

Gabriele Graube (Technische Universität Braunschweig)

**Wissenschaft und Technik. Zur Reflektion von
Technoscience und Interdisziplinarität in der
Allgemeinbildung.**

Herausgeber

Bernd Zinn

Ralf Tenberg

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>

Gabriele Graube (TU Braunschweig)

Wissenschaft und Technik. Zur Reflektion von Technoscience und Interdisziplinarität in der Allgemeinbildung

Zusammenfassung

Der vorliegende Aufsatz befasst sich mit der Thematik von Wissenschaft und Technik in der Allgemeinbildung im Kontext von Interdisziplinarität. Aus dem Wandel der Technosphäre, der Wissenschaftskultur (Technowissenschaft) und dem Wandel im pädagogischen Denken und Handeln wird die Notwendigkeit einer interdisziplinär fachdidaktischen Forschung abgeleitet und die Entwicklung von Ansätzen zur Technoscience Education als eine Perspektive diskutiert.

Schlüsselwörter: Technowissenschaft, Interdisziplinarität, Bildung, Technikbildung, Fachdidaktik

Science and Technology. Aspects of Technoscience and Interdisciplinary in general education

Abstract

The present paper deals with science and technology in general education in the context of interdisciplinarity. The need for interdisciplinary didactic research is derived from the change of technics, the change of scientific culture and the change in pedagogical thinking and acting. The development of approaches for Technoscience Education is discussed as a perspective.

Keywords: Technoscience, Interdisciplinary, Education, Technology Education, Didactics

1 Situations- und Problembeschreibung

Unsere Lebenswelt ist von einer Omnipräsenz technischer Produkte geprägt, die zunehmend primäres Ergebnis von Wissenschaft und Forschung sind und nicht mehr nur Ergebnis handwerklichen Tuns. Da sich niemand dieser technischen Welt entziehen kann, steht Gesellschaft vor der Herausforderung, das Verhältnis von Technik entwickelnder Wissenschaft und Technik zu bestimmen. Dazu gehört eine bildungstheoretische und auch didaktische Reflexion und Revision im Bereich der Allgemeinbildung.

Schon im Jahr 1979 verwies der Club of Rome in seinem Lernbericht auf die Notwendigkeit von „innovativen Lernprozessen“, d.h. von einer „Art des Lernens, die Veränderung, Erneuerung, Umstrukturierung und Transformation hervorbringen kann“ (Botkin, Mahdi, & Malitza, 1979, S. 31). Diese grundlegende Veränderung der Sicht auf Lernen wird von Marotzki als Bildung interpretiert (zit. nach Ahrens, 2005). Wenn nun Bildungsprozesse als „Transformation der grundlegenden Kategorien des Welt- und Selbstverständnisses selbst“ verstanden werden (Ahrens, 2005, S. 9), sind diese vor allem da gefordert, wo „auf neue Problemerkahrungen in schon erworbenen Orientierungen in nicht mehr angemessener Weise geantwortet werden kann“ (Kokemohr 2000, 421, zit. nach Ahrens 2005, S. 9). Technik mit seinen vielfältigen Auswirkungen auf Natur, Mensch und Gesellschaft ist zwar selbst der Inbegriff von Veränderung, Erneuerung und Transformation und damit der Inbegriff sowohl zur Lösung von Problemen als auch der Verursachung von Problemen. Eine ernsthafte Diskussion zum Zusammenhang von Technik und Lernen bzw. einer neuen Art des Lernens hat aber bislang noch nicht stattgefunden. Gleichwohl könnte genau hier die Forderung nach innovativen Lernprozessen eingelöst werden.

Diese Forderung erhält insbesondere vor dem Hintergrund globaler Herausforderungen in den Bereichen Klima/ Energie, Gesundheit/ Ernährung, Mobilität, Sicherheit und Kommunikation größte Bedeutung. Die Bundesregierung hat dazu eine Hightech-Strategie 2020 verabschiedet, in der erstmals eine übergreifende nationale Strategie verfolgt wird, die politikfeld- und themenübergreifend eine Vielzahl der Forschungs- und Innovationsaktivitäten über alle Ressorts hinweg bündelt und dazu zehn Zukunftsprojekte definiert¹. Zur Sicherung des dazu notwendigen Fachkräftebedarfs wurde ein vielfältiger Maßnahmenkatalog entwickelt, der von Mittelstandförderung bis zur MINT-Förderung reicht. Was fehlt, ist jedoch eine politikfeld- und themenübergreifende Initiative zur Allgemeinbildung nicht nur zur Sicherung von Nachwuchskräften, sondern zur Sicherung von Mündigkeit und Teilhabe an gesellschaftlicher Entwicklung. Letztendlich geht es um die Frage zum Umgang mit Technik und Technikwissenschaften in der Allgemeinbildung.

