

Gabriele Graube und Ingelore Mammes

Gesellschaft im Wandel – Interdisziplinäres Denken im natur- und technikwissenschaftlichen Unterricht

Einführung und Überblick

Im Zeitalter von Interdisziplinarität, Technowissenschaften und globalen Herausforderungen wird die starke Verknüpfung von Wissenschaft und Technik in der Gesellschaft immer deutlicher. Die heutige und zukünftige Entwicklung von Forschung und Innovation führt zu neuen gesellschaftlichen Herausforderungen. Dazu gehört insbesondere auch, dass Bürgerinnen und Bürger zukünftig zunehmend als Akteure im Forschungs-, Innovations- und Produktionssystem¹ auftreten werden (Zweck, Holtmannspötter et al. 2015). Diese Entwicklung begründet sich einerseits durch individuelle Motive (Neugier, Wunsch nach Teilhabe, Selbstverwirklichung und Anerkennung), andererseits wird diese aktivere Rolle in Forschung, Innovation und Produktion durch technische Entwicklung (z.B. preiswerte, leistungsfähige und einfach handhabbare Informations-, Mess-, Labor- und Produktionstechnik, Zugang zu Datenbeständen) ermöglicht (ebd.). Die hier prognostizierte Forschungs- und Innovationskompetenz der Bürgerschaft wird dazu führen, dass Bürgerinnen und Bürger ihre Position auch zu komplexen und ambivalenten Sachverhalten artikulieren können. Diese Kompetenz muss und soll jedoch auf Grundlage von Werten und Normen der Gesellschaft entwickelt werden.

Damit schließt sich der Kreis zur Allgemeinbildung und zum Bildungsauftrag allgemeinbildender Schulen. Schule soll vor dem Hintergrund zukünftiger Entwicklungen und Herausforderungen Kinder und Jugendliche darauf vorbereiten, sich mit den Zusammenhängen und Problemen von Wissenschaft und Technik

1 Gesellschaftliche Herausforderungen im Ergebnis von Foresight 2030: 1) Bürgerinnen und Bürger als Akteure im Forschungs- und Innovationssystem, 2) Lernen und Arbeiten in einer smarten Welt, 3) Neue Treiber und Akteure im globalen Innovationswettbewerb, 4) Neue Governance globaler Herausforderungen – vom Globallabor Stadt zu neuen Formen der multilateralen Zusammenarbeit, 5) Neue Dimensionen des Wachstums und die Balance zwischen Nachhaltigkeit, Wohlstand und Lebensqualität, 6) Neue Herausforderungen zwischen Transparenz, Post-Privacy und Schutz der Privatsphäre und 7) Plurale Gesellschaft auf der Suche nach Zugehörigkeit und Distinktion (Zweck, Holtmannspötter et al. 2015)

bzw. Forschung, Innovation und Produktion auseinandersetzen zu können. Wissenschafts- und Technikmündigkeit muss zum Ziel schulischer Allgemeinbildung werden.

Diese Buch nimmt in diesem Zusammenhang unterschiedliche wissenschaftliche Perspektiven auf, um das Feld von Wissenschaft und Technik zu beleuchten und entsprechende Konsequenzen für Technikbildung zu ziehen. Der Band beinhaltet Beiträge von AutorInnen aus unterschiedlichen Wissenschaften und ist damit zugleich selbst ein interdisziplinäres Unterfangen. Er soll einen Impuls für einen dringend notwendigen Diskurs über interdisziplinäres Denken im natur- und technikwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland geben. Damit setzt er bewusst eine Unterscheidung und Abgrenzung zu der oft unscharfen und inflationär verwendeten MINT-Diskussion.

So geht es zunächst im Kapitel **Gesellschaft im Wandel** um Folgen technischer Entwicklung, zum Wesen von Wissenschaft und Technik sowie mit Industrie 4.0 um den Beginn einer neuen technischen Revolution. Das Kapitel **Bildung im Wandel** befasst sich mit dem Verhältnis von Bildung und Technikbildung, mit dem MINT-Thema sowie mit der Forderung nach einer notwendigen Revision natur- und technikwissenschaftlicher Bildung. Das Kapitel **Technikbildung im Spiegel interdisziplinärer Herausforderungen** untersucht den Stand der Technikbildung beginnend vom Kindergarten und Grundschule, über die Sekundarbereiche I und II bis hin zur beruflichen Bildung. Dabei eröffnet der letzte Beitrag eine Bildungsoffensive und stellt einen neuen didaktischen Ansatz, der direkt auf Interdisziplinarität ausgerichtet ist, zur Diskussion.

Um einerseits einen Überblick über die unterschiedlichen abgefassten Themen zu geben und andererseits deren Verbindung sichtbar zu machen, sollen die Einzelbeiträge hier kurz vorgestellt werden.

Gesellschaft verändert sich – unter dieser Maxime diskutiert **Armin Grunwald** die gesellschaftlichen Folgen der wissenschaftlich-technischen Entwicklung und leitet daraus die Notwendigkeit interdisziplinärer Forschung und Entwicklung sowie von interdisziplinärer Lehre in Schule und Universität ab. Grunwald gibt dazu eingangs ein sehr differenziertes Bild von Technik und beleuchtet sowohl positiv wahrgenommene Folgen von Technik, die als Fortschritt empfunden werden und vom Machbarkeitsdenken bestimmt sind, als auch mit Technik verbundene Gefahren und Probleme. Er verweist auf Veränderungen durch Wissenschaft und Technik in Bezug auf gesellschaftliche Traditionen, eingespielte kulturelle Üblichkeiten, Wertschöpfungsketten in der Wirtschaft, kollektive und individuelle Identitäten und Selbstverständnisse sowie Normen. Wenn man nun den Gedanken Grunwalds aufgreift, nach der der Werkzeugcharakter von Technik als klassische anthropologische Figur zurücktritt und mit steigender Vernetzung und

Komplexität der Systemcharakter bzw. soziotechnische Charakter in den Vordergrund tritt, dann findet man schon hier ein Argument für eine notwendige Reflexion dieser Entwicklung in der Bildung.

