren auch an den Universitäten.

A. Geschichtlich bedeutsame Kontexte und Entwicklungen zum Fach Chemie und zur Chemiedidaktik

Impuls A.1: Geschichte und Verständnis des Unterrichtsfachs und des Fachlichen

Die ersten Schulen des Mittelalters waren Klosterschulen. In ihnen hatten die Naturwissenschaften und die Mathematik lange Zeit keine Bedeutung. Ihre wesentliche Aufgabe bestand darin, Kleriker für die Kirche heranzubilden. Andere Wissensgebiete und Disziplinen wurden in öffentlichen Dom- und Klosterschulen und auch in Stadtschulen vermittelt. Dort wurden u. a. Grammatik, Rhetorik und Dialektik, Arithmetik, Musik, Geometrie und Astronomie gelehrt, wobei bei der Vermittlung von Musik und Astronomie auch physikalischen Inhalte einfließen (Häusler, 2001, S. 20).

Die übrigen Naturwissenschaften wurden in den mittelalterlichen Schulen nur am Rande berücksichtigt; Physik galt lange Zeit ganz allgemein als *die* Naturwissenschaft (s. Beitrag Schecker in diesem Band). Erst als im Laufe des 12. Jahrhunderts in den Klosterschulen auch die *schola exterior* für weltliche Berufe eingerichtet wurde, war das Studium der Chemie angebahnt, denn in diesen Schulen wurde auch Medizin unterrichtet, wozu chemisches Wissen notwendig wurde. Medizinprofessoren waren noch jahrhundertlang auch als „Chemiker“ tätig.

Neben Mathematik, Medizin und Astronomie erhielt auch die Chemie an den Universitäten nach und nach ihren eigenen Platz, und zwar zunächst ausgehend von alchemistischen Einflüssen, die aus Arabien in Europa eindrangten (Strube, 1976, S. 73).

Das – aus heutiger Sicht vorwissenschaftliche – Vorgehen der Alchemisten hatte bis zum Ende des 18. Jahrhunderts einen großen Einfluss auf die Sicht der Menschen auf sich selbst, auf die sie umgebende Natur, sowie auf Technik und Handwerk, zumal die gewerbliche Chemie durch solche Vertreter der Alchemie gefördert wurde, die mit ihren Erkenntnissen einen Beitrag zu deren Weiterentwicklung leisteten.

Dass die Alchemisten innerhalb einer recht kurzen Zeitspanne von nur 30 Jahren von der gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Bildfläche verschwanden, hatte seine Ursache darin, dass mit den Gesetzen von der Erhaltung der Masse sowie der konstanten und multiplen Proportionen bei chemischen Reaktionen und den ganzzahligen Volumenverhältnissen bei Gasreaktionen in den Jahren 1780 bis 1810 der Nachweis gelang, dass Transmutationen, d. h. Elementumwandlungen, nicht möglich sind. Dennoch wäre es verfehlt, die alchemistische Ära als eine für die Wissenschaft verlorene Periode zu bezeichnen. Der bedeutende Gießener Chemiker Justus von Liebig bemerkte dazu:

„Die Alchemie ist niemals etwas anderes als die Chemie gewesen, ihre beständige Verwechslung mit der Goldmacherei des 16. und 17. Jahrhunderts ist die größte Ungerechtigkeit. [...]“

„Die Alchemisten entwickelten wichtige Werkzeuge und Verfahren. Zahlreiche Substanzen wie Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Ammoniak, Alkalien, viele Metallverbindungen und Alkohol, den Ether, Phosphor, Berliner Blau wurden von ihnen gefunden. Unter den Alchemisten befand sich stets ein Kern echter Naturforscher, die sich in ihren theoretischen Ansichten häufig selbst täuschten, während die fahrenden Goldköche sich und andere betrogen.“ (Liebig, 1858, S. 38)

Der Weg der Chemie hin zu einem eigenständigen Unterrichtsfach an allen Schulen war steinig und von vielen Rückschlägen begleitet. Ein wichtiger Ausgangspunkt war die Forderung, die ‚Realien‘ im Unterricht stärker zu berücksichtigen. So betonten beispielsweise Jungius (1587–1657) in Hamburg und Weigel (1625–1699) in Thüringen und Sachsen die Rolle des Experiments im Unterricht und strebten als Lehrer auch danach, Anschauungsmaterial in der Schule zur Verfügung zu haben. Insbesondere Jungius wies der Induktion im Sinne von Francis Bacon bei der Vermittlung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen eine große Bedeutung zu (Häusler, 2001, S. 14).

