

Naturwissenschaftliche Grundbildung im Fächerkanon der Schule

Zusammenfassung: Seit der Einführung des Faches Naturwissenschaften stehen den drei wissenschaftlichen Disziplinen Biologie, Chemie und Physik vier Schulfächer, die Einzelfächer und das Fach Naturwissenschaften, gegenüber. Der Prozess der Herausbildung dieses neuen Schulfaches geht mit der Sorge vor einer ‚Entfachlichung‘ einher, da sich Fachlichkeit bisher als die Fachlichkeit einzelner Disziplinen oder Schulfächer bestimmt. Im Beitrag wird die Einführung des Faches Naturwissenschaften ausgehend von gesellschaftlichen Entwicklungen und politischen Entscheidungen in theoretische Perspektiven sowie empirische Befunde eingeordnet. Während das Angebot naturwissenschaftlicher Bildung in Form einzelner Fächer bislang unverrückbar scheint, haben sich die Inhalte und Vorstellungen zur Umsetzung mit Blick auf die Lernenden und globale Herausforderungen verändert. Ausgehend davon werden im Beitrag zukünftige Perspektiven naturwissenschaftlicher Bildung, auch unter Einbezug von Anteilen aus Mathematik sowie Informatik und Geographie diskutiert.

Schlagworte: Disziplinen, Schulfächer, Verfächerung, Verfachlichung, Entfachlichung

1. Einleitung

Institutionalisierte naturwissenschaftliche Bildung beginnt in Deutschland mit dem ersten Schultag der Grundschule. Das Unterrichtsfach Sachunterricht mit naturwissenschaftlichen und gesellschaftswissenschaftlichen Anteilen in den Jahrgängen 1 bis 4 bildet den Ausgangspunkt (GDSU, 2013). In der Regel folgt in den Jahrgängen 5 und 6 in der sechsjährigen Grundschule bzw. in den weiterführenden Schulen das Fach (integrierte) Naturwissenschaften (z.B. SenBJF, 2015) als Brücke zum verfächerten Angebot von Biologie, Chemie und Physik als den drei naturwissenschaftlichen Disziplinen ab Jahrgang 7 (einzelne Länder bieten das Fach Naturwissenschaften in bestimmten Schulformen auch in den Jahrgängen 7 und 8 an). Eine Lehrplananalyse von Möller (2014) zeigt die Vielfalt der Lehrplangliederungen in den Naturwissenschaften über die Bundesländer hinweg, die gleichzeitig deutlich macht, dass ein integriertes Schulfach Naturwissenschaften inzwischen einen festen Platz im Fächerkanon der Bundesländer eingenommen hat. Die fachlichen und politischen Auseinandersetzungen, die, auch unter Einbeziehung pädagogischer Aspekte, letztlich zur Einführung dieses integrierten Schulfaches führten, wurden nicht nur kontrovers, sondern in Teilen auch ‚populistisch‘ (z.B. in Kombination mit der öffentlichen Debatte um die Schulform Gesamtschule) geführt und waren von diversen Anläufen und Rückschlägen geprägt (vgl. Stäudel & Rehm, 2012). Während nach Labudde und Möller (2012) der Auslöser der Diskussionen um eine ausgeweitete, aber auch übergreifende bzw. integrierte naturwissenschaftliche

Bildung, der ‚Sputnik-Schock‘, bereits mehr als 60 Jahre zurückliegt, war die politische Durchsetzbarkeit letztlich erst vor etwa 20 Jahren nach dem ‚TIMSS-Schock‘ im Jahr 1997 gegeben. Argumente für die Einführung waren nach Labudde und Möller (2012) unter anderen die Orientierung an den Präkonzepten der Lernenden jenseits fachlicher Systematiken, die Entwicklung der Bereitschaft zum Umgang mit den Schlüsselproblemen der Menschheit (Klafki, 2005), die Förderung der Motivation sowie überfachlicher Kompetenzen wie beispielsweise des vernetzten Lernens (Klieme et al., 2003). Als Gegenargumente nennen Labudde und Möller (2012) die Gefahr, fachliche Ziele im integrierten Ansatz zu verfehlen, die Komplexität fachübergreifender Themen, die Bevorzugung biologischer Themen und die Gefahr der Stundenreduktion in den naturwissenschaftlichen Schulfächern. Dieser Auseinandersetzung auf fachdidaktischer Ebene ging der Streit um die unterschiedliche Bedeutung von Geistes- und Naturwissenschaften für eine allgemeine Bildung voraus (u. a. Kutschmann, 1999), der schließlich zur Anerkennung der Naturwissenschaften auch als „Form von kultureller und politischer Bildung“ führte (Euler & Bierbaum, 2008, S. 14). Diese zum Teil bis heute andauernden Auseinandersetzungen legen offen, dass den weltweit geteilten Fachsystematiken der naturwissenschaftlichen Disziplinen eine naturwissenschaftliche Bildung in der Schule gegenüber steht, die dem Selbstanspruch auf Integration lange nicht gerecht werden konnte (Euler & Bierbaum, 2008).

Die Debatten in den 1960er Jahren nach dem ‚Sputnik-Schock‘ bewirkten längerfristig, dass auch für die naturwissenschaftliche Bildung schrittweise international anerkannte Ziele und Merkmale formuliert wurden. Mit Konzepten wie *scientific literacy* und naturwissenschaftliche Grundbildung, die gleichzeitig die ‚Alltagstauglichkeit‘ naturwissenschaftlicher Bildung einforderten (Gräber, 2002; Rönnebeck, Schöps, Prenzel, Mildner & Hochweber, 2010), wurde schließlich die naturwissenschaftliche Bildung weitgehend standardisiert und globalisiert (Labudde & Möller, 2012). Gemäß der PISA-Rahmenkonzeption wird unter naturwissenschaftlicher Grundbildung das Zusammenwirken von Wissen, motivationalen Orientierungen sowie Fähigkeiten verstanden, die dazu beitragen, sich in einer durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Welt zurechtzufinden und aktiv an ihr teilzuhaben (Rönnebeck et al., 2010). Die Konzeption geht von der Frage aus, welche Fähigkeiten in alltäglichen, schulischen und beruflichen Situationen für den Umgang mit Naturwissenschaft und Technik bedeutsam sind (Rönnebeck et al., 2010). Mit der Durchsetzung des bildungstheoretischen Konzeptes der Kompetenzorientierung in Deutschland (Klieme et al., 2003) wurden Ziele der naturwissenschaftlichen Grundbildung in den nationalen Bildungsstandards verankert (beispielsweise für das Fach Biologie im Mittleren Schulabschluss KMK, 2005).

Im vorliegenden Beitrag werden aus biologiedidaktischer Perspektive zunächst theoretische Begriffsbestimmungen in Kapitel 2 vorgenommen, die als Grundlage für die Rekonstruktion und Diskussion der Diskurse und Prozesse rund um die Einführung des Schulfaches Naturwissenschaften in Kapitel 3 dienen. Die daraus folgenden Debatten und Entwicklungen mit Blick auf zukünftige Erfordernisse werden in Kapitel 4 zusammengeführt.

Theoretische Bezugspunkte (Kap. 2) bilden neben der Charakterisierung der Naturwissenschaften die Begriffe Disziplin in Verbindung mit Disziplinarität und Interdisziplinarität (Defila & Di Giulio, 1998, S. 116), um die wissenschaftlich-fachliche Grundlage für Bildungsbemühungen zu beschreiben, der Begriff der Domäne als ein Konzept aus der Expertiseforschung im Sinne eines eingegrenzten Leistungsfeldes (Rajh, 2017, S. 134) für das Lehren und Lernen in Universität und Schule sowie das Konzept des Schulfaches (Multrus, 2004, S. 64) als die schulische Einheit aufeinander aufbauender Bildungsprozesse.

Die Rekonstruktion und Diskussion des Prozesses der Herausbildung des Faches Naturwissenschaft (Kap. 3) erfolgt unter Rückgriff auf vier von Schneuwly (2018) formulierten Thesen zu Schulfächern. Entlang dieser Thesen wird die Herausbildung des Faches Naturwissenschaft als ein Prozess der Verfächerung und der Verfächlichung beschrieben sowie die Sorge vor Entfachlichung theoretisch eingeordnet und erläutert. Schneuwly (2018) folgend sind Schulfächer 1. ein System der Organisation von Mannigfaltigkeit, in denen 2. Widersprüche von Bildung aufgrund der Multifunktionalität des Schulsystems zum Ausdruck kommen, wobei 3. deren Veränderbarkeit den Zugang von zunehmend mehr Schüler*innen zu breitem Wissen ermöglichen und 4. die eine Verbindung von universalen Zielen mit regionalen Perspektiven erlauben.

Ausgehend davon werden in Kapitel 4 Perspektiven für die Weiterentwicklung naturwissenschaftlicher Bildung vor dem Hintergrund der zukünftigen globalen Herausforderungen sowie der technologischen Möglichkeiten abgeleitet.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Naturwissenschaften und MINT