Grunwald sieht in dieser soziotechnischen Vernetztheit die Herausforderung und komplexe Gestaltungsaufgabe, die weitere technische Entwicklung so zu gestalten, dass Technikfolgen abgeschätzt und angemessen in verantwortbaren Entscheidungen berücksichtigt werden können. Technikfolgenabschätzung als interdisziplinäre Aufgabe wird damit für ihn zu einem notwendigen Bestandteil von Technikentwicklung. Daraus leitet er notwendigerweise die Kompetenz zur interdisziplinären Zusammenarbeit ab, die insbesondere in der universitären Ingenieurausbildung einen Platz finden muss. Wenn Grunwald von Entscheidungen im Zusammenhang von nicht überwind- oder ausschaltbarer Ambivalenzen gewünschter Folgen und vermeidbarer oder unvermeidbarer Risiken von Technik spricht, kann das auch auf jeden in der Gesellschaft übertragen werden: auf die unmittelbaren Entwickler von Technik, auf die demokratische Öffentlichkeit sowie auf das politische System. Ihm geht es auch um Beteiligung an Entscheidungsprozessen und um Alternativen, die immer wert- und positionsabhängig sind.

Für Grunwald bedeutet das in Konsequenz, disziplinäre, inter- und transdisziplinäre Kompetenzen anzubahnen und zu entwickeln. Ihm geht es um Technikfolgenabschätzen und die Mitarbeit an Gestaltungsprozessen, die in schulischer und universitärer Bildung zu verankern wären. Dazu zählt er Wertebewusstsein, das Denken in alternativen Lösungen, Folgenbetrachtung, Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit, Reflexivität in Bezug auf Grenzen der Disziplin und Grenzen der Erkenntnismöglichkeit sowie Mitwirkungsfähigkeit in demokratischen Technikdebatten und in transdisziplinären Kontexten. Bildungsinstitutionen müssen dafür Räume schaffen, da der Einzelne in einem individuellen und selbst inszenierten Aneignungsprozess aufgrund der Komplexität und Vernetztheit von Technik kaum zum Wesen und zur Ambivalenz von Technik vordringen kann.

Auch **Heinz Duddeck** befasst sich in seinem Beitrag mit der Entwicklung und Entwicklungstendenzen von Technik und der daraus notwendigen Aufgabe von Bildung und Ausbildung. Er fragt aus einer ingenieurtechnischen Perspektive danach, wie man lernt zu verstehen, was Technik in ihrer kulturellen Dimension und ihren Einflüssen auf Gesellschaft ausmacht. Dazu beschreibt er Technikentwicklung in ihrem Wandel und ihrer Beschleunigung vor etwa 80 Jahren und im Vergleich dazu heute, um dann den Blick in die Zukunft zu richten. Dieser Blick ist jedoch nicht primär auf Technik, sondern auf die Fähigkeiten und deren Entwicklung in Bezug zur Technik gerichtet. Anschließend beschreibt er kulturgeschichtlich die Entstehung und Entwicklung von Technik, welche drei Entstehungswurzeln besitzt sowie die Entstehung der technischen Wissenschaft-

ten. Sein Interesse gilt dabei auch dem Verhältnis und dem Beitrag der Naturwissenschaften bei der Entwicklung von Technik sowie den sich dadurch verändernden und auch neu entstehenden Wissenschaften. Darüber hinaus ist Technik für ihn auch immer ein „Symbiose-Partner“ von Wissenschaft, d.h. Technikentwicklung ermöglicht und unterstützt Wissenschaftsentwicklung.

Entwicklungstendenzen und Bereiche zukünftiger Technikentwicklung sieht Duddeck in Miniaturisierung, Sensorik, Mechatronik und Medizintechnik. Ein besonderes Augenmerk wird von ihm jedoch in der wachsenden Wertepräferenz, dem Wertewandel und damit entstehenden Wertekonflikten bei der weiteren Technikentwicklung gesehen. Ausgehend von diesen Entwicklungstendenzen leitet der Autor Herausforderungen an Bildung und Ausbildung ab. Wenn sich mit Entwicklung von Wissenschaft und Technik Berufsfelder verändern, dann eignen sich seiner Auffassung nach tradierte Berufsbilder wenig für Studienwahlentscheidungen. Schulen und Hochschulen haben zudem nicht ausreichend genug darauf reagiert. Sein Beitrag endet mit Empfehlungen für Studienwahlentscheidungen vor dem Hintergrund von Technikentwicklung sowie mit der Beschreibung eines zu vermittelnden Technikverständnisses.

Der Beitrag von **Birgit Vogel-Heuser** verlässt die bei Duddeck eingenommene Meta-Ebene und vertieft die Thematik des technischen Wandels am Beispiel von Industrie 4.0 und Cyber Physical Systems (CPS), die auch noch im Beitrag von Graube skizziert wird. Dazu beschreibt Vogel-Heuser zunächst, was unter dem Label 4.0 zu verstehen ist, nämlich die Notwendigkeit, produzierende Industrie entsprechend neuer Rahmenbedingungen und Anforderungen sowie (computer-) technischer Möglichkeiten zu verändern. Im Zentrum stehen flexible Lösungsansätze, die eine hohe Zahl von Produkt- und Produktionsvarianten in Unternehmen zulassen. Da Cyber Physical Systems bei diesen Lösungen im Zentrum stehen, klärt Vogel-Heuser den Begriff CPS sowie den Begriff Cyber Physical Produktion System (CPPS) und erläutert deren Bereiche: Architekturmodelle, Kommunikation und Datendurchgängigkeit, intelligente Produkte und adaptive intelligente Produktionseinheiten sowie Informationsaggregation und -aufbereitung für den Menschen. Das heißt für Vogel-Heuser in Konsequenz, dass Vernetzung und Interoperabilität von Hard- und Software sich selbstorganisierende Produktionseinheiten ermöglichen, was u.a. völlig neue Sicherheitsanforderungen nach sich zieht. Am Beispiel einer Modellfabrik illustriert sie diese völlig neue Sicht auf Produktion. Daran schließt sie die Frage an, was sich mit diesen neuen technischen Gegebenheiten für den Menschen in der Produktion verändert, welche Aufgaben sich ändern, welche neuen Aufgaben auf sie zukommen und was diese neuen Anforderungen letztlich für die Kompetenzentwicklung der MitarbeiterInnen bedeuten. Dazu entwirft sie ein Wartungs- und ein Engineeringsszenario,

in denen ein Systemverständnis notwendig wird, um diese komplexen Systeme verstehen und um Fehler und Gefahren vermeiden zu können.