Bildungswissenschaftliche Distanz zur Technik und zu Technikwissenschaften

Im Bildungsbereich wird die Diskussion um Natur- und Technikwissenschaften bzw. den Bereich von Natur und Technik nach wie vor oft verengt geführt. Insbesondere wird technischer Bildung ein Allgemeinbildungsanspruch abgesprochen, als nicht bildungswürdig und lediglich zur Vorbereitung für eine Ausbildung im gewerblich-technischen Bereich angesehen. Das

¹ Vgl. <http://www.hightech-strategie.de/de/302.php> (06.02.2014)

spiegelt sich im Fächerkanon an den Schulen wieder, wo Technik als Unterrichtsfach nur marginal und lückenhaft vertreten ist und auch in anderen Fächern nur in einer stark verkürzten Form im Unterricht thematisiert wird (meist als Anwendung der Naturwissenschaften). Auch die Forderungen von Wirtschaft und Politik nach Nachwuchs im gewerblich-technischem und ingenieurwissenschaftlichen Bereich zur Stärkung der Innovationskraft bleiben allzu oft ohne allgemeinbildenden Anspruch, was die Diskussion um den Bildungsgehalt von Technik zusätzlich erschwert.²

Diese Problematik des nicht zugewiesenen Bildungsgehaltes spiegelt sich auch in der Bildungstheorie wieder. Ahrens (2005) beschreibt ein äußerst distanzierendes Verhältnis der Bildungstheorie zur Naturwissenschaft und Technik und von nicht überwundenen Schwierigkeiten, die nach wie vor bestehen. Technik wird daher auch als ungeliebtes Kind der Bildung beschrieben (Euler, 2008). Kritische Stimmen, die fordern, dass dieses Verhältnis selbst thematisiert werden muss, übersehen jedoch, dass es sich um weitaus mehr handelt als nur um das Verhältnis von Bildung, Naturwissenschaft und Technik. Technik selbst hat einen Wissenschaftsbereich, der nicht nur die Naturwissenschaften betrifft, sondern vor allem die Wissenschaften von der Technik und dessen Genese. Daher müssen die Technikwissenschaften unbedingt in diese Diskussion einbezogen werden, um das Verhältnis von Bildung zu Natur und Technik und damit auch zu Natur- und Technikwissenschaften zu beleuchten.

Bildungspolitische Aktivitäten ohne begriffliche Schärfung

Das distanzierende Verhältnis im Bildungsverständnis von Bildungswissenschaftlern und -politikern zu Wissenschaft und Technik scheint zunächst im Widerspruch zu den vielfältigen Aktivitäten zu stehen, die man in Schule und im Umfeld der Schule beobachten kann.

So werden auch vor dem Hintergrund der Hightech-Strategie 2020 der Bundesregierung, die u.a. MINT³ als einen Bereich der Querschnittsförderung definiert, neue Fächer zu Natur und Technik eingeführt, sie bleiben jedoch ohne ausreichende fachdidaktische und wissenschaftliche Begleitung⁴. Auch die inflationäre Benutzung des MINT-Begriffs bleibt ohne wirkliche Hinterfragung und Ausgestaltung dessen, wofür der Begriff MINT steht. Man spricht von sogenannten MINT-Fächern und MINT-Fachdidaktiken, vergibt das Label MINT-EC-Schule, schreibt MINT-Schulwettbewerbe aus usw. Das „T“ für Technik wird jedoch meist marginalisiert oder auch ganz weggelassen. Eine Diskussion, welchen Anspruch und welche Möglichkeiten sich mit dieser Begrifflichkeit verbinden, wenn man sie als Ausdruck einer integrativen Betrachtungsweise sieht, fehlt. Auch eine interdisziplinäre Betrachtung oder sogar

² Eine Ausnahme bildet das VDI-Positionspapier „Technische Allgemeinbildung stärkt den Standort Deutschland“ (2012).