Die Naturwissenschaften im engen Sinne umfassen die Fächer Biologie, Chemie und Physik und können als Fächergruppe mit institutionellen aber auch inhaltlichen und methodischen Gemeinsamkeiten verstanden werden (vgl. Multrus, 2004). Weiter gefasst ist auch von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächergruppe die Rede oder auch von den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik), was international nicht passgenau unter STEM-Education (*science, technology, engineering and mathematics*) gefasst wird. Einerseits ist die steigende Einbeziehung weiterer Disziplinen in zunehmend breit angelegte Fächer ein Hinweis auf die Komplexität der globalen Herausforderungen, deren Lösung angestrebt wird, andererseits ergibt sich „immer neu die Gleichförmigkeit von Fächern, die Ausdruck von drei, maximal vier Lernbereichen sind: sprachlich-literarisch, historisch-sozial, mathematisch-naturwissenschaftlich und ästhetisch-expressiv“ (Tenorth, 1994, S. 132). In dem Akronym MINT ist die Informatik als eher junges Unterrichtsfach hinzugekommen und wird in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Zugang zur Welt bzw. in diesen Modus der Weltbegegnung eingereiht. Während ausgehend von den großen Zukunftsfragen die globale Vorstellung von (naturwissenschaftlicher) Bildung immer breiter wird, sind

die Veränderungen im Kanon der Schulfächer des mathematisch-naturwissenschaftlichen Lernbereichs selbst eher gering. Bereits Klafki (2005) hat in seinen Bestimmungen eines neuen Allgemeinbildungsbegriffs ein Bewusstsein von Problemen der Gegenwart und, soweit voraussehbar, der Zukunft, gefordert. Diese Forderung schließt sowohl die Einsicht in eine Mitverantwortlichkeit sowie die Bereitschaft, an der Bewältigung dieser Probleme mitwirken zu wollen, ein. Klafki (2005) formuliert dies im Sinne einer Konzentration auf epochaltypische Schlüsselprobleme und bezog sich auf Fragen von Krieg und Frieden, Umweltfragen oder auch Fragen rund um das Bevölkerungswachstum. Vieles davon hat auch Martin (2007) mit „*The 17 Great Challenges of the Twenty-First Century*“ als Zukunftsaufgaben für die *transition generation* formuliert. Dazu gehören beispielsweise neben der Verringerung des Wachstums der Weltbevölkerung das Etablieren nachhaltiger Lebensstile, die Bekämpfung von Infektionskrankheiten oder die Modellierung weltweiter Systeme mit Blick auf Klimaveränderungen. Die *sustainable development goals* der UN (United Nations Department of Global Communications, 2019) benennen ebenfalls globale Ziele (z. B. *no poverty, zero hunger, good health and well-being, quality education*), während sich die *Global Trends and Risks* (World Economic Forum, 2015) auf ökonomische, umweltliche, geopolitische, gesellschaftliche und technologische Risiken beziehen. Es ist offensichtlich, dass zur Bearbeitung dieser Zukunftsfragen naturwissenschaftliche Kompetenzen notwendig, aber nicht hinreichend sind, wobei diese nicht nur in ‚reiner‘ Form, sondern in vielfältiger Vernetzung benötigt werden.

Zur Erreichung dieser Ziele wurde unter anderem das Konzept der naturwissenschaftlichen Grundbildung (Rönnebeck et al., 2010), das auch als theoretische Grundlage für die OECD-PISA-Studien eingesetzt wird, vereinbart (Baumert, Stanat & Demmrich, 2001; siehe auch Kap. 1 in diesem Beitrag). Die in der Definition enthaltene Anerkennung von Wissen und Können zeigt sich auch in Konzepten wie *scientific literacy* (Gräber, 2002) und *21st century skills* (McComas, 2014). Der *OECD Learning Compass 2030* (OECD, 2019) zielt weitreichend auf das *well-being*, und zwar bezogen auf Gesellschaften sowie unseren Planeten. Neben Wissen und Können geht es hier insbesondere um Einstellungen und Werte, die Lernende zur Bewältigung aktueller und zukünftiger Aufgaben benötigen.

Ausgehend von Studien zu Schülerleistungen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich, z. B. TIMSS III (Baumert, Bos & Watermann, 1998), und verbunden mit dem Ziel, aktives anwendbares Wissen aufzubauen, erfolgte auch in den naturwissenschaftlichen Fächern der Paradigmenwechsel von der Input-Steuerung zur Output-Orientierung, der im kompetenzorientierten Unterricht (Klieme et al., 2003) umgesetzt wird. Dabei bedingen vom Phänomen ausgehende Problemlöseprozesse eine geringer werdende Orientierung an Listen von zu lernenden Inhalten (Koeppen, Hartig, Klieme & Leutner, 2008). Diese Veränderung von Fachlichkeit in Abkehr von der Konzentration auf Inhaltskataloge zu einer auf Inhalte bezogenen Beschreibung von Wissen und Können zeigt sich in den Bildungsstandards der drei naturwissenschaftlichen Fächer für den Mittleren Schulabschluss (z. B. Biologie; KMK, 2005), u. a. durch die Strukturierung der Standards in vier gleichwertige Kompetenzbereiche: neben Fach-

wissen stellen Methodenwissen im Bereich der Erkenntnisgewinnung sowie Aspekte fachlicher Kommunikation und Bewertung explizit gleichrangige Zieldimensionen des Fachunterrichts dar. Die Struktur der Dokumente sowie die Kompetenzbereiche sind für die drei naturwissenschaftlichen Fächer identisch. Die Standards im Sinne von Kompetenzbeschreibungen sind demgegenüber fachspezifisch gefasst, ebenso fachlich gebundene Basiskonzepte. Damit wurden normative Setzungen vorgenommen, die bereits viele Forderungen an naturwissenschaftliche Bildung abdecken. So werden neben ontologischen Entitäten der Inhaltsseite gleichermaßen prozedurale Entitäten sowie damit verbundene epistemische Werte einbezogen, drei Wissensformen, die Kind und Osborne (2017) bezogen auf sechs *reasoning styles* formulieren. Während die Logik der Bildungsstandards in Deutschland eher eine formale Trennung der Wissensformen in Kompetenzbereiche ausdrückt, integrieren die *reasoning styles* für den MINT-Bereich Inhalt, Vorgehen und epistemische Reflexion. Die sechs Denkstile sind mathematisches Deduzieren, experimentelles Evaluieren, hypothetisches Modellieren, Kategorisierung und Klassifikation, probabilistisches Denken und das naturhistorische evolutive Denken (Kind & Osborne, 2017). In dieser Entwicklung kommt zum Ausdruck, dass sich die naturwissenschaftlichen Fächer, dem *practice turn* (Forman, 2018) folgend, im Bereich Erkenntnisgewinnung zunehmend am Prozess einer authentischen Problemlösung orientieren und dabei nicht ohne Mathematik- und Informatik-Kompetenzen auskommen (vgl. Priemer et al., 2019). Nicht die explizite Vermittlung von generellen Konzepten als Grundlage einer Kompetenz, sondern die situationsgebundene Begegnung damit in Phänomenen der Umwelt, z. B. durch ‚figuring out‘ (Krajcik 2015, S. 16) oder *practices* (Villanueva, Cook-Deegan, Robinson, McGuire & Majumder, 2019) stehen im Zentrum des Lehrens und Lernens.

Die inhaltlichen Ansprüche und Begehrlichkeiten bei der Weiterentwicklung der naturwissenschaftliche Bildung betreffenden Fächer scheinen nicht enden zu wollen: Werte und Einstellungen sollen thematisiert, Mathematik und Informatik sowie Geographie sollen im Kontext von persönlichen Zielen wie *well-being* einbezogen und mit Blick auf die Anforderungen globaler Problemlösungen vermittelt werden.

2.2 Begriffsklärungen

Von der Disziplin zum Schulfach

Disziplinen sind nichts Naturgegebenes, ihre Grenzen haben sich historisch herausgebildet. Disziplinen formieren sich um Gegenstandsbereiche und Problemstellungen und werden somit durch die Untersuchung von ausgewählten Eigenschaften eines bestimmten Ausschnittes der Realität charakterisiert (Defila & Di Giulio, 1998, S. 111–112). Neben relevanten Forschungsproblemen bilden Zwecke und Gegenstände der Forschung die Identität einer Disziplin. Die soziale Seite einer Disziplin sind die sich dabei herausbildenden Kommunikationszusammenhänge einer *Scientific Community* sowie institutionalisierte Sozialisierungsprozesse bis hin zu persönlichen Karrierewegen. Auf der kognitiven Seite verfügt eine Disziplin über einen Korpus an Wissen,

also Aussagen, Theorien und Erkenntnisse sowie Methoden und Strategien zur Problemlösung.

Disziplinen haben sich oft aus interdisziplinären Ansätzen und Interaktionen entwickelt, ein Beispiel ist die Medizin (Defila & Di Giulio, 1998, S. 116). In den Naturwissenschaften sind es oft komplexe Forschungsgebiete, deren ganzheitliche Bearbeitung ohne interdisziplinäre Interaktionen nicht auskommt. So werden aus ursprünglichen Anwendungsfeldern von naturwissenschaftlicher Forschung, beispielsweise Ernährung und Gesundheit, die Disziplinen Ernährungswissenschaft und Gesundheitswissenschaft, die neben naturwissenschaftlichen Anteilen beispielsweise auch auf medizinische, sozialwissenschaftliche und agrarwissenschaftliche Erkenntnisse zurückgreifen. Ein solches integrationsorientiertes Zusammenwirken verschiedener Disziplinen wird als Interdisziplinarität aufgefasst, die in diesem Fall eine Zwischenstufe auf dem Weg zu neuen Disziplinen darstellt (Defila & Di Giulio, 1998, S. 115). In diesem Sinne sind Biologie, Chemie und Physik drei traditionsreiche wissenschaftliche Disziplinen mit einem weltweit geteilten Verständnis der jeweiligen Möglichkeiten und Grenzen. Bei aller Verwandtschaft zwischen den drei Naturwissenschaften zeigen sie auch Spezifika (Mannzmann, 1984). Die Biologie sowie das Unterrichtsfach Biologie nehmen dabei insofern eine Sonderstellung ein, als dass der Mensch in ihr „Subjekt und Objekt zugleich“ (Reichart, Reichart & Trommer, 1984, S. 25) ist. Im Gegensatz zum Fach Biologie, dessen Inhalte individuelles und gesellschaftliches Leben häufig unmittelbar betreffen, beinhalten Chemie- (Schumacher, 1984) und Physikunterricht (Schenk, 1984) traditionell stärker anwendungsorientierte und technische Anteile. Schumacher verdeutlicht in der historischen Nachzeichnung des Chemieunterrichts die Bedeutung der Chemie als „Knotenstelle zwischen den Naturwissenschaften“ (Schumacher, 1984, S. 156). Dies wird auf universitärer Ebene auch anhand der Herausbildung von neuen Disziplinen wie Molekularbiologie deutlich (Mayr, 2002).

Die Biologie unterscheidet sich darüber hinaus auch aufgrund ihrer historischen Perspektive elementar von Physik und Chemie. So spielen in biologischen Kausalbeziehungen neben proximat, beispielsweise physiologischen, zudem ultimate, evolutionsbiologische Ursachen eine große Rolle (Mayr, 2002), was besondere Herausforderungen an den Biologieunterricht stellt (Kattmann, 1995).