Dieser Beitrag zeigt, dass es im Kern von Technik zwar immer noch um die Gestaltung, Produktion und den Einsatz technischer Artefakte zur Erreichung eines bestimmten Zweckes geht, sich die Position und die Rolle des Menschen jedoch verändert haben. Industrie 4.0 ist damit nicht nur irgendwie eine erweiterte Digitalisierung und Vernetzung bestehender oder neuer Produktionsanlagen, sondern bedeutet, dass produktionstechnische Systeme dieser Art sich in Richtung autopoietischer Systeme bewegen. Das heißt, der Mensch entfernt sich als Produzent technischer Artefakte von den produktionstechnischen Systemen und Prozessen (CPPS). Ihm obliegt in Industrie 4.0 diese Systeme warten zu können. Diejenigen jedoch, die diese Systeme entwickeln und programmieren können, werden aufgrund der Komplexität der Systeme vor der Herausforderung stehen, ihr Expertenwissen in eine interdisziplinäre Zusammenarbeit einbringen zu können. Sie werden damit aber auch ein „Herrschaftswissen und -können“ besitzen, das die Produktionswelt völlig verändern wird. Das heißt, dass schon innerhalb der industriellen Produktionsprozesse Entwickler und Anwender von Technik hinsichtlich ihrer Position zu CPPS unterschieden werden können. Auch der Verbraucher wird sein Rolle verändern: Schon jetzt hat er die Möglichkeit, proaktiv Produktionsplanung und Produktion durch eigene Aufträge zu beeinflussen.

CPS wird jedoch zukünftig die Grenzen der industriellen Produktion verlassen und sich auch außerhalb von Produktionsunternehmen in Dienstleistungen, Verwaltung, Bildung, im Privatbereich der Einzelnen u.a. verbreiten. Die erforderlichen Rahmenbedingungen dazu existieren schon heute: multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen, weltweit verfügbare Daten und Dienste, Verknüpfung der Systeme über Netze, Sensoren zur Erfassung physikalischer Daten sowie Aktoren in intelligenten Produkten. Smartphone, Smarthouse oder auch Smartcity sind dafür schon heute Synonyme und Vorzeichen dieser Entwicklung. Wenn nun Produktionssysteme und auch Produkte durch diese Entwicklung zunehmend Merkmale von Intelligenz, Adaptivität und Vernetzung zeigen, ist die Frage nach dem Platz des Menschen und nach seinen Fähigkeiten in dieser Welt neu zu stellen. Es geht vor dem Hintergrund einer digitalen Neuordnung, Ausrichtung und Vernetzung aller Bereiche der Gesellschaft – kurz: digitale Revolution – um Fähigkeiten, Verantwortung, Entscheidungen und Folgen sowie auch um Abhängigkeit und Autonomie. Das zieht nicht nur Konsequenzen in Aus- und Weiterbildung in Bezug auf Fachkräfte nach sich, sondern auch in Bezug auf Technikmündigkeit einer demokratischen Öffentlichkeit. Damit erhält die Forderung nach einer computertechnischen Grundbildung eine neue Brisanz und Reichweite.

Im Beitrag von **Gabriele Graube** werden das Wesen von Wissenschaft und Technik und Besonderheiten der wissenschaftlich-technischen Gesellschaft betrachtet. Dabei geht sie davon aus, dass sich das grundsätzliche Wesen von Technik auch im Zeitalter von Wissenschaft und Technik nicht geändert hat, so dass sich Technik nach wie vor durch allgemeine Kategorien beschreiben lässt, die vor allem den Werkzeugcharakter von Technik deutlich werden lassen. Technik wird von ihr definiert als geschaffene und eingesetzte Zweck-Mittel-Relation (Werkzeugcharakter), die unter gesellschaftlichen und natürlichen Rahmenbedingungen vom Menschen geschaffen wird und auf Gesellschaft, Mensch und Umwelt zurückwirkt (soziotechnischer Charakter). In einem Ebenen-Modell verortet sie aus einer systemischen Betrachtung heraus unterschiedliche Systeme, die im unmittelbaren Zusammenhang mit Technik und Technikgestaltung stehen: technische Systeme, Handlungssysteme und soziale Systeme. Der Produktlebenslauf mit seinen Phasen wird als verbindendes Konstrukt gesetzt. Damit wird es ihr möglich, über horizontale und vertikale Verknüpfungen den soziotechnischen Charakter von Technik abzubilden und die besondere Bedeutung des Engineering-Prozesses zu erklären.