Für die Entwicklung eines schulischen Unterrichts, der sich an den Gegebenheiten des Alltags orientieren sollte, waren die Francke'schen Stiftungen (gegründet

von August Hermann Francke, 1663–1727) in Halle von Bedeutung. Die Stiftungen betrieben zunächst eine Armenschule, später dann eine Schule für wohlhabendere Bürger und schließlich auch eine höhere (lateinische) Schule. Alle Schulen erhielten ein chemisches und physikalisches Labor.

Die raumgreifende Aufklärung Ende des 17./Anfang des 18. Jahrhunderts fand ihren Niederschlag dann auch im schulischen Unterricht in anderen Teilen des Landes mit einer sichtbaren Förderung der Naturwissenschaften. In Preußen war das Gymnasium beispielsweise eine zehnklassige Schule, in der in jeder Klasse zwei naturwissenschaftliche Lehrstunden vorgesehen waren. Allerdings scheiterte wie schon zuvor die Durchsetzung eines stärker sichtbaren naturwissenschaftlichen Unterrichts an der Dominanz der alten Sprachen, an mangelndem Lehrpersonal und an der unzureichenden Ausstattung der Schulen. Chemische Lehrinhalte waren wegen ihrer relativen Unanschaulichkeit zudem nur schwach im Unterricht vertreten, und wenn dies der Fall war, geschah dies entlang der Systematik des damaligen universitären Lehrstoffes. Einige Lehrer an höheren Schulen beschäftigten sich allerdings schon recht früh in diesem Jahrhundert kritisch-konstruktiv mit der Vermittlung von Chemie (Schmitz-Wallrafen, 2003). Sie erkannten, dass die direkte und enzyklopädische Übertragung von chemisch-fachsystematischen Inhalten in den Schulunterricht nicht zum Verständnis von Chemie bei Schülerinnen und Schülern führen kann.

In Deutschland war es zunächst Rudolf Arendt (1828–1902), einer der bedeutendsten Chemiedidaktiker des 19. Jahrhunderts, der diese Erkenntnis in einen pädagogisch orientierten Lehrgang für Chemie münden ließ. Er ging dabei von der Beobachtung aus, dass den jungen Lernern bei der seinerzeit üblichen Vermittlung von chemischen Kenntnissen „eine von dem Angeschauten sich sehr weit entfernende Denkarbeit zugemutet wird“ (Arendt, 1895). Er stellte daher seinen „Methodischen Lehrgang“ der damals vorherrschenden Vermittlung von Chemie entlang der chemischen Fachsystematik gegenüber. Arendt ging von Atomen bzw. den Grundstoffen aus und führte von da aus zur chemischen Reaktion und zum Aufbau von chemischen Verbindungen (Schmidkunz, 1995).

Etwa zur gleichen Zeit wurde von Ferdinand Wilbrand (1824–1893), einem Lehrer an der landwirtschaftlichen Fachschule in Hildesheim, ein zweiter methodischer Lehrgang vorgestellt (Wilbrandt, 1885). Er ging von Alltagsstoffen wie Kalk, Salz, Erze usw. aus und kam durch Teilen und Trennen allmählich zum Atom und zu den Grundstoffen.

Arendts didaktische Leitlinien finden sich nahezu unverändert in der heutigen Chemiedidaktik wieder und gewinnen eher noch an Bedeutung (Häusler, 2001, S. 25; Eisner u. a., 2017).