Als Domäne wird demgegenüber ein Leistungsbereich innerhalb einer Disziplin verstanden. Ein ausgewählter Teilbereich der Disziplin fungiert dabei als Rahmen für einen konkreten Lern- und Leistungsprozess (Rajh, 2017, S. 134). Mit der Einführung der Kompetenzorientierung in Anlehnung an den Kompetenzbegriff von Weinert (2001) fand der Begriff Domäne auch Einzug in die empirische Bildungsforschung und in Debatten über Bildung. Kompetenz wird hier als spezifisch für eine Domäne aufgefasst. So bezeichnet Weinert (2001) den Erwerb von Kompetenz als „Aufbau von ‚intelligentem Wissen‘ in einer Domäne“ (vgl. Klieme et al., 2003, S. 22).

In Bildungsinstitutionen, Universitäten und Schulen, ist gleichermaßen von Fächern die Rede. Nach Reh und Pieper ist das „Fach eine Form mit unterschiedlichen Ausprägungen in verschiedenen Institutionen des Bildungswesens, als Schulfach oder als universitäre Disziplin“ (2018, S. 26). Die Biologie als wissenschaftliche Disziplin an der

Universität und die Biologie als Schulfach haben jeweils eigene auf den Kontext bezogene Kulturen entwickelt. In der Literatur werden die hochschulische und die schulische Fachkultur (z. B. Ernst, 2018, S. 75, 80) unterschieden (siehe auch Unterkapitel Fachkultur und Lehrerhabitus). „Schulfächer bündeln Ziele, Voraussetzungen und Realisierungsmöglichkeiten pädagogischer Arbeit in der Schule“ (Tenorth, 1999, S. 192). Sie ermöglichen fachgebundenes Lernen in der Schule gerade durch ihren institutionellen Rahmen, weil sie beispielsweise die Erschließung der Welt kognitiv und personal ermöglichen, eine interne Graduierung von Wissen erlauben oder gar die Evaluation von Leistungen vornehmen (Tenorth, 1999, S. 192). Der historische Prozess der Schulfachbildung wird als Verfächerung bezeichnet.

Verfächerung und Fächergruppen

Die Einführung von modernen Schulfächern im 19. Jahrhundert gilt als Ursprung des noch heute geltenden grundsätzlichen Ordnungsprinzips der Schule. Schneuwly (2018) verwendet in diesem Zusammenhang den Begriff Schulfächerbildung als Übersetzung des französischen Begriffs *disciplinarisation*, den Tenorth als die „Disziplinierung des Denkens durch das Fach“ (1999, S. 205) versteht. Huber (2001) bezeichnet dies als Verfächerung oder Fachlichkeit des Unterrichts und steht diesem Ordnungsprinzip eher kritisch gegenüber. Er bescheinigt vielen Fächern eine starke „Beharrungskraft“ und bezeichnet die grundsätzliche Einteilung in Fächer als Fachprinzip: „Schulreformen kommen und gehen, das Fachprinzip aber bleibt bestehen“ (Huber, 2001, S. 307). Und dennoch zeigen sich neben dem prinzipiellen Festhalten am traditionellen Fächerkanon gesellschaftliche Entwicklungen, deren Diskurse sich auf Institutionen wie Schule und Universität bzw. Hochschule auswirken.

Mit Referenz auf die entsprechenden Wissenschaftsdisziplinen wurden zunächst die Fächer Biologie, Chemie und Physik als Schulfächer etabliert, die heute selbst auf eine lange Tradition zurückblicken (vgl. Mannzmann, 1984). Diese Verfächerung der Naturwissenschaften in die Einzelfächer war später Anlass fortlaufender Diskussionen über fachübergreifende oder auch fächerverbindende Ansätze, die letztlich zur Implementierung des Schulfaches Naturwissenschaften im Bereich der Grundschule und der Mittelstufe führten. Neben inhaltlichen Gründen werden dafür auch andere schulorganisatorische und pädagogische Gründe angeführt (Labudde & Möller, 2012; Stäudel & Rehm, 2012). Bei allen Vorzügen reißt aber zum einen die Kritik an dieser Entscheidung nicht ab, während zum anderen gleichzeitig weitere Anforderungen formuliert werden. So wird beispielsweise im *OECD Learning Compass 2030* (OECD, 2019) gefordert, dass in Bildungsprozessen Werte und Einstellungen stärker einbezogen werden sollen.

In der Konzeption des Schulfaches Naturwissenschaften ist ein ganzheitlicher, vom Phänomen ausgehender oder auch interdisziplinärer Ansatz die Vorstufe zu den ‚reinen‘ naturwissenschaftlichen Fächern. Diese Verfächerung der Naturwissenschaft in ihre Einzelfächer über den Verlauf der Schullaufbahn lässt sich auch in der historischen Entwicklung erkennen: Ausgehend von naturgeschichtlichen Betrachtungen und naturphilosophischen Ansätzen, die sich mit der lebenden und nichtlebenden Natur befassten,

fand zwischen dem 17. und 19. Jahrhundert in den Universitäten und später in den Schulen eine Verfächerung in die Disziplinen bzw. Schulfächer Physik, Chemie und Biologie statt (Mayr, 2002; Reichart et al., 1984; Schenk, 1984; Schumacher, 1984). So sind beispielsweise Bestrebungen, das Leben wissenschaftlich zu untersuchen und zu erklären, älter als das Wort Biologie. Die Biologie entwickelte sich wissenschaftlich von einer beschreibenden Disziplin mit dem Schwerpunkt auf taxonomisch-systematische Arbeiten zu einer experimentellen und damit auch erklärenden Wissenschaft. Die Entwicklung von spezifischen Methoden trug dabei zur Herausbildung von Konventionen und damit zur Entwicklung einer disziplinspezifischen Kultur bei, die sich beispielsweise im schulischen Kontext auf der Verhaltensebene im Lehrerhabitus ihrer Repräsentant*innen zeigt (Helsper, 2018; siehe auch folgendes Unterkapitel).

Fachkultur und Lehrerhabitus

Der Kulturbegriff bezieht sich gleichermaßen auf den akademischen und schulischen Bereich. Fachkultur (Hericks & Körber, 2007, S. 31/32) bzw. fachspezifische Schulkultur (van Ackeren, Block, Kullmann, Sprütten & Klemm, 2008) sind die entsprechenden Bezeichnungen. Werden Vorstellungen über die Disziplin bzw. das Fach, aber auch „unterscheidbare, in sich systematisch verbundene Zusammenhänge von Wahrnehmungs-, Denk-, Wertungs- und Handlungsmustern“ (Liebau & Huber, 1985) von einer *scientific community* geteilt, bildet sich eine spezifische Kultur, die wiederum durch den Habitus des Einzelnen stabilisiert wird (Arnold & Fischer, 2004, S. 22). Nach Bourdieu wird der Habitus als System „dauerhafter und übertragbarer Dispositionen“ (1987, S. 98) bezeichnet, die als „Erzeugungs- und Ordnungsgrundlage für Praktiken und Vorstellungen“ wirken. Von diesem individuell-biographischen Habitus ist der „Lehrerhabitus“ (Helsper, 2018) als feld- oder disziplinspezifisch zu unterscheiden. Helsper beschreibt den Lehrerhabitus „als Ausdruck der Orientierungen, der fachlichen und pädagogischen Praxen der jeweiligen Lehrertätigkeit, wie sie über berufsbiographische Phasen im Kontext konkreter Schulkulturen entfaltet werden“ (Helsper, 2018, S. 123). Die Herausbildung des professionellen Lehrerhabitus basiert u. a. auf eigenen Erfahrungen als Schüler*in, auf dem Durchlaufen einer universitären fachspezifischen Ausbildung, den eigenen Erfahrungen beim Unterrichten sowie der Schulkultur (Helsper, 2018). Der Lehrerhabitus kann somit als – durch die individuelle Biographie geprägte – Umsetzung einer Schul- und Fachkultur durch das Subjekt verstanden werden. Da Schulfächer wie Biologie, Chemie und Physik den wissenschaftlichen Disziplinen nachgebildet wurden, sind Schulfachkultur und Lehrerhabitus zwar stark von diesen Disziplinen beeinflusst, aber nicht identisch mit ihnen, weil sich die sozialen Kontexte, in denen Schulfachkultur und Lehrerhabitus gebildet und ausgeführt werden, unterscheiden (Ernst, 2018, S. 92). Da aber im Lehramtsstudium in den fachwissenschaftlichen Anteilen der Fächer vor allem die Grundlagen der wissenschaftlichen Disziplin vermittelt werden, kann hier zunächst von einer ‚Mitnahme‘ der Fachkultur und des auf die Disziplin bezogenen Habitus in das schulische Umfeld ausgegangen werden, in dem sich dieser durch die soziale und kulturelle Einbindung in die Institution Schule weiter entwickelt und so ein Lehrerhabitus ausgebildet wird. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass Lehrkräfte in

Deutschland (mindestens) zwei Fächer und deren Fachdidaktiken studiert haben und in der Schule dann z. T. noch mehr bzw. andere Fächer unterrichten, also in mindestens zwei Fachkulturen und entsprechenden Habitusformationen mehr oder weniger stark einsozialisiert werden. In diesem Zusammenhang betrachtet Ernst es als „durchaus kritisch, die Existenz unabhängiger (schulischer) Fachkulturen unhinterfragt vorauszusetzen“ (2018, S. 87). Für die Schulfächer Deutsch und Physik kommt Willems (2007) zu dem Schluss, dass eigene Fachkulturen vorliegen. Geht man also davon aus, dass die drei naturwissenschaftlichen Disziplinen sowie die drei entsprechenden Schulfächer jeweils über eine eigene Kultur und einen eigenen beruflichen bzw. Lehrerhabitus verfügen, stellt sich für das Schulfach Naturwissenschaften die Frage, wie ausgehend von den Einzelfächern eine Fachkultur und ein integrierter Lehrerhabitus entstehen. Dafür ist der Prozess der Verfachlichung relevant.