³ MINT steht als Abkürzung für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik.

⁴ Die Einführung von neuen Fächern zu Lernbereichen von Natur und Technik (vor allem im gymnasialen Eingangsbereich) und auch die Diskussion zur Formulierung und Einführung von Bildungsstandards und Kompetenzen in den Naturwissenschaften kann auch als Reaktion und Ausdruck der wahrgenommenen Grenzen von Unterrichtsfächern und als Versuch verstanden werden, Antworten auf eine veränderte Situation zu geben. Insofern tragen die Diskussionen um Bildungsstandards zumindest zur Klärung dessen bei, womit sich junge Menschen in unserer Kultur auseinandersetzen sollen, um sich zu bilden und mündig zu werden, wo eigentlich die Domänen sind – man vermeidet den Begriff der Fächer – und was domänenspezifische Arbeitsweisen bzw. Lernprozesse

Verknüpfung erfolgt nicht und scheint auch nicht intendiert. So bleibt der Eindruck einer „hübschen Begriffsklammer“ von bislang Unverbundenen. Diese Entwicklungen finden sich auch beispielsweise in den USA wieder, wo man zwischen STEM oder iSTEM zu unterscheiden versucht⁵. Distanz und gar Nichtwahrnehmung zeigen sich auch in bildungspolitischen Diskussionen, Papieren und Veröffentlichungen, wo zwar Fachdidaktiker der Naturwissenschaften, aber keine Technikdidaktiker eingebunden werden (z.B. Telekom 2012).

Interdisziplinarität als neues Wissenschaftsprinzip und bislang unreflektiertes Unterrichtsprinzip

Interdisziplinarität gilt infolge der fortschreitenden Wissenschaftspartikularisierung als eine Arbeits- und Forschungsmethode in der Wissenschaft, um Antworten auf Problemstellungen zu finden, die aus einer Wissenschaftsdisziplin heraus nicht lösbar sind. Infolge der Wissenschaftspartikularisierung und der damit verbundenen Interdisziplinarität wird es immer schwieriger, einem Unterrichtsfach oder einem Lernbereich einzelne Wissenschaftsdisziplinen zuzuordnen. So wird die „klassische Rolle der [...] Fachdidaktiken [...] zunehmend in Frage gestellt, wenn diese sich zu sehr an der Logik eines Schulfaches oder einer wissenschaftlichen Disziplin“ orientieren und weniger an den Lernenden und an den sie betreffenden Handlungsfeldern (Pätzold & Reinisch, 2010, S. 161). Diese Diskussion in den Berufsdidaktiken ist durchaus auch auf die Fachdidaktiken der allgemeinbildenden Schulen übertragbar: Die Orientierung sollte auch hier an den Lernenden und an den sie betreffenden Handlungsfeldern, also letztendlich an ihrer Lebenswirklichkeit, erfolgen. Eine Orientierung an Handlungsfeldern heißt jedoch nicht, dass der Unterricht per se interdisziplinär ist, sondern zunächst nur, dass man von einem a-disziplinären Lebenswirklichkeit auszugehen hat. Fachdidaktiken stehen damit vor einer neuen Herausforderung. Sie müssen sich fragen, an welchen Wissenschaftsdisziplinen sie sich im Zeitalter von Interdisziplinarität, Wissenschaft und Technik orientieren wollen, und wie diese Orientierung zu ihrer klassischen Rolle und zu dem tradierten Fächerkanon passt.

Gleichzeitig ist eine massenhafte Verwendung der Interdisziplinaritätsmetapher zu beobachten, sie führt ohne didaktische Fassung jedoch sowohl zu einer Verwässerung als auch zu einer überhöhten Erwartungshaltung ohne jegliche Differenzierung. Gehring (2013) kritisiert diese Entwicklung und warnt vor einer Interdisziplinaritätsfalle in der Hochschule. Insbesondere eine Unterscheidung zwischen Interdisziplinarität in der Forschung einerseits und Lehre (Hochschule) andererseits sei dringend erforderlich. Auch diese Beobachtung kann nicht einfach auf Allgemeinbildung übertragen werden, muss aber in eine Diskussion um den Stellenwert von Interdisziplinarität in der Allgemeinbildung eingehen. Wenn Interdisziplinarität Disziplinarität voraussetzt, dann sind zwei Problemfelder zu beleuchten: a) Stellenwert von Interdisziplinarität in der fachdidaktischen Forschung und b) didaktischer Umgang mit a-disziplinärer Lebenswirklichkeit und Interdisziplinarität im Unterricht.