Es waren die Universitäten und die wissenschaftlichen Vereinigungen, die Anfang des 20. Jahrhunderts den Anstoß für eine vertiefte naturwissenschaftliche Ausbildung an den öffentlichen Schulen gaben. Ausgehend von Vorschlägen vom „Verein deutscher Naturforscher und Ärzte“ entstanden 1905 die sogenannten ‚Meraner Vorschläge‘, in denen eine gleichwertige schulische Ausbildung zwischen den mathematisch-naturwissenschaftlichen und den geisteswissenschaftlichen Disziplinen gefordert wurde. Die Bildungsbehörden zeigten sich bundesweit aufgeschlossen gegenüber diesen Forderungen. In der Folge erhielten auch die Unterrichtsfächer

Chemie und Biologie einen Platz im Stundenplan vieler Schulen, wenngleich eine Umsetzung an humanistischen Gymnasien noch bis zur Einführung der reformierten Oberstufe der Gymnasien dauern sollte und eine Gleichwertigkeit dieser beiden Fächer mit dem Fach Physik ebenfalls noch auf sich warten ließ. Dennoch wurden nach dem ersten Weltkrieg die Bemühungen um den Chemieunterricht an den Schulen intensiviert. Auch in humanistischen Gymnasien wurde schließlich das Fach als Wahlfach eingeführt. Ein wesentlicher Beweggrund dafür war die aufstrebende chemische Industrie in Deutschland, die eine große Zahl gut vorgebildeter junger Arbeitskräfte und Wissenschaftler benötigte.

Nach dem zweiten Weltkrieg verkümmerte die zuvor bereits erreichte Qualität eines anschauungsreichen Chemieunterrichts aufgrund des Mangels an Personal und Gerätschaften lange Zeit zu einem „Heft-Tafel-Unterricht“ (Häusler, 2001, S. 29).

Für die Positionierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts und damit auch des Faches Chemie in der Stundentafel waren dann die Saarbrücker Rahmenvereinbarungen zur Ordnung des Unterrichts auf der Oberstufe der Gymnasien von 1960 von großer Bedeutung. Erstmals wurde den Schülern die Möglichkeit der Fächerwahl eingeräumt. In der Folge war allerdings nur die Physik als Kernpflichtfach an mathematisch-naturwissenschaftlichen Gymnasien verbindlich. Biologie *oder* Chemie konnten als Wahlpflichtfach gewählt werden. Aufgrund dieser Bedingungen wählte der Großteil der Schülerinnen und Schüler das Fach Biologie, und rund 75–80% der Schüler/innen verließen das Gymnasium, ohne in den Abschlussklassen in Chemie unterrichtet worden zu sein (Klein, 1991, S. 61). Der Chemieunterricht drohte zum Erliegen zu kommen. Nur dem großen Engagement der wissenschaftlichen Vereinigungen, wie der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh), dem Verein für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU), sowie dem Fonds der Chemischen Industrie (FCI) war es zu verdanken, dass der Unterricht trotz widriger Personal- und Sachumstände aufrechterhalten werden konnte. Dennoch erholte sich der Chemieunterricht nicht von diesen begrenzenden Regelungen. Auch heute sind die naturwissenschaftlichen Fächer nur unzureichend in dem Pflichtkanon der Prüfungsfächer an Gymnasien in Deutschland vertreten.

In der ehemaligen DDR wurde das Fach Chemie 1946 in den Klassen 7 und 8 eingeführt und erhielt ab Ende der 1950er Jahre einen Aufschwung infolge der Bedeutung der Chemie für Wirtschaft und Gesellschaft. Allerdings erfuhr der Chemieunterricht nach der Wende ab 1990 eine deutliche Kürzung in der Stundentafel.

Impuls A.2: Ursprünge und Entwicklungen der Chemiedidaktik

Etwa zur selben Zeit, in der im 17. Jahrhundert erste größere Fortschritte in der Entwicklung einer wissenschaftlich begründeten Chemie etwa durch Johan R. Glauber (1604–1668), John Mayow (1645–1679) oder Robert Boyle (1626–1691) eingeleitet wurden, entstanden die pädagogischen Grundlagen für die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen. Insbesondere J. A. Comenius beeinflusste viele Generationen mit seinen Werken, in denen er sich sehr differenziert mit dem Prozess des Lehrens und Lernens von Naturwissenschaften auseinandersetzte. In seiner „Didactica magna“ gibt er eine recht moderne Definition des Begriffes „Di-

daktik': „Didaktik bedeutet die Kunst zu lehren“ (Comenius, 1913, S. 79). In seinen Werken findet man einen starken Bezug zur Lebenswelt, der auch in den folgenden Generationen von Lehrern und Forschern einen hohen Stellenwert haben sollte. Hinzu trat bereits vor über 300 Jahren die Erkenntnis, dass das Experiment im Unterricht der Naturlehre eine besondere Bedeutung hat. So wurde bereits im Jahre 1683 an der Universität Altdorf ein öffentliches Laboratorium als „Hilfsmittel für den Unterricht“ eingerichtet (Häusler, 2001, S. 14). Allerdings gab es 1860 erst 19 Schulen in Deutschland, an den Lehrer und Schüler die Gelegenheit zum Experimentieren hatten (Lautenschläger, 1963, S. 18).