Verfachlichung und Fachlichkeit

Verfachlichung ist der Prozess zur Bildung einer spezifischen Fachlichkeit. Im Kontext dieses Beitrags geht es um die Verfachlichung eines neuen Schulfaches, des Faches Naturwissenschaften. So hinterfragen Reh und Pieper zunächst den Begriff Fachlichkeit, den sie als spezifischen Modus des Umgangs mit Wissen bezeichnen: „Was hat Fachlichkeit mit dem Schulfach, was mit einer universitären Disziplin zu tun und was ist sie, wenn sie eben nicht einfach aus einer Disziplin abgeleitet werden kann?“. In der folgenden Frage formulieren sie implizit eine mögliche Antwort: „Ist Fachlichkeit das, was – über möglicherweise einen längeren Zeitraum betrachtet – die Einheit eines Schulfaches ausmacht?“ (2018, S. 24). Die mit dieser Frage nahegelegte Antwort geht zum einen davon aus, dass das Fach im Rahmen von Verfächerung gebildet wird (Reh & Pieper, 2018, S. 24) und zum anderen, dass das Schulfach ausgehend von der wissenschaftlichen Disziplin erst im sozialen Kontext Schule professionsbezogen verfachlicht wird. Dieser Prozess der Herausbildung einer besonderen Form, z. B. durch Konventionalisierungen von schulischen Aufgabenformaten und Wissensprodukten, wird somit als Verfachlichung bezeichnet.

Wie oben bereits beschrieben, beinhaltet die Kompetenzorientierung durch die Hinwendung zum Domänenbegriff einen engen Bezug zur Disziplin. So ist das Merkmal Fachlichkeit mit Bezug auf die Disziplin auch das erste von sieben Merkmalen guter Bildungsstandards: „*Fachlichkeit*: Bildungsstandards sind jeweils auf einen bestimmten Lernbereich bezogen und arbeiten die Grundprinzipien der Disziplin bzw. des Unterrichtsfachs klar heraus“ (Klieme et al., 2003, S. 24). Auch Graduierungen in Kompetenzmodellen weisen diesen engen Bezug auf, wie ebenfalls in der Klieme-Expertise zum Ausdruck kommt: „Werden Anforderungen als Stufen eines Kompetenzmodells festgesetzt, so ist dies keinesfalls eine Entscheidung nach Gutdünken. Es handelt sich vielmehr um professionelle Entscheidungen, die sich an Bildungszielen orientieren (z. B. an einem Verständnis des Bildungsauftrags eines Faches), aber auch auf Erfahrungen und Traditionen einschlägiger Disziplinen Bezug nehmen“ (Klieme et al., 2003, S. 22). Dieser starke Bezug zur Domäne und zur Disziplin in der Konzeption der Bildungsstandards bei gleichzeitiger Verbreiterung des Fachverständnisses durch Einbeziehung von

Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung geht jedoch immer wieder mit der Sorge vor Verlust von Fachlichkeit und damit einer Entfachlichung einher.

Entfachlichung

In Debatten um die Einführung nationaler Bildungsstandards in Deutschland (z. B. für die Biologie KMK, 2005) verwendet Weber (2014) den Begriff Entfachlichung im Zusammenhang mit der aufgekommenen Sorge um einen möglichen Inhaltsverlust durch die Kompetenzorientierung (siehe auch das vorhergehende Unterkapitel). Aufgrund der Betonung der Handlungsdimension im kompetenzorientierten Ansatz besteht bei einem Teil der Vertreter*innen verschiedener Akteursgruppen, wie beispielsweise Lehrpersonen, Wissenschaftler*innen, Politiker*innen, die Sorge vor Verlust von Fachlichkeit. Dabei wird allerdings oft übersehen, dass Domänenspezifik als immanenter Bestandteil einer Kompetenz beschrieben wird (Klieme et al., 2003).

Es kann aber auch ganz anders argumentiert werden und in der Strukturierung in Kompetenzbereiche eine Aufwertung der naturwissenschaftlichen Fächer verstanden werden, weil Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung mit Bezug zum Fachwissen und gleichzeitig über das Fachwissen hinausgehend explizit als Bereiche des Faches beschrieben werden (vgl. hierzu auch Tenorth, 1999, S. 192). Anders formuliert heißt das, dass disziplinäres Fachwissen näher an individuelle und gesellschaftliche Diskurse, Urteils- und Entscheidungsfindungen heranrückt und auf diese Weise eine größere Reichweite und einen stärkeren Bezug zur Gesellschaft und damit zu den Menschen erreicht. Mit Blick auf die Anwendung naturwissenschaftlichen Wissens ist insbesondere der Kompetenzbereich Bewertung von Bedeutung, in dessen Rahmen beispielsweise ein strukturiertes Vorgehen (Dittmer, Bögeholz, Gebhard & Höhle, 2019) zu einer individuellen Entscheidungsfindung erlernt werden soll, z. B. zu einer bioethischen Fragestellung. Hier wird dem Indoktrinationsverbot folgend primär das Verfahren gelernt, die Werte selbst bzw. ihre Gewichtung bleiben dem persönlichen Bereich der Lernenden überlassen. Vor diesem Hintergrund zeichnen sich weiterführende Diskussionen um den Umgang mit Werten in der naturwissenschaftlichen Bildung ab (OECD, 2019). Koster und de Regt (2019) argumentieren aus einer wissenschaftsphilosophischen Position, dass die naturwissenschaftliche Forschung entgegen der etablierten Annahme nicht wertfrei möglich sei. Sie unterscheiden epistemische Werte, die Teil der Erkenntnisgewinnung sind, von non-epistemischen Werten, die bei Anwendungen von wissenschaftlichen Erkenntnissen in gesellschaftlichen Kontexten zum Tragen kommen und fordern auch deren Einbeziehung in naturwissenschaftliche Bildung. Hier steht also die Vermittlung von Werten ausgeprägter im Raum als das bisher beispielsweise in den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss der Fall ist (KMK, 2005).

Neben solchen Forderungen der Erweiterung naturwissenschaftlicher Bildung kann die Frage der Entfachlichung auch im Verhältnis der drei Disziplinen, die vier Schulfächern gegenüberstehen, diskutiert werden. Dabei ist davon auszugehen, dass die Verfächlichung des jungen Schulfaches Naturwissenschaften noch im vollen Gange ist. Befürchtet wird die Verwässerung der jeweils disziplinspezifischen Konzepte im Rahmen dieses disziplinenübergreifenden Schulfaches. Dies kann als Sorge um den Verlust

fachlicher Identität, möglicherweise auch als Angst um die eigene Daseinsberechtigung einzelner Disziplinen sowie deren Repräsentant*innen verstanden werden (Labudde & Möller, 2012; Stäudel & Rehm, 2012). Vermutlich können erst eine eigenständige Fachlichkeit, eine eigene Fachkultur sowie ein eigener Lehrerhabitus diese Sorge ausräumen.

Auch strukturelle Fragen wie Quer- und Seiteneinstieg in den Lehrerberuf sowie fachfremd erteilter Unterricht werden im Zusammenhang mit Prozessen der Entfachlichung diskutiert, bisher jedoch kaum untersucht (vgl. aber für den Mathematikunterricht: Porsch, 2020). Dies betrifft auch die naturwissenschaftlichen Fächer. Untersuchungen zu Kompetenzentwicklungen von Lernenden, z. B. in Zeiten von Lehrkräftemangel, sind ein Forschungsdesiderat und werden benötigt, um evidenzbasierte Aussagen über verschiedene Lösungsansätze, beispielsweise Quer- und Seiteneinstieg, fachfremder Unterricht usw., treffen zu können.

Auch die zunehmende Nutzung digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht ist von der Sorge vor Entfachlichung geprägt. So ist derzeit noch ungeklärt, in welchem Verhältnis beispielsweise die KMK-Strategie zur Bildung in der digitalen Welt (KMK, 2017) zu den Bildungsstandards steht. Deutlich wird bereits jetzt, dass die Wirkung umso stärker ist, je aktiver bzw. konstruktiver Lernangebote angelegt sind, in die digitale Medien eingebunden werden (vgl. ICAP-Modell: Chi & Wylie, 2014; Stegman & Fischer, 2016).

Weitere Schlagworte im Zusammenhang mit Entfachlichung sind die sogenannten Querschnittsaufgaben der Lehrer*innenbildung wie beispielsweise Sprachbildung und Inklusion. Diese wurden oft zu Lasten der fach- und auch der bildungswissenschaftlichen Studienanteile eingeführt und werden somit, häufig von Seiten der Fachwissenschaften, mit Entfachlichung in Verbindung gebracht. Darüber hinaus reißen Diskussionen um neue Schulfächer, wie beispielsweise Glück (z. B. Fritz-Schubert, 2010) und Wirtschaft (z. B. Hedtke, 2008) nicht ab. Sorge vor Entfachlichung kann somit vielfältige Gründe haben. Junge Fächer, die noch um Verfachlichung bemüht sind, sollten diese Sorge bei der Entwicklung der eigenen Kultur aufgreifen und ihr so entgegen treten.

3. Schulfächer als ‚Behälter‘ für Kompetenzerwerb

Auf der Ebene des Schulsystems ist es nach Schneuwly (2018, S. 290) gerade die „Stabilität des Ordnungsprinzips“, die „fundamentale Veränderungen der Inhalte“ erlaubt. Dafür legt der Autor vier Thesen bezüglich der Schulfächer dar, die im Folgenden mit Blick auf die Organisation der naturwissenschaftlichen Bildung und unter Einbezug von Ver- und Entfachlichungsprozessen analysiert und diskutiert werden.

3.1 *Schulfächer als System zur Organisation von Mannigfaltigkeit*

Nach Tenorth (1994, S. 122) ermöglichen Schulfächer in ihrer Beständigkeit als Ordnungsrahmen für alle Schulstufen und alle Schulformen die „Mannigfaltigkeit von Situationen“, die dem Ziel der Allgemeinbildung bzw. der vertieften Allgemeinbildung mit Bezug zur außerschulischen Realität gerecht werden (vgl. Schneuwly, 2018).