⁵ STEM ist eine Abkürzung für Unterricht in den Feldern „science, technology, engineering, and mathematics“. Das Akronym iSTEM betont mit dem „i“ den Anspruch auf „integrating“ (Integration) der genannten Felder.

Zielsetzung

In diesem Beitrag soll untersucht werden, wie sich didaktische Bezugsgrößen verändert haben - mit dem Ziel, Herausforderungen und Konsequenzen für fachdidaktische Weiterentwicklungen für allgemeinbildende Schule abzuleiten. Im Mittelpunkt steht die didaktische Reflektion der Zusammenhänge und Wechselwirkungen von Wissenschaft und Technik und damit auch von Wissenschafts- und Technikentwicklung, wohlwissend dass Technik einen eigenen Wissenschaftsbereich besitzt und Technikgenese mit der Entwicklung der Ingenieurwissenschaften zunehmend interdisziplinär erfolgt und erfolgen wird. Die Betrachtung soll nicht auf technikdidaktische Argumentationen begrenzt bleiben, sondern soll die Problematik in einen allgemeindidaktischen Rahmen stellen. Dabei können und sollen im Rahmen dieses Aufsatzes keine endgültigen Antworten gegeben werden. Intendiert ist vielmehr, eine didaktische Diskussion anzustoßen, Fragen zu stellen, auch Gegebenes in Frage zu stellen und nicht zuletzt ein neues Forschungsfeld zu eröffnen.

2 Wandel in den fachdidaktischen Bezugsgrößen

2.1 Didaktik als Enkulturationswissenschaft

Für die nachfolgenden Betrachtungen soll Didaktik als „Wissenschaft von den Vermittlungsprozessen von Kultur in spezifischen Gesellschaften“ (Kron 2004, 47) verstanden werden. Didaktik in diesem Sinne hat also „grundlegend mit Enkulturations- und Sozialisationsprozessen zu tun, insofern das Medium menschlichen Daseins und menschlicher Entwicklung ... die Kultur ist, in der jeder Mensch lebt“ (ebd., S. 44). Lehr- und Lernprozesse müssen dazu in drei Ebenen didaktisch gefasst werden (ebd., S. 47f):

- Didaktische Fassung einer spezifischen Kulturausprägung.
- Didaktische Fassung des Vermittlungsprozesses als Interaktion unter Berücksichtigung kultureller Spezifika (Verhaltensweisen, soziales Handeln, Normen und Werte).
- Didaktische Fassung einer Metaebene zur kritischen Reflexion der zuvor benannten Ebenen.

Ergebnis solcher didaktisch gefassten Lehr-Lernprozesse ist Bildung im Sinne eines reflektierten Verhältnisses des Einzelnen zu sich selbst, zu anderen und zur Welt. Das knüpft an Fink (1965) an, der Bildung als „Prozess der geistigen Auseinandersetzung des Menschen mit der ihn umgebenden und einbegreifenden Welt und die in solcher Auseinandersetzung aufgehende Selbstverständigung über uns selber“ (ebd., S. 37) versteht.

Begreift man Didaktik nun als Enkulturationswissenschaft, Lehren und Lernen als „Enkulturationshilfe“ und Bildung als dessen Ergebnis, dann braucht man eine Bestimmung des Kulturbegriffs. Der Kulturbegriff ist in der Wissenschaft viel diskutiert und auch einem Wandel unterworfen. Ohne diese Diskussionen in ihrer Breite nachgehen zu wollen, kann jedoch gesagt werden, dass sich heute ein semiotischer Kulturbegriff etabliert hat, der Kultur als Subsummierung aller von Menschen geschaffenen Vorstellungen und Gedankenkonstrukte,

die sich in Symbolsystemen vergegenständlichen, versteht (Posner, 2008). Technik und ihre Wissenschaften sind somit essentielle Elemente von Kultur.