Darüber hinaus beschreibt die Autorin auch Besonderheiten von Technik, die sich im letzten Jahrhundert entwickelt haben. So hat sich mit der Entwicklung von Technik im engen Zusammenhang mit Wissenschaft der Wissenschaftscharakter von Technik herausgebildet. Ein besonderer Schwerpunkt wird von ihr auf die massenhafte Verbreitung der Computertechnologien gelegt, durch die der in der Technik grundsätzlich angelegte soziotechnische Charakter besonders verstärkt und der Werkzeugcharakter mehr und mehr verdeckt wird. Als weitere Kennzeichen werden die Stärkung der Wissenschaftsidentität, die Entwicklung von Metawissenschaften, der Wandel der Wissenschaftskultur zur Technowissenschaft, Interdisziplinarität zur Lösung hybrider Probleme sowie die Verwissenschaftlichung der Technik beschrieben. Ihr Fazit bezieht sich dann auf das untrennbare Verhältnis von Wissenschaftsentwicklung und Technikentwicklung sowie auf die damit in Verbindung stehende Kompetenz zur interdisziplinären Zusammenarbeit und die dazu notwendige disziplinäre Kompetenz. Diese Kompetenzen müssen auch in Lehr-Lernprozessen entwickelt werden. Graube betont, dass Interdisziplinarität in Lehr-Lernprozessen als ein didaktisches Prinzip verstanden werden kann, das sowohl inhaltlich und methodisch gefasst werden muss. Zur essentiellen Grundbildung in einer wissenschaftlich-technischen Gesellschaft sollte Technik- und Wissenschaftsmündigkeit der demokratischen Öffentlichkeit gehören.

Damit wird zu Fragen der Bildung in einer demokratischen Gesellschaft übergeleitet. Der Platz von Technikbildung in der Schule wurde lange Zeit in Tradition des Handwerks allein als Vorbereitung für gewerblich-technische Berufe angesehen. Erst langsam zeichnet sich hier ein Umdenken ab – die Verwissenschaftli-

chung von Technik und die Technisierung der Wissenschaften haben zu einem unauflösbaren Zusammenhang von Wissenschaft und Technik geführt, der nicht nur in der Pädagogik reflektiert werden muss, sondern auch zu einer didaktischen Neuorientierung in der Allgemeinbildung führen muss. In diesen hoch aktuellen und brisanten Kontext ordnen sich die folgenden Beiträge in diesem Kapitel ein.

Zunächst setzt sich **Gabriele Graube** mit dem Begriff der Bildung auseinander. Sie verweist darauf, dass die Vorstellung von Bildung als Aneignung definierter Bildungsinhalte ebenso abgelehnt wird wie die Reduzierung von Bildung auf Ausbildung, die allein auf Können und unmittelbare Nützlichkeit abzielt. Bildung bedeute hingegen vielmehr, eine Balance zwischen notwendiger Selbstständigkeit des Einzelnen und Autonomie einerseits und Anpassung an das gesellschaftlich Notwendige andererseits herzustellen. Graube fragt dabei nach der Rolle von Bildungs- und Sozialisationsinstanzen, in deren Rahmen Selbstbestimmung erreicht werden soll sowie nach den Normen dieser Instanzen, die der Fremdbestimmung und Anpassung eine Richtung geben. Sie fordert, dass Schule als gesellschaftliche Institution einen umfassenden Bildungsauftrag wahrnehmen muss, dass sie Verantwortung für die Entwicklung von Autonomie und Mündigkeit des Einzelnen im Rahmen ihrer gesellschaftlichen Einbettung übernehmen kann und muss. Gleichzeitig sieht sie auch die Pluralität von Bildungsorten und -angeboten. Das heißt, dass Aufgabe und Rolle von Schule vor dem Hintergrund eines kritischen Bildungsverständnisses präzise definiert werden müssen. Unter Bezugnahme auf Hentig (2003) sieht sie in der öffentlichen Schule eine Sozialisationsinstanz, die den gesellschaftlichen Auftrag hat, Lern- und Bildungsprozesse von Lernenden zu beeinflussen und sie sozial handlungsfähig zu machen. Da diese soziale Handlungsfähigkeit jedoch im Rahmen soziotechnischer Systeme gefordert wird, fragt sie notwendigerweise nach Stellenwert, Zielrichtung und Inhalt einer Technikbildung in einer technisch-wissenschaftlichen Gesellschaft sowie nach der Verantwortung von Schule für Technikbildung. Da für sie Technik und Wissenschaft in einer technisch-wissenschaftlichen Gesellschaft in einem engen Wechselverhältnis stehen (vgl. Beitrag Graube in diesem Band), meint Technikbildung auch immer Technik- und Wissenschaftsmündigkeit, um einerseits Orientierungsfähigkeit im Gesamtgefüge soziotechnischer Systeme und andererseits verantwortungsbewusste Gestaltungsfähigkeit dieser Systeme zu erlangen. In Anknüpfung an Hentig (2003) leitet die Autorin drei Bereiche von Technikbildung ab: persönliche, praktische und politische Technikbildung. Für letzteren Bereich hat Schule besondere Verantwortung, geht es doch darum, was der Einzelne in die Gemeinschaft einbringen muss, das diese in Bezug auf ihre Technikverwobenheit zukunftsfähig sein kann.

Die verschiedenen Strömungen und Ansätze der Technikdidaktik, die kurz skizziert werden, müssen nach ihrer Auffassung die Herausforderung annehmen, das

Allgemeine der Technik und Technikentwicklung herauszuarbeiten und didaktisch zu fassen, dabei den Wissenschaftsbezug beim Forschen und Entwickeln von Technik explizit herauszustellen und sich nicht auf bestimmte Positionen einzuengen, zu viele Perspektiven aufnehmen oder allein handwerklich orientiert sein zu wollen. Didaktische Konzepte und Ansätze müssen Antworten darauf finden, dass Wissenschaft und Technik miteinander verknüpft sind. Bildungspolitik fordert sie, diesem Bildungsbereich mit seinem gesamtgesellschaftlichen Anspruch endlich einen angemessenen und verbindlichen Platz in Schule einzuräumen. Vor dem Hintergrund föderaler Bildungsstrukturen stellt sich damit die „Gretchenfrage“, also die Positionierung der einzelnen Akteure (aus Wissenschaft und Bildungspolitik) zur Technikbildung als gesamtgesellschaftliche Aufgabe.