Biologische Inhalte finden ihren Platz im Sachunterricht, im Fach Naturwissenschaften und im Fach Biologie in verschiedenen Jahrgängen in unterschiedlichen Schulformen. Dabei haben die Inhalte, die im biologischen Anteil des Sachunterrichts im ersten Schuljahr vertreten sind, nichts mit den Inhalten eines Leistungskurses Biologie in der gymnasialen Oberstufe zu tun. Allein botanische Inhalte reichen beispielsweise von der Beobachtung des Austreibens von Frühblühern aus Zwiebeln bis zu Experimenten zum Zusammenhang von Lichtintensität und Fotosyntheseleistung. Ohne Kenntnis der universitären Disziplin Biologie dürften diese Inhalte ähnlich weit voneinander entfernt wahrgenommen werden wie Inhalte zwischen den drei Fächern, die parallel in einem Jahrgang unterrichtet werden: Plasmolyse für die Biologie, Osmose für die Chemie und Partialdruck für die Physik.

Das Beispiel zeigt gleichzeitig, dass der Biologieunterricht der Entwicklung der Wissenschaft Biologie folgt, z. B. die Entwicklung von einer beobachtenden zu einer erklärenden Wissenschaft (Mayr, 2002; Reichart et al., 1984). So kann die Einführung des Schulfaches Naturwissenschaft auch historisch erklärt werden. Ausgehend vom sinnlich-erfahrbaren Naturwissen bildete sich nicht zuletzt durch das Linné'sche System nach und nach eine geordnete Fachstruktur heraus, die den naturgeschichtlichen Unterricht als Vorläufer des Biologieunterrichts seit Mitte des 18. Jahrhunderts prägte (Reichart et al., 1984). In gewisser Weise zeichnet die heute etablierte Organisation der naturwissenschaftlichen Schulfächer diesen Entwicklungsweg nach, indem am Beginn breite, vom Phänomen ausgehende Zugänge stehen und die Fächer gegen Ende der Schullaufbahn analog zu den Strukturen universitärer Disziplinen gegliedert sind. Inwiefern diese Entwicklung einen positiven Einfluss auf den Kompetenzerwerb in den Naturwissenschaften zeigt, ist eine empirische Frage.

Die Antwort muss differenziert ausfallen. Der IQB-Bildungstrend 2018 (Stanat, Schipolowski, Mahler, Weirich & Henschel, 2019) zeigt für die Naturwissenschaften (Kompetenzbereiche Fachwissen und Erkenntnisgewinnung) im Trend über die Länder eher negative Entwicklungen im Vergleich zum IQB-Bildungstrend 2012 (Schroeders et al., 2013). Lediglich im Fach Biologie in der Erkenntnisgewinnung zeigen sich keine signifikanten Veränderungen. Obwohl zuwanderungsbezogene Disparitäten durch signifikante Nachteile für Jugendliche aus zugewanderten Familien zum Ausdruck kommen, zeigen sich für Jugendliche der zweiten Zuwanderergeneration insbesondere im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung positive Entwicklungen. Nach den Befunden aus PISA 2018 (Schiepe-Tiska, Rönnebeck & Neumann, 2019) liegt Deutschland mit 503 Punkten signifikant über dem OECD-Durchschnitt von 489 Punkten. Im Vergleich zu 2015 (Schiepe-Tiska, Rönnebeck, Schöps, Neumann, Schmidtner, Parchmann & Prenzel, 2016) sind die Leistungen in den Naturwissenschaften stabil geblieben. Der

Anteil der Leistungsstarken ist mit 10 Prozent seit 2015 stabil, der Anteil der Leistungsschwachen steigt von 17,7 auf 19,6 Prozent. Sämtliche Ergebnisse sind stets vor dem Hintergrund der sich stetig verändernden demographischen Struktur zu bewerten. Trotz anhaltender sozialer Disparitäten können die weitgehend gleichbleibenden Befunde beispielsweise durch eine gute Arbeit im Unterricht in den Schulfächern erklärt werden. Um hier zu stärkeren Schlussfolgerungen kommen zu können, sind neben den vorliegenden deskriptiven Befunden kausal-erklärende Ergebnisse zu den Bedingungsfaktoren für erfolgreiches Lernen notwendig (vgl. Klieme et al., 2003, S. 126–127; vgl. Schiepe-Tiska, Schmidtner, Müller, Heine, Neumann & Lüdtkke, 2016).

3.2 *Widersprüche von Bildung als Ausdruck der Multifunktionalität des Schulsystems*

Schneuwly, der das Schulfach als ständigen „Kampfplatz widersprüchlicher Tendenzen“ (2018, S. 292) bezeichnet, findet in Auseinandersetzungen über die Einführung neuer bzw. die Entwicklung vorhandener Fächer drei wiederkehrende Argumentationstypen, die sich auf vielfältige Weise kreuzen: „Bedeutung für Bildung“, „praktische Nützlichkeit“ und „Notwendigkeit für den nationalen Zusammenhalt“ (Schneuwly, 2018, S. 290).

Für die Biologie als Naturwissenschaft dürften der Diskurs über bzw. die Zweifel an ihrer Bedeutung für Bildung (vgl. Schwanitz, 1999, S. 618) mit der „Globalisierung naturwissenschaftlicher Bildung“ (Labudde & Möller, 2012, S. 12) grundsätzlich als überwunden gelten. Auch die praktische Nützlichkeit ist schon immer Anspruch des Unterrichtsfaches Biologie bzw. ihrer Vorläufer gewesen. Nützliches Wissen bedeutet beispielsweise, giftige von genießbaren Pilzen zu unterscheiden, Heilpflanzen und ihre Anwendung zu kennen, in Mangelzeiten Selbstversorgung betreiben zu können (vgl. Kattmann, 2016, S. 126). Nützliches Wissen heute ist beispielsweise die Fähigkeit, zwischen Viren und Bakterien mit Blick auf die Medikation unterscheiden zu können. Deutlich aktueller erscheinen demgegenüber Debatten über den Beitrag von Schulfächern und ihrer Angebote zum nationalen bzw. gesellschaftlichen Zusammenhalt. In diesem Bereich können die Inhalte angeführt werden, die auch im Kompetenzbereich Bewertung relevant sind. Das sind unter anderem die sogenannten *socioscientific issues* (SSI), also naturwissenschaftliche Themenkomplexe, die eine hohe gesellschaftliche Relevanz haben und für die aufgrund von multiperspektivischen Betrachtungsmöglichkeiten keine eindeutigen Lösungswege vorliegen (Rafolt, Kapelaris & Kremer, 2019; Zeidler, Herman & Sadler, 2019). Derartige Themengebiete sind dadurch charakterisiert, dass die Auseinandersetzungen mit ihnen naturwissenschaftliches, kontextuelles Fachwissen sowie ein Wissenschaftsverständnis erfordern und sie gleichzeitig eine komplexe gesellschaftliche Dimension haben. SSI können Anlässe zur Bewertung und Reflexion ethischer Dimensionen des Verhältnisses von Wissenschaft, Technik und Gesellschaft sein (Zeidler et al., 2019; Zeidler, Sadler, Simmons & Howes, 2005). Inhaltlich können beispielsweise die Immunbiologie mit Blick auf die Impfthematik, entomologisches

Wissen mit Blick auf den Verlust an Biodiversität sowie im naturwissenschaftlichen Feld die Unterscheidung zwischen Wetter und Klima im Kontext des Klimawandels zu den SSI gezählt werden.

Sowohl in PISA als auch im IQB-Bildungstrend sind Aufgaben zum Kompetenzbereich Bewertung weiterhin ein Desiderat. Labudde und Möller (2012) stellen für den Kompetenzbereich Bewertung fest, dass Bewertung bisher zu den wenig elaborierten Kompetenzbereichen gehört und Bemühungen um die Modellierung, Ausdifferenzierung in Standards sowie deren Validierung unterstützt werden sollten. Dennoch ist das Bewerten zum festen Teil biologischer Fachlichkeit im Sinne einer nicht disziplinären Fachlichkeit geworden (Bögeholz, Höhle, Langlet, Sander & Schlüter, 2004). Für die Fächer Chemie und Physik steht beim Bewerten nach wie vor das sogenannte innerfachliche Bewerten im Vordergrund (Bögeholz et al., 2004; Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017, S. 69). So gilt es weiterhin, durch Schule und Unterricht, aber auch darüber hinaus, den gesellschaftlichen Diskurs über die Bewertung von Anwendungen wissenschaftlicher Erkenntnisse zu stärken. In diesem Zusammenhang zeichnet sich ab, dass der Bereich Wissenschaftskommunikation in die Gesellschaft hinein nicht zuletzt aufgrund der Diversifizierung von Akteuren, Kanälen und Formen sowie jeweils spezifische Adressatengruppen immens an Bedeutung gewinnen wird (Bonfadelli et al., 2017). An den Universitäten zeigt sich dies bereits jetzt durch die Bedeutung, die sogenannte *Third-Mission-Projekte* erhalten (Henke, 2017).

Im Zusammenhang mit sogenannten *Fake News* spielt auch der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (KMK, 2005) eine zentrale Rolle. In diesem Bereich geht es um den Erwerb wissenschaftsmethodischer Kompetenz in den empirischen Wissenschaften (Mayer, 2007). Es geht um die Charakteristika naturwissenschaftlicher Aussagen und ihre Entstehung durch Forschung als Grundlage für evidenzbasierte und damit an Fakten orientierte Argumentationen unter Anerkennung der Vorläufigkeit ihrer Gültigkeit (vgl. Heitmann, Hecht, Scherer & Schwanewedel, 2017). Vor diesem Hintergrund kann die Einführung des Faches Naturwissenschaften als die frühe Hinführung zu ganzheitlichen Phänomenen verstanden werden, deren Bearbeitung komplexe Problemlösungen mit entsprechenden Inhalten sowie Methoden erfordern.

Aktuell scheint mit den vier naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie, Physik und Naturwissenschaften eine Lösung im Umgang mit naturwissenschaftlichen Inhalten und Methoden, ihrer Kommunikation inklusive der Bewertung ihrer Anwendungen über die Schulzeit hinweg gefunden zu sein.