Fachdidaktiken können daraus abgeleitet als Wissenschaften des Lehrens und Lernens in einem spezifischen Enkulturationsbereich verstanden werden. Sie müssen sich in der Wahl und Begründung der Ziele, der Methoden und des Inhaltes an den kulturellen Gegebenheiten, d.h. an dessen Herkunft, dessen Gegenwärtigem und dessen Zukünftigem, orientieren. An die Fachdidaktik wird dabei die Anforderung gestellt, sie solle eine „wissenschaftliche Disziplin vom planvollen, institutionalisierten Lehren und Lernen spezieller, gesellschaftlich relevanter Aufgaben-, Problem- und Sachbereiche sein oder werden“ (Schaub & Zenke, 2004, S. 201). Als Bezugsgrößen der Fachdidaktik gelten folglich die gesellschaftliche Lebenswirklichkeit, die Lernenden und die Wissenschaften des jeweiligen Enkulturationsbereiches⁶. Im Folgenden wird gezeigt, welche Veränderungen sich in diesen Bezugsgrößen vollziehen bzw. vollzogen haben.

2.2 Wandel der Technosphäre

Umwelt kann in eine natürliche Umwelt (Natursphäre) und eine künstliche Umwelt (Sozio- und Technosphäre) unterschieden werden. Die Technosphäre wird als die vom Menschen hervorgebrachte Umgebung in der Gesamtheit der geschaffenen technischen Artefakte, der in ihnen ablaufenden technischen Prozessen und den damit verbundenen erwünschten Wirkungen und unerwünschten Nebenwirkungen (auch in der Natur- und Soziosphäre) verstanden. Technosphäre ist damit als eine Kulturleistung zu verstehen. Die Techno-, Natur- und Soziosphären durchdringen sich gegenseitig. Die Technisierung aller Lebens- und Arbeitsbereiche, insbesondere auch der Wissenschaften, hat dabei einen maßgeblichen Einfluss. Viele der heute in der Gesellschaft feststellbaren Veränderungen stehen damit in engem Zusammenhang mit der Technosphäre.

2.2.1 Wandel in der Entstehung von Technik

Technik ist zunächst sehr viel älter als alle Wissenschaft. Sie wird von Roth (1965) als eine Welt zwischen der Natur und dem Menschen gesehen: „Der Mensch hat zu seiner Selbsterhaltung und Selbstentfaltung zwischen der Natur und sich selbst eine Zwischenwelt geschaffen, die von der Technik getragen und bestimmt wird“ (ebd., S. 14f). Technik ist sowohl „Hervorbringung“ als auch „Hervorgebrachtes“, ist aber nicht nur Mittel für den direkten Zweck, sondern besitzt durchaus „ein Überschuß über den Zweck hinaus“ (ebd.). Das heißt, Bedürfnisse unterschiedlicher Kategorien (bis hin zu Ausdrucksformen in der Kunst) können befriedigt werden bzw. neue Bedürfnisse können durch vorhandene Technik entstehen. In Anlehnung und Weiterführung an Duddeck (2010) und Horwitz (1929) können drei Entwicklungslinien von Technik unterschieden werden:

⁶ Hier soll darauf hingewiesen werden, dass es nicht darum gehen soll, irgendeiner Form der sogenannten Abbilddidaktik, nach der allein der Transfer der Ergebnisse der Fachwissenschaften in den Unterricht stattfinden sollte, zu folgen. Unter Verweis auf Hilligen (1991) ist die Bezugsgröße der Wissenschaft so zu verstehen, dass Didaktik dasjenige aus den jeweiligen Fachwissenschaften herausfiltern soll und muss, das von allgemeiner, existentieller Bedeutung für das Leben und daher als lehrnotwendig legitimiert gelten kann.

A: Technik aus tradiertem Erfahrungswissen: Die Hervorbringung von Technik erfolgte lange Zeit aus tradierter Erfahrung und handwerklicher Praxis, d.h. einfache Erfindungen wurden durch immer neu hinzukommendes Erfahrungs- und Erprobungswissen verbessert, ohne das naturale Wirkungsvorgänge und -zusammenhänge erkannt und bekannt waren.