Uwe Pfenning und Ortwin Renn diskutieren vor einem soziologischen Hintergrund die Bedeutung von Technikbildung im Zusammenhang mit MINT. Dem Begriff MINT wird in dieser Diskussion eine Bildungsdimension verliehen und Technikbildung ordnet sich als notwendiges Element unter diese MINT-Bildung. Pfenning & Renn zeigen die unterschiedlichen Begründungsmuster für MINT-Bildung, die je nach Akteur aus Verbänden, Wirtschaft, Wissenschaft und Politik unterschiedlich gesehen und argumentativ eingesetzt werden. Zum einen wurden und werden mit der Diskussion zum Fachkräftemangel und zur Talentförderung ökonomische Interessen artikuliert. Zum anderen ging und geht es auch immer um einen generellen Bildungsanspruch und um neue MINT-Bildungsideale. Diese neuen Ideale werden in Technikemanzipation und Technikmündigkeit gesehen. Schon mit der begrifflichen Verknüpfung zur Technik wird der Stellenwert von Technik in der gesamten MINT-Diskussion zum Ausdruck gebracht. Nicht unabhängig davon stellen die Autoren die kulturkritische Frage, ob und inwieweit der tradierte Fächerkanon obsolet geworden ist, um den Anforderungen der Gesellschaft gerecht zu werden. Und sie stellen die Frage, wie Erkenntnisse zum Lehren und Lernen schneller Eingang in Schule finden können. Sie scheuen sich auch nicht, soziohistorisch nach der Frage der Eigenständigkeit von Technikwissenschaften im Verhältnis zu den Naturwissenschaften nachzugehen und damit die Frage nach dem Anspruch von Technik als Teil von Allgemeinbildung zu verfolgen.

Handlungsbedarf zeigen die Ergebnisse ihrer Studien zum Verständnis von Technik- und Naturwissenschaften, wonach SchülerInnen heute ein Technikverständnis des 19. Jahrhunderts besitzen. Das weist darauf hin, dass in einem Hochtechnologieland ein modernes Technikverständnis und Technikbildung sich nicht von selbst – also über den Gebrauch und über soziotechnische Einbettung – entwickeln, sondern auf eine vermittelnde Instanz – Schule – angewiesen zu sein scheinen, wenn alle erreicht werden sollen. Pfenning & Renn formulieren vor diesem Hintergrund ein neues Bildungsideal einer individuellen basalen Tech-

nikmündigkeit im Hinblick auf soziale Folgen von Technik: Es geht um Zusammenhänge zwischen Technik und Gesellschaft, Chancen und Risiken sowie Zivilisation und technischem Fortschritt. Für Bildungspolitik sehen sie damit eine zentrale Herausforderung, ein pädagogisches Konzept der Technikmündigkeit auszuarbeiten. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ihrer Betrachtungen ist die Diskussion zur Genderasymmetrie. Frauen und Mädchen sind über positive Sinnassoziationen (Beitrag zum allgemeinen Wohlstand, zum Schutz von Umwelt, Natur und Menschen, zur Verbesserung des Alltags) mehr für diese Technik zu interessieren als über tradierte Sinnbezüge der Technik. Damit ergeben sich auch neue Themen für Schule. Die außerhalb und parallel von schulischer Bildung entstandenen MINT-Angebote werden von den Autoren als semiprofessionell bezeichnet, um zu zeigen, dass es in der Regel einen hohen Standard bezüglich Fachpersonal und Ausstattung gibt. Man muss diese Angebote jedoch auch als Kritik am schulischen Bildungssystem lesen. Unbestritten leisten sie außerhalb von Schule einen Beitrag, sie erreichen aber nicht alle. Damit wird es eher um eine Verknüpfung von Lernorten gehen, in der Schulen in der Verantwortung bleiben. Bildungsplanpluralismus und föderale Kulturhoheit der Länder stellen für Pfenning & Renn jedoch Hemmnisse und Konfliktpotentiale dar, um sowohl MINT-Allgemeinbildung als auch MINT-Talentförderung zu erreichen.

Von besonderer Bedeutung sind die Ergebnisse von Studien zur Wirksamkeit, auf die Pfenning & Renn hinweisen: Die Auseinandersetzung mit Technik in einer speziellen Infrastruktur fördert das Interesse an MINT-Themen, führt zu positiven affektiven Eindrücken in Bezug auf Technik und zeigt Wissenseffekte. Studien zeigen aber auch, dass der entscheidende Bildungsfaktor eine qualifiziert ausgebildete technikpädagogisch geschulte Lehrkraft ist. Schule wird so zum einen die zentrale Rolle für Bildung zugewiesen, zum anderen wird damit von Pfenning & Renn auch der kritische Punkt der Kompetenzentwicklung der Lehrkräfte sowie der Entwicklung einer eigenen MINT-Didaktik angesprochen, die unbedingt Technik aufnehmen sollte. Didaktisch interessant ist ihr Hinweis auf einen signifikanten Effekt früher spielerischer Bezüge für die spätere Berufswahl. Sie plädieren für eine kontinuierliche Techniksozialisation bis zur Studienwahl, angefangen von spielerischen MINT-Bezügen hin zu forschungsorientierten Lernformaten mit experimentellen Bezügen. Von besonderer Wichtigkeit ist dabei nach ihrer Auffassung die Integration einfacher wissenschaftlicher Lernprinzipien – wie Experiment, Versuch und Irrtum, Ergebnisoffenheit und alternative Lösungswege – in didaktische Konzepte. Darin sehen sie den Inhalt einer Neuaufstellung der MINT-Bildung, womit das Bildungssystem einen weiteren Schritt zu Verwissenschaftlichung gehen könnte.

Nach Einschätzung der Autoren hat die MINT-Debatte längst den Status einer Bildungsdebatte erreicht. Es geht demnach um eine fehlende Anpassung des Bil-

dungssystems an neue Werte, veränderte Bildungsideale und neue Erkenntnisse zum Lehren und Lernen.