Aber gerade über das Konstrukt der Problemlösung und in Anbetracht der Ganzheitlichkeit globaler Herausforderungen steht unmittelbar die Frage nach der Einbeziehung von Mathematik und Informatik (vgl. Kind & Osborne, 2017; Priemer et al., 2019), ggf. auch Geographie, im Raum. Im Sinne der zweiten These von Schneuwly (2018) sind auch die Naturwissenschaften, und zwar unabhängig vom jeweils realisierten Fächerkanon, Beispiel und Beleg für andauernde und widerstrebende Diskussionen mit Blick auf die Inhalte und deren Verteilung auf Jahrgangsstufen und Schulformen. Ein Eingriff in die schulische Organisation hat dabei zwangsläufig die Überprüfung der Organisation der Lehrkräftebildung zur Folge. So wurde das Schulfach Naturwissenschaften in

vielen Bundesländern schon deutlich länger unterrichtet als Universitäten im Rahmen ihrer Lehrkräftebildung Studierende integriert darauf vorbereitet haben. Nach Brovelli (2014) ist die Pädagogische Hochschule Luzern die erste Hochschule im deutschsprachigen Raum, die einen integrierten und am Berufsfeld orientierten Lehramtsstudien-gang für die Sekundarstufe I seit 2003 anbietet. Ihre Forschungen zur Berufsidenti-tät ergaben, dass Befürchtungen einer mangelnden Identifikation mit dem integrierten Fach unbegründet sind.

3.3 *Schulfächer in allen Schulstufen ermöglichen mehr Zugänge zu Bildung*

„Das allen Schulstufen und -arten gemeinsame Gefäß Schulfach erlaubt es, Zugang zu Bildung zu erweitern, indem schulische Inhalte für mehr Schüler erlernbar gemacht werden“ (Schneuwly, 2018, S. 292). Gemeint ist in diesem Punkt eine Wanderung bzw. Ausbreitung von schulischen Inhalten nach ihrer Implementierung im neuen integrier-ten Schulfach in höhere oder jüngere Jahrgangsstufen. Im Falle der Einführung des Faches Naturwissenschaften hat rund um die Entscheidungen in den Ländern ein Dis-kurs über die Vor- und Nachteile, sowohl pädagogisch als auch fachlich-inhaltlich, statt-gefunden, der vermutlich auch einen Einfluss auf Diskussionen über die fachübergrei-fenden oder fächerverbindenden Anteile in den Einzelfächern Biologie, Chemie und Physik hatte (vgl. Labudde, Heitzmann, Heiniger & Widmer, 2005; Labudde & Möller, 2012; Möller, 2014). Inwiefern die Einführung des Faches Naturwissenschaften im Ver-gleich zum Unterricht der Einzelfächer mit verbindenden Anteilen mehr Zugänge zu Bildung für mehr junge Menschen bedeutet, kann zum jetzigen Zeitpunkt auf empi-risch-quantitativer Grundlage nicht beantwortet werden. Für eine solche Untersuchung wäre außerdem die Wendung ‚mehr Zugänge‘ zu konkretisieren. Zumindest lässt sich für den frühen naturwissenschaftlichen Unterricht sagen, dass mit den Zielen des Kom-petenzerlebens und Verstehens Interesse an naturwissenschaftlichen Fragen geweckt werden soll, was wiederum späteres Lernen begünstigen könne (Stern & Möller, 2004; siehe dazu auch Unterkapitel Verfächerung und Fächergruppen). Dieser aktuellen Ent-wicklung der Hinwendung zum lernenden Subjekt steht die lange Tradition der natur-wissenschaftlichen Disziplinen sowie der Schulfächer Biologie, Chemie und Physik mit ihren Fachkulturen entgegen. Diese hat sich belegbar in Form eher negativ konnotier-ter Images von Schulfächern etabliert und tradiert (Kessels & Hannover, 2006). Aber gerade in diesem Zusammenhang bietet das neue Schulfach Naturwissenschaften im Rahmen der noch laufenden Verfächerung die Möglichkeit, eine Schulfachkultur und einen Habitus zu entwickeln, die weg vom Image der harten Fächer hin zu einem Image der individuellen wie gesellschaftlichen Problemlösung führen.

3.4 Fächer verbinden universale Ziele mit regionalen Perspektiven

Nach Schneuwly bilden Schulfächer „ideale Gefäße, die es erlauben, Bildung zugleich in universaler Perspektive und regional zu verorten“ (2018, S. 294). Die universale Form des Schulfaches ergibt sich aus seiner Funktion, schulsystemübergreifend den Aufbau von Wissen und die Erfahrung, es anwenden zu können, zu ermöglichen. Dabei orientiert sich das Wissen an weltweit geteilten Fachsystematiken, und das Können bezieht sich auf heterogene, ggf. regionale Kontexte, in denen Wissen anwendbar sein muss. Universale Inhalte können damit durchaus auch auf verschiedene Arten vermittelt werden, je nach regionalen Anforderungen. Aus der Biologie kann hier die Thematik Ökosysteme angeführt werden. Je nach Lage der Schule wird das Ökosystem Wattenmeer, Wald oder See bearbeitet. Auch hier bietet das Fach Naturwissenschaften die Möglichkeit, im Rahmen der weiteren Verfächlichung eine Kultur zu fördern, in der regionale Lösungen unmittelbar mit globalen Lösungen zu begreifen sind (vgl. *place-based education*; Gruenewald & Smith, 2014). Auf dieser Ebene kommen nicht nur Disziplin-Anteile von Mathematik und Informatik hinzu, sondern auch von Politik und Gesellschaftswissenschaften. Evidenzbasierte Diskurse über regionale und globale Maßnahmen sowie deren regionale und globale Wirkungen dürften an Bedeutung gewinnen (Kompetenzbereich Kommunikation; KMK, 2005).

4. Fazit und Ausblick

Die diskutierten Thesen zeigen auf, dass Schneuwly (2018) die Schulfächer als Ordnungsprinzip anerkennt und auch als zukunftsfähig ansieht.

Mit der Einführung der Bildungsstandards wurden identische Kompetenzbereiche (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung) als übergreifende und verbindende Ebene über die seit Einführung des Faches Naturwissenschaften nunmehr vier Fächer gelegt, die sich inhaltlich aus drei Wissenschaftsdisziplinen speisen. Mit der Kompetenzorientierung rückte gleichzeitig das lernende Subjekt stärker in den Vordergrund, eine Perspektive, die mit Blick auf die zunehmenden Anforderungen an den Umgang mit der wachsenden Heterogenität von Schüler*innen notwendig ist. Im Sinne von Koeppen et al. (2008) ist also ein in Form von Listen definiertes, geordnetes und gefordertes Inhaltswissen durch einen differenzierteren Ansatz aus einheitlichen Kompetenzbereichen für alle Naturwissenschaften in Verbindung mit jeweils spezifischen Basiskonzepten (KMK, 2005) weitgehend abgelöst worden. Die einheitlichen Kompetenzbereiche verbinden die vier Fächer auf der Metaebene und über einen großen Teil der Schulzeit hinweg. In diesem Fall haben sich also die Fächer im Sinne von Schneuwly (2018) als überaus beweglich gezeigt.

Die Einführung des Faches Naturwissenschaften einerseits und die stärkere Orientierung am lernenden Subjekt andererseits, zeigen sich beispielsweise auch in der Stärkung des problemlösenden Ansatzes im Bereich der Erkenntnisgewinnung: „Die Güte der Problemlösung wird von der Qualität dieser Prozeduren sowie von Personenvari-

ablen und Situationsvariablen beeinflusst“ (Mayer, 2007, S. 181). Dies ist sowohl aus pädagogischen, aber auch aus fachlichen Gründen richtig. Durch die explizite Einbeziehung von Kompetenzbereichen wie Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung, jeweils mit Bezug zum Fachwissen, werden die Fächer breiter. Auf der einen Seite ist die Anbindung des Kompetenzbegriffs an die Domäne und damit an ein Wissensgebiet wesentlich, und auf der anderen Seite führt gerade die Beachtung der Handlungsdimension zur Öffnung fachlichen Lernens in die Gesellschaft hinein und, damit verbunden, auch an individuelle Einstellungen, Werte und Interessen heran. Mit Verweis auf den *Learning Compass 2030* (OECD, 2019) sind damit die Anforderungen an die konkrete Umsetzung von Unterricht deutlich gestiegen.

Vor dem Hintergrund der obigen Betrachtungen wird abschließend anerkannt, dass drei Disziplinen vier Schulfächern gegenüberstehen, wobei das neue Fach die Brücke zwischen dem Sachunterricht und den Fächern Biologie, Chemie und Physik ist. Damit wird die große Lücke zwischen der Integration von Naturwissenschaften und Gesellschaftswissenschaften im Sachunterricht der Grundschule über integrierte Naturwissenschaften zu den Einzelfächern Biologie, Chemie und Physik kleiner und die Übergänge werden durch diese engere Anbindung erleichtert. Inwiefern im Sinne von Schneuwly (2018) eine weitere Ausbreitung des integrierten Ansatzes ‚nach oben‘ in höhere Schulstufen zukünftig sinnvoll erscheint, ist eine Frage, die zunächst empirischer Befunde bedarf. Dabei ist davon auszugehen, dass die gymnasiale Oberstufe auch langfristig unangetastet bleiben wird. Sieht man in ihr eine analoge Brückenfunktion beim Übergang in die Universitäten, ist dies auch konsequent. Weitere Entwicklungen dürften insofern auch von weiteren Entwicklungen in Universitäten und Hochschulen abhängig sein.