B: Durch Wissenschaften beschleunigt entwickelte und verbesserte Technik: Wissenschaftliches Wissen und wissenschaftliche Methoden veränderten die Technikentwicklung. So ging es in den Naturwissenschaften von Beginn an nicht nur darum, Naturvorgänge zu enthüllen, sondern auch darum, technisches Gerät zu entwickeln, die weitere Erkenntnis ermöglicht (Fink, 1965). Damit kann man im naturwissenschaftlichen Handeln durchaus eine pragmatisch-praktische Haltung erkennen. Francis Bacon formulierte darüber hinaus noch einen weiteren Anspruch der Naturwissenschaften: Technik selbst sollte erfasst werden und es sollten Grundlagen für weitere technische Anwendungen geschaffen werden (König, 2010, S. 7). Dieser Anspruch verdeutlicht die Erkenntnis, dass in der Technik die Gesetze der Natur herrschten und es nicht um Überlistung der Natur ginge⁷. Damit beginnt ein „... immer schneller ablaufenden Prozeß der gegenseitigen Anregung“ (Hermann, 2010, S. 49) zwischen Technik und Naturwissenschaft.

Mit der Gründung von Gewerbeschulen, Polytechnischen Schulen und Technischen Hochschulen im 19. Jahrhundert entwickelte sich ein eigener Wissenschaftsbereich, bei dem es nicht nur allein um die Verwissenschaftlichung des „Hervorgebrachten“⁸, sondern zunehmend auch um die des „Hervorbringens“ ging. Zunächst bezogen die Technikwissenschaften ihren Inhalt jedoch allein aus der Mathematik, der Mechanik und den Naturwissenschaften, um diesen, wie König formuliert, „auf eine nicht beschriebene Weise umzuformen und an die Industrie weiterzugeben“ (König, 1999, S. 30). Matschoß (1898) spricht hier von einem „Band“, das zwischen Naturwissenschaft, Mathematik und Technik gezogen wurde. Daher kann man die Denk- und Arbeitsweise in den Ingenieurwissenschaften - von Beginn an - schon als Prototypen der Interdisziplinarität bezeichnen. Die „Eigenart des technischen Denkens [und Handelns, G.G.] als einer wesentlichen Spielart erkennender wie gestaltender menschlicher Möglichkeiten“ (Fischer, 1965, S. 123) wird Gegenstand der Ingenieurwissenschaften. Deren Theorienbildung verfolgt dabei zwei Ziele (Ropohl, 2010):

- Voraussage des Verhaltens eines geplanten technischen Gebildes bzw. der Ergebnisse eines geplanten technischen Verfahrens.
- Vorausbestimmung des Aufbaus eines technischen Gebildes oder der Regeln für ein technisches Verfahren, um ein angestrebtes Verhalten bzw. Ergebnis zur Erzielung einer gewünschten Wirkung zu erreichen.

Technische Entwicklung entspringt also zunehmend einer Verknüpfung natur- als auch ingenieurwissenschaftlichen Denkens und Handelns. Mit dem hinzukommenden wissenschaftlichen Wissen aus Natur- und Ingenieurwissenschaften beschleunigen sich die

⁷ In dieser frühen Haltung liegt die Wurzel der bis heute reichenden verkürzten Auffassung, nach der Technik eine reine Anwendung der Naturwissenschaft sei.

⁸ Die im Rahmen der Kameralwissenschaften Ende des 18./ Anfang des 19. Jahrhunderts entstehende Technologie, die von Johann Beckmann begründet wurde, beschränkte sich, so König (2010), „weitgehend auf die Sammlung und Verwaltung technischen Wissens und klammerte dessen Weiterentwicklung aus“ (ebd., S. 7).

technischen Entwicklungen, aber, wie Duddeck sagt, „eigentlich auch nur in Form hinzukommender Funktionen, Verbesserungen, Optimierungen“ (Duddeck, 2010, S. 30). In ihrer Wechselwirksamkeit, d.h. der Verwissenschaftlichung von Technik und der Technisierung der Wissenschaften, kommt es zu immer schneller aufeinander folgenden und verknüpften naturwissenschaftlichen Entdeckungen und technischen Erfindungen.