Georg Kerschensteiner (1854–1932) zeigte in seinem Werk „Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts“ die Bildungs- und Erziehungsziele des Unterrichts erstmals konkret auf (Kerschensteiner, 1914). Mit Kerschensteiner haben die Naturwissenschaften und damit auch die Chemie erstmals ihre bildungstheoretische Begründung erfahren. In der Folge finden sich eine Reihe von Anregungen zur methodischen Gestaltung des chemischen Unterrichts, zumal der Lehrer der höheren Schulen von Beginn an ‚Fachlehrer‘ war und nicht mehr ein ‚Klassenlehrer‘, wie noch die Lehrer der Jesuitenschulen oder in den kirchlichen Lehrinrichtungen (Tenorth, 2013, S. 23). Aus dem damit verbundenen Standesbewusstsein ergaben sich vielerlei Vorschläge zur Verbesserung der Lehrmethodik, als auch der pädagogischen Begründungen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Die bei Arendt (1895) und Wilbrandt (1885) grundgelegten pädagogisch-didaktischen Überzeugungen fanden Vertreter, die diese Gedanken in den Unterricht trugen. Da chemische Veränderungen sich nicht immer beobachten lassen, müssen Schüler nach Karstädt (1927, S. 19) „...geübt werden im selbständigen biologischen, physikalischen und chemischen Schülerversuch“. Allerdings hatte der Chemieunterricht es schwer, sich mit der Forderung nach einem ‚Erlebnisunterricht‘ durchzusetzen, schien die Chemie dafür eher wenig geeignet zu sein (Häusler, 2001, S. 28).

Und auch hier war es eine universitäre Initiative, die einen Impuls zur Weiterentwicklung der Chemiedidaktik und der Vermittlung von Chemie brachte. Wilhelm Ostwald, Leipziger Chemiker und Nobelpreisträger trat erfolgreich dafür ein, dass mit Julius Wagner 1901 der erste universitäre Vertreter der Chemiedidaktik an einer Universität institutionalisiert wurde. Ostwald erkannte, dass für eine gute Chemielehre in der Schule die angemessene Lehrerausbildung unabdingbar sei. Er hat seine Überzeugung durchsetzen können und sorgte in Leipzig mit der Besetzung von Julius Wagner für eine etatmäßige außerordentliche Professur für Chemiedidaktik. Wagner führte die damit verbundenen Lehraufgaben durch. Mit dem Ausscheiden Ostwalds und Wagners aus der Leipziger Universität konnte allerdings die außerordentliche Professur für Didaktik der Chemie nicht weitergeführt werden.

Unter fachdidaktischer Perspektive spielten in der Folge die Lehr- und Schulbücher von Rudolf Christen eine besondere Rolle, insbesondere zwischen 1960 und 1970. Christen, von Entwicklungen in den USA beeinflusst, wandte sich von dem systematischen, additiven Unterrichten von Elementen und Stoffen zugunsten der chemisch-physikalischen Prinzipien der Wissenschaft Chemie ab (Christen, 1962). Die damit verbundene Hoffnung, mit entsprechend aufbereiteten Schulbüchern, ein tieferes Verständnis der Chemie bei Schülern zu erlangen, wurde allerdings

enttäuscht, denn diese Orientierung führte nahezu zwangsläufig, allein schon aus Zeitgründen, zu einer zu großen Distanz zur zuvor bemühten Anschaulichkeit und Lebensnähe des Unterrichts.

Einen Vorstoß hin zu einer propädeutisch orientierten Vermittlung von Chemie bereits in der Mittelstufe unternahm das Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN). Die von Weninger 1961 formulierten Leitlinien bezogen sich sowohl auf den Chemieunterricht, als auch auf die Chemiedidaktik, die er als universitäre Disziplin einforderte (Weninger, 1961).