Für die Zukunft wäre aber auch eine Ausweitung der Integration auf andere Fächer wie Mathematik, Informatik, Politik und Fächer der Gesellschaftswissenschaften denkbar, um technische Lösungen auch bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit oder Strategien bezüglich ihrer politischen Durchsetzbarkeit diskutieren zu können. Der Prozess wäre analog zum Prozess, der das Fach Naturwissenschaften hervorgebracht hat. Argumente dafür und dagegen dürften ebenfalls dieselben sein, die schon bei der Entscheidung für das Fach Naturwissenschaften angeführt wurden (siehe Kap. 1). Es muss sich aber wohl erst zeigen, ob ein weiterer ‚Schock‘ erneut den Boden für die Durchsetzung für derartige Veränderungen bereitet. Alternativ gibt es bereits Ansätze, die das geltende Prinzip der Schulorganisation in Fächer in Frage stellen. Konsequent zu Ende gedacht wäre dies eine Schule, die in Projekten arbeitet (vgl. Huber, 2001). Die *reasoning styles* von Kind und Osborne (2017), die ontologische, prozedurale und epistemische Wissensformen mit fachlichen Inhalten und Methoden verbinden, könnten dabei ein Ansatzpunkt sein. Dennoch, in einem solchen Szenario kämen unterschiedliche Fachkulturen der Natur- und Gesellschaftswissenschaften zum Tragen und damit potentielle Probleme: Die Behandlung von ethischen Fragen im Rahmen von SSI im naturwissenschaftlichen Unterricht stellt Lehrende bereits jetzt vor große Herausforderungen (Rafolt et al., 2019). Naturwissenschaftliche Lehrkräfte haben häufig das Gefühl, im Bereich ethischer Bewertungen naturwissenschaftlicher Inhalte fachfremd unterrichten zu müssen (Dittmer & Gebhard, 2012), worauf sie in ihrer Ausbildung nicht adäquat vorbereitet werden

(Dittmer, 2006). Die Sorge vor Entfachlichung im Bereich der fachlichen Grundlagen der Einzeldisziplinen Biologie, Chemie und Physik ist somit nach wie vor nachvollziehbar und berechtigt. Jede weitere Entwicklung in Richtung Verbreiterung und Integration weiterer Fächer muss die Aufmerksamkeit deutlich stärker auf die Umsetzung von konkretem Unterricht und die daran beteiligten Akteur*innen lenken. Und dies müsste vorlaufend über eine entsprechende Ausbildung in allen drei Phasen der Lehrkräftebildung implementiert werden.

Die Ausführungen zeigen, dass das Schulfach als ‚Behälter‘ mittelfristig nicht ausgedient haben dürfte. Vielmehr hat es sich im Bereich der Naturwissenschaften seit dem ‚Sputnik-Schock‘ als durchaus offen für Veränderungen gezeigt. Diese Veränderungen betreffen sowohl die Inhaltsseite, also die Fachlichkeit, als auch die Seite der konkreten Umsetzung, bei der sowohl die Fachkultur als auch der ausgebildete fachspezifische Lehrerhabitus zum Tragen kommen. Dabei hat das vierte Schulfach, die integrierten Naturwissenschaften, einen Teil des Weges zur Herausbildung einer Fachkultur und eines fachspezifischen Lehrerhabitus noch vor sich, während die drei Einzelfächer hier lediglich Anpassungen vornehmen müssen. Dieser Teil der Verfachlichung des vierten naturwissenschaftlichen Schulfaches kann nun dafür genutzt werden, das integrativ-problemlösende, zukunftsgewandt-anwendbare Potenzial in den Vordergrund zu rücken.

Für die Zukunft wäre ein Einstieg in die Fachkulturforschung im Bereich der Naturwissenschaften sinnvoll. Dafür können handlungsleitende, mit dem Lehrerhabitus verbundene Vorstellungen von Akteur*innen zur empirischen Analyse fachlich geprägter Habitusformen herangezogen werden (z. B. für Sportlehrkräfte Ernst, 2018, S. 87). Hericks und Körber schlagen dafür vor, sich neben anderen mit den Vorstellungen über die Eigenheiten des Faches, seines Gegenstandes, seiner Erkenntnismöglichkeiten und -verfahren sowie mit den Vorstellungen über die Bedeutung des Faches und über die Stellung des Faches in Wissenschaft und Schule im Vergleich zu anderen Fächern zu befassen (2007, S. 36). Damit werden die Subjekte im Unterricht, Lehrkräfte und Schüler*innen, mit ihren Perspektiven einbezogen. Derartige Befunde in Verbindung mit Kompetenzentwicklungen können ein innovativer Beitrag für weitere Entwicklungen, z. B. Unterrichtsentwicklung, Schulpolitik, aber auch Bildungsforschung, sein.

Literatur

- van Ackeren, I., Block, R., Kullmann, H., Sprütten, F., & Klemm, K. (2008). Schulkultur als Kontext naturwissenschaftlichen Lernens. Allgemeine und fachspezifische explorative Analysen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(3), 341–360.
- Arnold, M., & Fischer, R. (2004). *Disziplinierungen. Kulturen der Wissenschaft im Vergleich*. Wien: Turia + Kant.
- Baumert, J., Bos, W., & Watermann, R. (1998). *TIMSS/III. Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich. Zusammenfassung deskriptiver Ergebnisse*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

- Baumert, J., Stanat, P., & Demmrich, A. (2001). PISA 2000: Untersuchungsgegenstand, theoretische Grundlagen und Durchführung der Studie. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann & M. Weiß (Hrsg.), *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich* (S. 15–68). Opladen: Leske + Budrich.
- Bögeholz, S., Hößle, C., Langlet, J., Sander, E., & Schlüter, K. (2004). Bewerten – Urteilen – Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 89–115.
- Bonfadelli, H., Fähnrich, B., Luthje, C., Milde, J., Rhomberg, M., & Schäfer, M. S. (2017). Das Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation. In H. Bonfadelli, B. Fähnrich, C. Luthje, J. Milde, M. Rhomberg & M. S. Schäfer (Hrsg.), *Forschungsfeld Wissenschaftskommunikation* (S. 3–14). Wiesbaden: Springer VS.
- Bourdieu, P. (1987). *Sozialer Sinn. Kritik der theoretischen Vernunft*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Brovelli, D. (2014). Integrierte naturwissenschaftliche Lehrerbildung – Entwicklung professioneller Kompetenz bei Lehramtsstudierenden. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20(1), 21–32.
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243.
- Defila, R., & Di Giulio, A. (1998). Interdisziplinarität und Disziplinarität. In J.-H. Olbertz (Hrsg.), *Zwischen den Fächern – über den Dingen? Universalisierung versus Spezialisierung akademischer Bildung* (S. 111–137). Opladen: Leske + Budrich.
- Dittmer, A. (2006). Wissenschaftsphilosophie am Rande des Faches? *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(7), 432–444.
- Dittmer A., Bögeholz, S., Gebhard, U., & Hößle, C. (2019) Kompetenzbereich Bewertung – Reflektieren für begründetes Entscheiden und gesellschaftliche Partizipation. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 187–208). Berlin/Heidelberg: Springer Spektrum.
- Dittmer, A., & Gebhard, U. (2012). Stichwort Bewertungskompetenz: Ethik im naturwissenschaftlichen Unterricht aus sozial-intuitionistischer Perspektive. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 81–98.
- Ernst, C. (2018). *Professionalisierung, Bildung und Fachkultur im Lehrerberuf. Rekonstruktionen zur biographischen Entwicklung von Sportlehrkräften*. Wiesbaden: Springer VS.
- Euler, P., & Bierbaum, H. (2008). Blickwechsel auf die Naturwissenschaften in der Erwachsenenbildung. *REPORT-Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 31(3), 9–18.
- Forman, E. A. (2018). The practice turn in learning theory and science education. In D. W. Kritt (Hrsg.), *Constructivist education in an age of accountability* (S. 97–111). Cham: Palgrave Macmillan.
- Fritz-Schubert, E. (2010). *Schulfach Glück: wie ein neues Fach die Schule verändert*. Freiburg: Herder.
- Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Wiesbaden: Springer.
- GDSU = Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Gräber, W. (2002). „Scientific Literacy“ – Naturwissenschaftliche Bildung in der Diskussion. In P. Döbrich (Hrsg.), *Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht: Fachtagung am 15. Dezember 1999* (S. 1–28). Frankfurt a. M.: GFPE, Gesellschaft zur Förderung Pädagogischer Forschung; DIPF, Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung.
- Gruenewald, D. A., & Smith, G. A. (Hrsg.) (2014). *Place-based education in the global age: Local diversity*. New York: Routledge.

- Hedtke, R. (2008). Wirtschaft in die Schule? Ökonomische Bildung als politisches Projekt. *Gesellschaft – Wirtschaft – Politik*, 57(4), 455–461.
- Heitmann, P., Hecht, M., Scherer, R., & Schwanewedel, J. (2017). „Learning science is about facts and language learning is about being discursive“ – An empirical investigation of students' disciplinary beliefs in the context of argumentation. *Front. Psychol.*, 8, 1–16. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00946
- Helsper, W. (2018). Lehrerhabitus. Lehrer zwischen Herkunft, Milieu und Profession. In A. Paseska, M. Keller-Schneider & A. Combe (Hrsg.), *Ungewissheit als Herausforderung für pädagogisches Handeln* (S. 105–140). Wiesbaden: Springer VS.
- Henke, J. (2017). Digitalisierung und Hochschulkommunikation. Das Beispiel Third Mission. *Die Hochschule: Journal für Wissenschaft und Bildung*, 26(2), 70–83.
- Hericks, U., & Körber, A. (2007). Methodologische Perspektiven quantitativer und rekonstruktiver Fachkulturforschung in der Schule. In J. Lüders (Hrsg.), *Fachkulturforschung in der Schule* (S. 31–48). Opladen/Farmington Hills: Verlag Barbara Budrich.
- Huber, L. (2001). Stichwort: Fachliches Lernen. Das Fachprinzip in der Kritik. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4(3), 307–331.
- Kattmann, U. (1995). Konzeption eines naturgeschichtlichen Biologieunterrichts: Wie Evolution Sinn macht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1(1), 29–42.
- Kattmann, U. (2016). Geschichte des Biologieunterrichts. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 125–142). Hallbergmoos: Aulis.
- Kessels, U., & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Image von mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessenentwicklung. In M. Prenzel & L. Alolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 350–369). Münster: Waxmann.
- Kind, P., & Osborne, J. (2017). Styles of scientific reasoning: A cultural rationale for science education? *Science Education*, 101(1), 8–31.
- Klafki, W. (2005). Allgemeinbildung in der Grundschule als Bildungsauftrag des Sachunterrichts. Widerstreit Sachunterricht 4. Erstmals erschienen in R. Lauterbach, W. Köhnlein, K. Spreckelsen & E. Klewitz (Hrsg.) (1992), *Brennpunkte des Sachunterrichts* (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, 3, S. 11–31). Kiel: IPN; GDSU.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E., & Vollmer, H. J. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards: Eine Expertise*. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- KMK = Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16. 12. 2004*. München: Luchterhand
- KMK = Sekretariat der Kultusministerkonferenz (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_gen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF_vom_07.12.2017.pdf [19.05.2020].
- Koepfen, K., Hartig, J., Klieme, E., & Leutner, D. (2008). Current issues in competence modeling and assessment. *Zeitschrift für Psychologie*, 216, 61–73.
- Koster, E., & de Regt, H. W. (2019). Science and values in undergraduate education. *Science & Education*, 1–21. Doi: 10.1007/s11191-019-00093-7.
- Krajcik, J. (2015). Three-dimensional instruction. Using a new type of teaching in the science classroom. *Science Scope*, 39(3), 16–18.
- Kutschmann, W. (1999). *Naturwissenschaft und Bildung: Der Streit der „Zwei Kulturen“*. Stuttgart: Klett-Cotta.