Marc de Vries eröffnet mit seinem Beitrag neue Perspektiven auf das Zusammenspiel von Naturwissenschaften und Technik und seine Bedeutung für Unterrichtsprozesse. Dabei verweist er zunächst auf den aktuellen Charakter entwicklungsorientierter Forschung, die aus einer Verknüpfung von Erforschung und Weiterentwicklung existierender Artefakte besteht. In einem Rückblick und unter Einbeziehung von Beispielen vermittelt er, dass diese enge Verbindung beider Disziplinen nicht immer bestand, sondern Technik zunächst entwickelt wurde, ohne die ihr zugrundeliegenden naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten zu kennen. Damit verweist er noch einmal auf ein Alleinstellungsmerkmal der Technik. Im Folgenden stellt er dann dar, wie sich dieses Verhältnis gewandelt hat und dass nicht nur Naturwissenschaften technische Entwicklungen heute mitbestimmen. Kritisch hinterfragt er dann, auch mit Hilfe des niederländischen Philosophen Dooyeweerd, ob Ganzheitlichkeit in der bildungsrelevanten Auseinandersetzung mit Technik einer Disziplinentzung polarisierend entgegensteht. Dabei sieht er die Verwissenschaftlichung der Technik als Ursache für eine Technikbildung innerhalb von Disziplinen und den Gewinn ganzheitlicher Auseinandersetzungen in der Erklärung der Realität.

Der Autor beschreibt dann die Notwendigkeit beider Zugänge für die Aneignung von Welt. Dabei sollen Schülerinnen und Schüler in ganzheitlichen Zugängen die Wirklichkeit ausprobieren und sie erfahren, aber auch disziplinentztes Wissen über unterschiedliche Aspekte von Wirklichkeit aufbauen. Abschließend stellt de Vries in Anlehnung an seine Ausführungen „reality-related concepts“ und „theory-related concepts“ und ihre Verbindung vor. Damit leistet de Vries einen Beitrag naturwissenschaftliche und technische Bildung in deutscher Tradition noch einmal neu zu denken und fordert STEM/MINT-Bildung in einem ganzheitlichen aber auch disziplinentztes Sinne zu gestalten, um für die Gesellschaft von morgen die Interaktion zwischen Naturwissenschaft und Technik in der Lebenswirklichkeit zu verdeutlichen.

Insgesamt gesehen muss die Diskussion um Wissenschaft und Technik als Element von Allgemeinbildung unbedingt weitergeführt werden. Technik darf nicht länger ein ungeliebtes Kind der Bildung bleiben. Dabei beleuchten die weiterführenden Beiträge die aktuelle Situation und Entwicklung technischer Bildung vor dem Hintergrund sich wandelnder Ansprüchlichkeiten hinsichtlich wachsender Interdisziplinarität in Deutschland.

Durch alle Bildungsbereiche hindurch – von Elementarbereich bis zur beruflichen Bildung – wird deutlich, dass eine integrierte Betrachtung von Lebens- und Arbeitsbereichen angestrebt wird. Dabei wird von den AutorInnen auch deutlich gemacht, wo Möglichkeiten und Grenzen liegen, welche Besonderheiten in den

einzelnen Bildungsbereichen zu berücksichtigen sind und worin die Herausforderungen bestehen. Insgesamt wird deutlich, dass die Problematik zur Veränderung der Wissenschaftskultur, zum Umgang mit Interdisziplinarität und zur Verknüpfung von Wissenschaft und Technik in der didaktischen Diskussion wahrgenommen wird, die Reaktionen darauf unterschiedlich sind und Unsicherheiten insbesondere in Bezug zur Eigenständigkeit von Fachdidaktiken entstehen. Jedoch besteht eine große Einigkeit darin, wenn auch aus unterschiedlichen Perspektiven begründet, dass Technik einen Platz in Bildungsinstitutionen besitzen muss.

Vor dem Hintergrund sich verändernder Gesellschaft unter dem Einfluss zunehmender Technisierung muss auch Bildung auf diesen Wandel reagieren. Der Beitrag von **Ingelore Mammes** fokussiert daher frühe Bildungsprozesse in vorschulischen Einrichtungen und der Grundschule und beleuchtet die Konzeption integrativer Lernszenarien natur- und technikwissenschaftlicher Auseinandersetzungen.

Dabei gewinnen frühe Bildungsprozesse für lebenslanges Lernen immer mehr an Bedeutung, können sie doch einen Beitrag dazu leisten Prädiktoren wie Selbstkonzept, Interesse oder Begabungen zu entwickeln und so Einfluss nehmen auf die spätere Studien- oder Berufswahl. Darüber hinaus können sie Kompetenzen ausbilden und Fertigkeiten entwickeln auf denen spätere Bildungsprozesse aufbauen können.

Besonders förderlich sind Lernszenarien die sich an der Lebenswelt des Kindes und den in ihr wahrzunehmenden Phänomenen und daraus resultierenden Fragestellungen orientieren. Ganzheitliche Begegnungen mit der Sache sind nicht nur vor dem Hintergrund lehr-lerntheoretischer Erkenntnisse zielführend. Vor diesem Hintergrund natur- und technikwissenschaftliche Auseinandersetzungen zusammenzudenken scheint plausibel.

In ihrem Beitrag beleuchtet Mammes daher welches Verständnis von Natur und Technik in den Bildungsplänen für Kindertageseinrichtungen und Grundschulen grundgelegt ist und wie die beiden Bereiche zueinander in Beziehung gesetzt werden. Dabei ist erkennbar, dass in vorschulischen Einrichtungen ein Zusammenspiel von natur- und technikwissenschaftlichen Inhalten bildungspolitisch gewünscht ist, jedoch keine integrative Konzeption zu Grunde gelegt wird. Dem natur- und technikwissenschaftlichen Lernen in der Primarstufe kann der Perspektivrahmen Sachunterricht zu Grunde gelegt werden. Er geht von der Einnahme unterschiedlicher Perspektiven in der unterrichtlichen Auseinandersetzung mit der „Sache“ aus. Neben weiteren führt er eine technische und eine naturwissenschaftliche Perspektive an. Insgesamt scheint Natur- und Technikwissenschaften in frühen Bildungsprozessen zumindest bildungspolitisch integrativ miteinander verbunden zu sein.