Die sichtbare Entwicklung der wissenschaftlichen Chemiedidaktik an den deutschen Universitäten begann Ende der 1960er Jahre, nicht zuletzt infolge der Integration der Pädagogischen Hochschulen in die Universitäten in nahezu allen Bundesländern. Es dauerte allerdings noch längere Zeit, bis sich die Chemiedidaktik auf die Mehrschichtigkeit ihres wissenschaftlichen Auftrages an der Universität besann.

Die Chemiedidaktik genießt an den lehrerbildenden Hochschulen heute vielfach einen guten Ruf (Ralle, 2011; Vollmer, 2007). Dort ist sie zumeist als Abteilung in den Chemiefakultäten verankert, vereinzelt jedoch auch in einem erziehungswissenschaftlichen Umfeld.

B. Lernen im Fach Chemie und seine chemiedidaktische Erforschung

War die Chemiedidaktik in den ersten beiden Jahrzehnten nach der Etablierung an den meisten lehrerbildenden Universitäten vorwiegend damit beschäftigt, Unterrichtskonzepte und experimentelle Zugänge zu neuen Unterrichtsthemen zu entwerfen, wurden in den darauffolgenden Jahren bis heute die Lehr-Lernprozesse stärker empirisch in den Fokus genommen. Eine internationale Ausrichtung setzte erst Ende der 1970er Jahre ein, und da auch nur sehr zögerlich.

Dieses Kapitel kann nur einen kleinen Auszug aus der Bandbreite der chemiedidaktischen Forschung darstellen. Auch kann die Vielfalt der Publikationen der Kolleginnen und Kollegen nicht hinreichend berücksichtigt werden.

Impuls B.1: Ziele, Inhalte und Kompetenzen des Fachs und des Fachlichen

B.1.1 Ziele

Die Ziele des Chemieunterrichts haben im Laufe der Geschichte verschiedene Wechsel in den Schwerpunktsetzungen erfahren. Phasen stark anwendungsbezogener Zielsetzungen wurden von fachsystematischen, auf grundlegende Fachbildung ausgerichteten Lernangeboten abgelöst, und umgekehrt. Auch zwischen Wissens- und Kompetenzerwerb als primäre Zielsetzungen gab und gibt es Schwerpunktverschiebungen.

Zu unterscheiden ist zudem zwischen den in Curricula und Lehrplanpräambeln genannten primären Zielen und den von Lehrkräften sowie von Schülerinnen und

Schülern tatsächlich wahrgenommenen Zielen. So ergab z. B. eine unveröffentlichte Untersuchung im Vorfeld des Projekts *Chemie im Kontext*, dass Lehrkräfte den Erwerb von fachsystematischen, von anwendungsbezogenem Wissen sowie von fachübergreifende Kompetenzen als gleichermaßen bedeutsame Ziele benannten, in der Wahrnehmung der Lernenden jedoch die Vermittlung fachsystematischen Wissens klar im Vordergrund stand.

Derzeit ist die Zielformulierung des Chemieunterrichts international durch das Konzept *Scientific Literacy* geprägt, der Unterricht ist also eher auf einen anwendungsbezogenen Wissens- und Kompetenzerwerb geprägt. Eine Definition von *Scientific Literacy* lautet:

„Naturwissenschaftliche Grundbildung (*Scientific Literacy*)
ist die **Fähigkeit**,

- naturwissenschaftliches **Wissen anzuwenden**,
- naturwissenschaftliche **Fragen zu erkennen** und
- **aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen**,

um **Entscheidungen zu verstehen und zu treffen**, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.“ (OECD, 1999, S. 60)

Diese Definition führte unter anderem in der Ausarbeitung der ländergemeinsamen Bildungsstandards zu der Formulierung der vier nachfolgend benannten Kompetenzbereiche (KMK, 2005).

B.1.2 Kompetenzen

In den von der KMK 2004 verabschiedeten ländergemeinsamen Bildungsstandards werden für alle drei naturwissenschaftlichen Fächer einheitlich vier Kompetenzbereiche beschrieben: (Umgang mit) Fachwissen, (Methoden der) Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewerten. Diese finden sich ähnlich auch in internationalen Vorgaben, denen das Konzept *Scientific Literacy* zugrunde liegt (Gräber, Nentwig, Koballa & Evans, 2002; Waddington, Nentwig & Schanze, 2007).