- Labudde, P., Heitzmann, A., Heiniger, P., & Widmer, I. (2005). Dimensionen und Facetten des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts: ein Modell. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 103–115.
- Labudde, P., & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15, 11–36.
- Liebau, E., & Huber, L. (1985). Die Kulturen der Fächer. *Neue Sammlung*, 25(3), 314–339.
- Mannzmann, A. (1984). Historische Herleitung der Fächer eines mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeldes und strukturelle Gemeinsamkeiten im Unterricht. In A. Mannzmann (Hrsg.), *Geschichte der Unterrichtsfächer III. Biologie, Physik, Mathematik, Chemie, Haushaltslehre, Handarbeit* (S. 7–23). München: Kösel.
- Martin, J. (2007). *The 17 great challenges of the twenty-first century*. http://www.elon.edu/docs/e-web/predictions/17_Great_Challenges.pdf. [19.05.2020].
- Mayer J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177–186). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Mayr, E. (2002). *Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt: Vielfalt, Evolution und Vererbung*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- McComas, W.F. (2014). 21st-century skills. In W.F. McComas (Hrsg.), *The language of science education* (S. 1). Rotterdam: SensePublishers.
- Möller, K. (2014). Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht – Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 20, 33–43.
- Multrus, F. (2004). *Fachkulturen. Begriffsbestimmung, Herleitung und Analysen. Eine empirische Untersuchung über Studierende deutscher Hochschulen*. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:352-opus-13267>. [19.05.2020].
- OECD (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030. OECD Learning Compass 2030. A Series of Concept Notes*. http://www.oecd.org/education/2030-project/contact/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf. [19.05.2020].
- Porsch, R. (2020). Fachfremdes Unterrichten in Deutschland: Welche Rolle spielt die Lehrerbildung? In R. Porsch & B. Rösken-Winter (Hrsg.), *Professionelles Handeln im fachfremd erteilten Mathematikunterricht. Empirische Befunde und Fortbildungskonzepte* (S. 29–48). Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Priemer, B., Eilerts, K., Filler, A., Pinkwart, N., Rösken-Winter, B., Tiemann, R., & Upmeyer zu Belzen, A. (2019). A framework to foster scientific problem-solving in STEM and computing education. *Research in Science & Technological Education*, 3(2), 1–26.
- Rafolt, S., Kapelari, S., & Kremer, K. (2019). Kritisches Denken im naturwissenschaftlichen Unterricht – Synergiemodell, Problemlage und Desiderata. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25, 63–75.
- Rajh, T. (2017). *Domänenspezifisch und Interdisziplinarität – Lernen im Fach und Fächerverbund am Beispiel Technischer Bildung*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač GmbH.
- Reh, S., & Pieper, I. (2018). Die Fachlichkeit des Schulfaches. Überlegungen zum Deutschunterricht und seiner Geschichte zwischen Disziplinen und allgemeinen Bildungsansprüchen. In M. Martens, K. Rabenstein, K. Bräu, M. Fetzer, H. Gresch, I. Hardy & C. Schelle (Hrsg.), *Konstruktion von Fachlichkeit. Ansätze, Erträge und Diskussionen in der empirischen Unterrichtsforschung* (S. 21–41). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Reichart, G., Reichart, N., & Trommer, G. (1984). Die Geschichte des Unterrichtsfaches Biologie. In A. Mannzmann (Hrsg.), *Geschichte der Unterrichtsfächer III. Biologie, Physik, Mathematik, Chemie, Haushaltslehre, Handarbeit* (S. 24–53). München: Kösel.

- Rönnebeck, S., Schöps, K., Prenzel, M., Mildner, D., & Hochweber, J. (2010). Naturwissenschaftliche Kompetenz von PISA 2006 bis PISA 2009. In E. Klieme, C. Artelt, J. Hartig, N. Jude, O. Köller, M. Prenzel, W. Schneider & P. Stanat (Hrsg.), *PISA 2009 – Bilanz nach einem Jahrzehnt* (S. 177–198). Münster: Waxmann.
- Schenk, B. (1984). Geschichte des Physikunterrichts im allgemeinen Schulwesen und Anfänge des Technikunterrichts. In A. Mannzmann (Hrsg.), *Geschichte der Unterrichtsfächer III. Biologie, Physik, Mathematik, Chemie, Haushaltslehre, Handarbeit* (S. 54–102). München: Kösel.
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., Schöps, K., Neumann, K., Schmidtner, S., Parchmann, I., & Prenzel, M. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2015 – Ergebnisse des internationalen Vergleichs mit einem modifizierten Testansatz. In Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. (S. 45–98). Münster: Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Neumann, K., & Lüdtke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 133–176). Münster: Waxmann.
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., & Neumann, K. (2019). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2018 – aktueller Stand, Veränderungen und Implikationen für die naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland. In K. Reiss, M. Weis, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich* (S. 211–240). Münster: Waxmann.
- Schneuwly, B. (2018). Schulfächer: Vermittlungsinstanzen von Bildung. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 21, 279–298.
- Schroeders, U., Hecht, M., Heitmann, P., Jansen, M., Kampa, N., Klebba, N., Lenski, A. E., & Siegle, T. (2013). Der Ländervergleich in den naturwissenschaftlichen Fächern. In H. A. Pant, P. Stanat, U. Schroeders, A. Roppelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.), *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I* (S. 141–157). Münster: Waxmann.
- Schumacher, M. (1984). Beiträge zu einer Geschichte des Chemieunterrichts. In A. Mannzmann (Hrsg.), *Geschichte der Unterrichtsfächer III. Biologie, Physik, Mathematik, Chemie, Haushaltslehre, Handarbeit* (S. 133–159). München: Kösel.
- Schwanitz, D. (1999). *Bildung. Alles, was man wissen muss*. Frankfurt a. M.: Eichborn Verlag.
- SenBJF = Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie (2015). *Rahmenlehrplan für Berlin und Brandenburg Teil C Naturwissenschaften Jahrgangsstufen 5/6*. https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Nawi_5-6_2015_11_16_web.pdf [19.05.2020].
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S., & Henschel, S. (Hrsg.) (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Stäudel, L., & Rehm, M. (2012). Naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht. Wurzeln, Konzepte, Perspektiven. *Unterricht Chemie*, 23(130/131), 2–12.
- Stegmann, K., & Fischer, F. (2016). *Auswirkungen digitaler Medien auf den Wissens- und Kompetenzerwerb an der Hochschule*. München: Ludwig-Maximilians-Universität.
- Stern, E., & Möller, K. (2004). Der Erwerb anschlussfähigen Wissens als Ziel des Grundschulunterrichts. In D. Lenzen, J. Baumert, R. Watermann & U. Trautwein (Hrsg.), *PISA und die Konsequenzen für die erziehungswissenschaftliche Forschung* (3. Beiheft der Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, S. 25–36). Wiesbaden: Springer VS.
- Tenorth, H.-E. (1994). „Alle alles zu lehren“. *Möglichkeiten und Perspektiven allgemeiner Bildung*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

- Tenorth, H.-E. (1999). Unterrichtsfächer – Möglichkeit, Rahmen und Grenze. In I. F. Goodson, S. Hopmann & K. Riquarts (Hrsg.), *Das Schulfach als Handlungsrahmen. Vergleichende Untersuchung zur Geschichte und Funktion der Schulfächer* (S. 191–207). Köln: Böhlau Verlag GmbH & Cie.
- United Nations Department of Global Communications (2019). *Sustainable Development Goals. Guidelines for the Use of the SDG Logo including the Colour Wheel, and 17 Icons*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2019/01/SDG_Guidelines_AUG_2019_Final.pdf. [19.05.2020].
- Villanueva, A. G., Cook-Deegan, R., Robinson, J. O., McGuire, A. L., & Majumder, M. A. (2019). Genomic data-sharing practices. *The Journal of Law, Medicine & Ethics*, 47, 31–40.
- Weber, B. (2014). Fächerintegration – zur Einführung in das Schwerpunktthema. *Zeitschrift für Didaktik der Gesellschaftswissenschaften*, 5(1), 7–20.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17–31). Weinheim: Beltz.
- Willems, K. (2007). *Schulische Fachkulturen und Geschlecht. Physik und Deutsch – natürliche Gegenpole?* Bielefeld: transcript Verlag.
- World Economic Forum (2015). *Global risks 2015. 10th edition. Insight report*. http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_2015_Report15.pdf [19.05.2020].
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377.
- Zeidler, D. L., Herman, B. C., & Sadler, T. D. (2019). New directions in socioscientific issues research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1, 1–9.

Abstract: Since the introduction of natural sciences as a separate school subject, the three scientific disciplines (biology, chemistry, physics) face the challenge of redistributing curriculum topics across four school subjects of biology, chemistry, natural science and physics. The process of developing this new school subject goes hand in hand with a fear of the cannibalization of content from the individual scientific disciplines, since the subject matter has so far overlapped with that of each of the disciplines. This contribution theoretically and empirically classifies the introduction of the new school subject based on social developments and political decisions. While the organization of science education within school subjects has so far been considered immovable, the ideas for implementation have changed with regard to individual learners and global challenges. Based on this, future perspectives in science education are discussed, including parts from mathematics, Information Technology (IT) and Geography.

Keywords: Disciplines, School Subjects, Diversification, Technicalization, Cannibalizing of Content

Anschrift der Autor_innen

Annette Upmeier zu Belzen, Humboldt-Universität zu Berlin,
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie
Unter den Linden 6, 10099 Berlin, Deutschland
E-Mail: annette.upmeier@biologie.hu-berlin.de

Anna Beniermann, Humboldt-Universität zu Berlin,
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Biologie
Unter den Linden 6, 10099 Berlin, Deutschland
E-Mail: anna.beniermann@hu-berlin.de