Einige der im Sekundarbereich I angesiedelten Fächer verweisen durchaus heute schon mit ihrer Fachbezeichnung auf interdisziplinäre Chancen mit der besonderen Rolle von Technik. Die darin liegenden Potentiale werden von **Peter Labudde & Manuel Haselhofer** jedoch als nicht ausgereizt eingeschätzt. Das betrifft sowohl den Technikunterricht als auch den Unterricht in den Naturwissenschaften. Wenn Technik als Querschnittsthema unserer Lebenswelt erscheint, dann müssen, so Labudde & Haselhofer, aus diesen Überlegungen heraus die interdisziplinären Chancen von Technik im Feld schulischer Arrangements begriffen werden. Ihnen geht es auch darum, einen Unterricht mit allgemeinbildender Charakteristik in allzu engen Fächergrenzen zu überwinden, da die Welt selbst hochkomplex sei und Unterricht darauf vorbereiten soll. Technik bietet aufgrund seiner interdisziplinären Struktur Potentiale, Anwendungs-, Problem- und Erkenntnisorientierung in Lehr- und Lernarrangements zu verbinden. Sowohl für technische als auch für naturwissenschaftliche Bildung sehen Labudde & Haselhofer Interdisziplinarität – zumindest für die Sekundarstufe I – als konstitutiv. Eine besondere Herausforderung liegt für sie jedoch in einer interdisziplinären Verknüpfung technischer und naturwissenschaftlicher Bildung, die in einer ausgewogenen Balance zu interdisziplinären Anliegen stehen müsse. Diese Aufgabe ist noch ungelöst.

So wird in den Didaktiken der Naturwissenschaften bereits seit längerem zu einem interdisziplinären Ansatz diskutiert. Im Zentrum der bisherigen Fragestellungen steht dabei vor allem die Frage nach dem Verhältnis der Naturwissenschaften zueinander, d.h. ob sie als Integrationsfach oder als Einzelfächer zu unterrichten seien. Technik erhält auch in einer integrativen Sichtweise dabei lediglich den Stellenwert, den Kontext für naturwissenschaftliche Betrachtungen zu bilden. Das Potential von Technik als Integrationsfigur selbst wird in den Didaktiken der Naturwissenschaften kaum diskutiert, auch wenn die sogenannten Schlüsselprobleme der Menschheit, die ohne Zweifel technisch konnotiert sind und auch technische Lösungen verlangen, als ein Argument für einen fächerübergreifenden Ansatz gelten. Insofern wird in dem naturwissenschaftlichen Unterricht insbesondere auf das forschend-entdeckende Lernen (Inquiry Based Learning) rekurriert. Auch den VertreterInnen des traditionellen Technikunterrichts ist es dabei bisher kaum gelungen, über die Fachgrenzen hinweg zu denken. Sie berufen sich auf unterschiedliche Perspektiven auf Technik, das reicht jedoch – im Idealfall – nur für eine multidisziplinäre Sicht. Eine interdisziplinär ausgerichtete integrative Perspektive ist nicht avisiert, obwohl die von Ropohl (2009) ausgewiesenen Dimensionen von Technik (sozial, human und natural) in Konsequenz einen interdisziplinär ausgerichteten Unterricht über Technik unter Einbindung anderer Fächer verlangen und begründen.

Auch für den Sekundarbereich II wird eine ähnliche Diskussion geführt, auch wenn hier schon stärker die Berufs- und Studienorientierung und damit interdisziplinäres Denken und Problemlösen in den Blick geraten. Auch **Martin Lang** verweist auf Grenzen disziplinärer Unterrichtsfächer, sobald man sich schulisch mit aktuellen Problemen der Arbeitswirklichkeit auseinandersetzt. Interdisziplinäre Kompetenzen müssen seiner Ansicht nach Lernende in die Lage versetzen, die in den Fachdisziplinen erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten zu einer ganzheitlichen Sicht zusammenzufügen. Diese Kompetenz jedoch könne nur aus einer disziplinüberschreitenden Perspektive heraus entwickelt werden.

Lang sieht in der Kommunikationskompetenz eine besondere Bedeutung, da sie die Grundlage für den Austausch zwischen den Disziplinen schafft. Gleichzeitig weist er darauf hin, dass ähnliche kognitive Muster, ähnliche Interessen und ggf. ähnliche institutionelle Voraussetzungen und Traditionen Bedingungen für gemeinsame Fragestellungen und Forschungsbereiche seien. Darüber hinaus thematisiert er auch Grenzen und Probleme interdisziplinärer Zusammenarbeit.

Ein interdisziplinär ausgerichteter Unterricht sollte daher dazu führen, dass Lernende befähigt werden, in multidisziplinären Teams zu arbeiten, effektiv zu kommunizieren und gleichzeitig disziplinspezifisches Wissen in einem bestimmten interdisziplinären Themenfeld anwenden zu können. Als Gestaltungsformen werden fachüberschreitender, fächerverbindender, fächerübergreifender und integrierter Unterricht voneinander abgegrenzt. Lang entwickelt erste Anregungen zu konstituierenden Elementen zur Gestaltung interdisziplinärer Unterrichtsvorhaben: Interaktionen zwischen mindestens zwei beteiligten Fachdisziplinen, Problemlöseprozess im Zentrum, interdisziplinäre Verknüpfung von Methoden, Theorien und Begriffen sowie kooperative Arbeitsformen der beteiligten Lehrkräfte. Für ein integriertes Fach „Natur und Technik“ in der schulischen Realität werden aber auch Befürchtungen und Skepsis geäußert. Zum einen ist zu befürchten, dass eine intensive inhaltliche und methodische Verknüpfung der Disziplinen nicht erfolgen würde und dass Technik kein adäquater Stellenwert eingeräumt würde. Und zum anderen wird befürchtet, dass mit so einem integrativen Fach, auch wenn es Technik angemessen einbeziehen würde, ein eigener Technikunterricht entbehrlich sein könnte.