Der erste Kompetenzbereich benennt Kompetenzen, die mit dem Erwerb und der Anwendung von Fachwissen zu tun haben, in einigen Lehrplänen auch als ‚inhaltsorientierte Kompetenzen‘ gekennzeichnet, gegenüber den ‚methodischen‘. Dieser Kompetenzbereich ist ergänzend strukturiert nach Basiskonzepten (siehe *Inhalte*). Ein exemplarischer Standard für diesen Kompetenzbereich lautet „F1.5: (Die Schülerinnen und Schüler ...) erklären die Vielfalt der Stoffe auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen.“

Die Verfahren und Methoden der Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie werden durch die Standards des zweiten Kompetenzbereichs beschrieben, z. B. mit „E5: (Die Schülerinnen und Schüler ...) erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten oder recherchieren sie.“ Dieser Kompetenzbereich fokussiert zwar stark auf die tatsächliche Umsetzung verschiedener zentraler Methoden und beinhaltet damit auch manuelle Fähigkeiten, er schließt in Teilen jedoch auch an international etablierte Konzepte „Nature of Science (NoS)“

und „Scientific Inquiry (NoSI)“ an (Lederman, 1992; Wentorf, Höffler & Parchmann, 2015). Schülerinnen und Schüler sollen demnach nicht nur Kompetenzen in diesem Bereich erwerben, sondern ebenso die Bedingungen und Wege der Erkenntnisgewinnung reflektieren.

Der dritte Kompetenzbereich beschreibt Kompetenzen im Bereich der Kommunikation, sowohl bezogen auf die fächergemeinsamen Ziele der Informationsrecherche, -verarbeitung und -präsentation sowie Argumentation, als auch bezogen auf die chemiespezifische Fachsprache und deren Verknüpfung mit der Alltags- oder Bildungssprache, z. B. „K5: (Die Schülerinnen und Schüler ...) stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und übersetzen dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt.“ Dem Ziel, Chemieunterricht auch als Ort von Sprachbildung zu betrachten und umgekehrt, Sprachbildung als Voraussetzung für fachliches Lernen, wird damit Rechnung getragen.

Kompetenzen zum Urteilen und Bewerten durch das Anwenden chemischer Kenntnisse und Kompetenzen liegen dem vierten Kompetenzbereich zugrunde, exemplarisch veranschaulicht durch den Standard „B3: (Die Schülerinnen und Schüler ...) nutzen fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen.“ Die Standards sind in diesem Bereich eher breit angelegt, da zum Zeitpunkt der Entwicklung der ländergemeinsamen Bildungsstandards kaum Erkenntnisse über tatsächliche Ausprägungen und Teilkompetenzen vorlagen, obwohl die Bedeutung insbesondere gesellschaftlicher Anwendung chemischen Wissens durch Unterrichtskonzeptionen wie „Science – Technology – Society“, „context-based learning“ oder „socio-scientific issues“ international bereits in der Diskussion waren (Parchmann & Kuhn, 2018).

Mit der Einführung der ländergemeinsamen Standards wurden verschiedene Forschungsprogramme gestartet, um Kompetenzstruktur und Kompetenzentwicklungsmodelle zu generieren und auf dieser Basis die formulierten Standards hinsichtlich ihrer Erreichbarkeit zu überprüfen. Aus heutiger Sicht muss konstatiert werden, dass zwar in verschiedenen Teilbereichen Erkenntnisse vorliegen, z. B. zur Erkenntnisgewinnung (Walpuski, Kampa, Kauertz & Wellnitz, 2008; Pant u. a., 2013), ein empirisch geprüftes Gesamtmodell über alle Bereiche hinweg jedoch nicht vorliegt.

Da die Bildungsstandards als sogenannte Outcome-Standards nur Ziele, nicht jedoch konkrete Inhalte und Wege zur Erreichung dieser Ziele ausweisen, müssen Lehrpläne bzw. Kerncurricula bzw. Fachanforderungen diese Konkretisierungen auch weiterhin in den einzelnen Bundesländern bzw. Schulcurricula leisten.

B.1.3 Inhalte

Unabhängig von den ‚Pendelbewegungen‘ im Bereich der Ziele des Chemieunterrichts können zahlreiche Inhalte als annähernd konstant ausgewiesen werden. Aufgabe von Chemieunterricht war und ist es, Lernenden einen Zugang zur Beobachtung, Beschreibung, Untersuchung und Erklärung der stofflichen Welt zu ermöglichen. Diese beginnt in der Regel mit der Untersuchung und Charakterisierung von

Stoffen, verbunden mit der Beschreibung und Trennung von Stoffgemischen und der Einteilung von Stoffen in Ordnungssysteme. Es folgt ein weiterer zentraler Baustein der Deutung von Stoffeigenschaften durch Atom-, Bindungs- und Strukturmodelle, die im Laufe der Schulzeit auf verschiedenen Abstraktionsstufen zunehmend differenziert werden. Anwendung finden diese Modelle ebenso in der Charakterisierung und Umsetzung chemischer Reaktionen und deren Verlaufsbeschreibungen. Heute werden diese Kernelemente des Chemieunterrichts durch Basiskonzepte beschrieben: für die Sekundarstufe I durch die Konzepte ‚Stoffe und Teilchen‘, ‚Struktur-Eigenschafts-Beziehungen‘, ‚Chemische Reaktionen‘ und ‚Energie‘; für die Sekundarstufe II wird das Konzept der Chemischen Reaktion weiter ausdifferenziert durch die Beschreibung verschiedener Donator-Akzeptor-Prozesse sowie die thermodynamische bzw. energetische und kinetische Reaktionsbetrachtung (Demuth, Ralle & Parchmann, 2005).

Der inhaltliche Aufbau des Chemieunterrichts lässt sich entlang eines Spiralcurriculums beschreiben (Obst & Sommer, 2002; Schmidkunz & Büttner, 1986), das eine wiederholte Erarbeitung von Themen auf verschiedenen Abstraktionsniveaus vorsieht. Diese curricularen Entwicklungsperspektiven, vereinfacht auch als idealisierte „Lernlinien“ (Parchmann u. a., 2006), oder als „Lernleitern“ (Hauerstein, van Vorst & Sumfleth, 2016) bezeichnet, folgen einer systematischen Erarbeitung, die mit der Beobachtung und Beschreibung von Stoffen und Prozessen beginnt, zunehmend differenziertere Modellbetrachtungen einführt und schließlich – im Übergang zur Universität – bis zu mathematischen Modellbetrachtungen z. B. von Reaktionsverläufen führt.

Entlang dieser Grundstruktur gibt es seit einer frühen Phase des Chemieunterrichts, bundeslandübergreifend und international vergleichbar, bedeutsame und beständige Inhalte. Dazu zählen unter anderem Stoffgemische aus der Umwelt wie Luft und Wasser, Stoffklassen wie Säuren und Basen oder die der Organischen Chemie, Reaktionstypen wie Säure-Base- oder Redoxreaktionen und die chemische Untersuchung und eigene Herstellung von Alltagsprodukten wie Kunststoffe, Farbstoffe, Reinigungsmittel oder Batterien. Ergänzend haben in unterschiedlichen Phasen in der Geschichte des Chemieunterrichts weitere Themen Bedeutsamkeit erlangt, etwa das Thema Düngemittel, oder heute die Nanochemie oder Verfahren moderner elektrochemischer Energiegewinnung.

Ebenfalls große Bedeutung als Inhalt des Chemieunterrichts ist die chemische Fachsprache, die neben den Fachbegriffen eine eigene Formel- und Symbolsprache darstellt. Diese parallel zu den Basiskonzepten und konkreten Themen zu erwerben, ist Aufgabe und Herausforderung des Unterrichts zugleich (Taskin & Bernholt, 2012; Parchmann & Bernholt, 2013).

Schließlich ist auch der Erwerb zentraler handwerklicher Fähigkeiten zu nennen, verbunden mit den zuvor genannten weiteren Kompetenzbereichen und den nachfolgend dargestellten zentralen Methoden.

Das spiralcurricular aufbauende Lehren und Lernen entlang der Basiskonzepte im Chemieunterricht ist in höherem Maße voraussetzungsgebunden als dies in anderen Fächern der Fall ist. Kenntnisse von Teilkonzepten, zum Beispiel zum Atombau, zur chemischen Bindung, zu Reaktionstypen etc., müssen die Lernenden permanent zur