Das heißt doch aber nur, dass ein eigener Technikunterricht sich – viel stärker als bisher – auf das Technikspezifische fokussieren und dieses vertiefen könnte – ohne technizistisch zu sein. Die bisherigen fachdidaktischen Diskussionen dazu haben jedoch kaum zu einer Schärfung geführt, sondern verharren zumeist in einer Bewahrung des Vorhandenen.

Auch im Kontext beruflicher Bildung werden Kompetenzen im Bereich von Naturwissenschaft und Technik diskutiert. **Bernd Zinn** sieht insbesondere für technische Hybridberufe im gewerblich-technischen Bereich, wie den Mechatroniker,

gestiegene Anforderungen in der Aus- und Weiterbildung und fragt nach der Relevanz schulisch erworbener Grundkompetenzen sowie internationaler Leistungsstudien für einen erfolgreichen Übergang in die berufliche Ausbildung und ins Berufsleben. Dabei werden sowohl berufliche Anforderungssituationen aus dem gewerblich-technischen Bereich als auch solche aus nichttechnischen Bereichen (z.B. ErzieherInnen) in Beziehung zur naturwissenschaftlichen und technischen Grundbildung gesetzt. Zinn benennt dazu drei Forschungsrichtungen: 1) Zusammenhang zwischen Ausbildungserfolg und Intelligenz, 2) Ausbildungserfolg in Abhängigkeit von Tests oder der prädiktiven Kraft von Schulnoten und 3) domänenspezifische Fachkompetenzentwicklung in Abhängigkeit vom fachspezifischen Vorwissen. Zusammenfassend kommt der Autor zu dem Fazit, dass der naturwissenschaftlichen und allgemein technischen Literalität eine besondere Bedeutung für den berufsfachlichen Kompetenzerwerb im gewerblich-technischen Bildungssektor zukommt. Diese wird jedoch nicht systematisch erfasst, womit er Forschungsdesiderate insbesondere im Bereich der technischen Grundbildung konstatiert: Es fehlen Instrumente zur Erfassung der technischen Grundbildung, sowie Studien zum Einfluss der naturwissenschaftlichen und allgemein technischen Literalität separiert auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung. Darüber hinaus fehlen Aussagen zu motivationalen Aspekte und epistemologischen Überzeugungen zu Naturwissenschaften und Technik für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung der Lernenden. Nicht zuletzt gibt es keine empirischen Befunde zur Wirkung interdisziplinär ausgerichteten Unterrichts.

Diese lange Liste von Forschungsdesideraten, die Zinn hier aufmacht, muss durch ein weiteres Desiderat ergänzt werden: Bezogen auf eine integrative Sichtweise ist insbesondere die Technikdidaktik aufgefordert, das wahrgenommene Risiko bzgl. ihrer Eigenständigkeit positiv zu wenden und sich proaktiv in die Diskussion und Entwicklung integrativer Lernbereiche einzubringen, auch um zu zeigen, wo aus ihrer Sicht Potentiale und Grenzen liegen. Nur darin liegt die Chance einer Eigenständigkeit als Fach: Die Technikdidaktik muss zeigen, dass Interdisziplinarität im Unterricht auch Disziplinarität in Bezug zur Technik braucht. Es geht also sowohl um Verankerung von Interdisziplinarität mit der Fokussierung auf Problemlösung als auch um Disziplinarität mit den Vorteilen fachsystematisch geordneter Strukturen.

Eine direkte Übertragung der Arbeitsprinzipien aus dem Wissenschaftsbereich ist in den Unterricht jedoch nicht möglich. Unterrichten heißt Heranführen an wissenschaftliches Arbeiten in der Disziplin und über die Grenzen einer Disziplin hinweg. Beides kann und soll sich im Unterricht ergänzen. Auch die Reihenfolge sollte offen bleiben: so kann eine hybride Fragestellung ein Ausgangspunkt für disziplinäre Fragestellungen sein. Ebenso kann auch bereits vorhandenes, disziplinär unterschiedliches Wissen hybride Herausforderungen unterstützen. Unterrichtlich gesehen sollte man daher von disziplinärer und interdisziplinärer Ori-

entierung sprechen, die sich gegenseitig und zirkulär bedingen. Und das braucht eine Fachdidaktik, die auf beides Antworten hat.

Der von **Gabriele Graube und Ingelore Mammes** verfasste Beitrag will als Bildungs-offensive verstanden werden. Mit einer didaktischen Konzeption, die besonders die Interdisziplinarität berücksichtigt, soll die fachliche Perspektive auf bildungswirksame Auseinandersetzungen aufgebrochen werden und um eine ganzheitliche Betrachtung des Lerngegenstands ergänzt werden. Dieser Ansatz markiert den Beginn einer veränderten didaktischen Sichtweise auf Wissenschaft und Technik, der einem Paradigmenwechsel ähnelt. Er stellt vor dem Hintergrund von Pluralität und Entgrenzung von Bildung einen Rahmen zur Auseinandersetzung mit Wissenschaft und Technik sowohl in Schule als auch in außerschulischen Bildungsbereichen dar. Damit bietet sich die Chance, einen Beitrag zur Entwicklung der anfangs beschriebenen prognostizierten Forschungs- und Innovationkompetenz der Bürgerschaft leisten zu können.

Literatur

Zweck, A. & Holtmannspötter, D. (2015). BMBF Foresight. *Zukünftige Technologien Band 100*. VDI Technologiezentrum GmbH (im Erscheinen).