C: Primär aus Wissenschaft entwickelte Technik: Die Leistung und die Leistungssteigerung in den Wissenschaften beruhen seit Beginn der Moderne in der Differenzierungsleistung innerhalb des bestehenden Wissenschaftssystems (Schmidt & Grunwald, 2005). Die Notwendigkeit zum Überschreiten der Wissenschaftsgrenzen ergab sich nun gerade aus der Differenz zwischen dieser wachsenden Spezialisierung und zunehmenden Differenzierung der wissenschaftlichen Forschung auf der einen Seite und der komplexen, a-disziplinären Wirklichkeit auf der anderen Seite (Jungert, Romfeld, Sukopp & Voigt, 2010). Gründe für den seit den 60iger Jahren des letzten Jahrhunderts stattfindenden Wandel zur Inter- und Transdisziplinarität⁹ sieht Mainzer in drängenden globalen Problemen unserer Zeit, also „Umwelt, Klimawandel, Energie, Materialforschung, Life Science und Gesundheit“, die originär „problemorientierte Forschungsgebiete“ darstellen (ebd., S. VII). Im Kern geht es dabei um die Entwicklung neuer Techniken bzw. um die Gestaltung neuer Produkte zur Lösung dieser Probleme: „Heute zielt problemorientierte ... Forschung darauf ab, aus der Grundlagen- und angewandten Forschung zur Gestaltung neuer Produkte und neuer Handlungskompetenz zu kommen“ (ebd., VII). Technische Produkte und Dienstleistungen der Zukunft werden also primär aus und mit Wissenschaft „gemacht“ sein und keine handwerklichen Vorstufen besitzen.

Da die Technik der Zukunft vor allem eine aus Wissenschaft interdisziplinär entwickelte Technik sein wird, muss der Bildungsbereich diese wechselwirksame Verknüpfung von Wissenschafts- und Technikentwicklung verantwortlich und angemessen reflektieren.

2.2.2 Wandel von lokalen zu globalen Problemen

Technische Systeme sind immer Element übergeordneter Systeme. In einem solchen System wirkt der Mensch im Sinne der Funktionserfüllung auf das technische System ein, um eine gewollte Zweckwirkung des technischen Systems zu erreichen. Pahl et al (2003) unterscheiden aber nicht nur Einwirkung (funktionale Beziehung als Handlung des Menschen im technischen System) und Zweckwirkung (funktionale gewollte Wirkung des technischen Systems), sondern auch Störwirkungen (funktional nicht gewollte Einflüsse) und Nebenwirkungen (funktional ungewollte Beeinflussung auf das technische System, den Menschen und auf die Umgebung).

Die Nebenwirkungen in der Verwendung technischer Systeme können zu Problemen nicht nur im technischen System und zur Beeinträchtigung dessen Bedieners führen, sondern auch zu Störwirkungen für andere technische Systeme werden und darüber hinaus zu Problemen in der natürlichen und sozialen Umwelt. In der Vergangenheit waren diese Probleme, die der Mensch aus der Technosphäre heraus verursachte, meist regional und lokal begrenzt. Durch die

⁹ Völker (2004, S. 21) sieht Unvereinbarkeiten in gängigen Definitionen zur Transdisziplinarität (Gegenstand und Erkenntnisinteresse, Auswirkungen auf die Organisationsform der Wissenschaft, gesellschaftlicher Ort), auf die hier aber nicht weiter eingegangen wird.

Industrialisierung und zunehmende Globalisierung, durch neue Technologien, stärkere Nutzung natürlicher Ressourcen und auch durch Besiedlung werden diese Probleme immer größer und sind nicht mehr lokal eingrenzbare. Umweltprobleme sind so als Nebenfolgen des Modernisierungsprozesses zu verstehen (Mogalle, 2001). Heute steht die Welt jedoch nicht nur vor Umweltproblemen in engeren Sinne (natürliche Umwelt), sondern auch vor globalen Herausforderung in der sozialen Umwelt, z.B. im Bereich von Mobilität, Sicherheit und Kommunikation. Diese globalen, auch wechselseitig verknüpften Probleme stellen auch die Wissenschaften vor neue Herausforderungen und Aufgaben, die nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit lösbar sein werden.

Insbesondere die Technologieforschung und -entwicklung sind hier in Verantwortung, Technik zu entwickeln, die an den Normen und Werten der Gesellschaft ausgerichtet sein muss und bei der ambivalente Wirkungen und Folgen von Technik abzuschätzen und zu berücksichtigen sein müssen.

Schule mit ihrem Anspruch auf Allgemeinbildung muss Schülerinnen und Schüler auf die durch Technik verursachten Probleme in unserer Welt vorbereiten, so dass sie sich zum einen in dieser Welt orientieren können und dass sie zum anderen verantwortungsbewusst zukünftige Probleme lösen und damit unsere Welt gestalten können.

2.3 Wandel der Wissenschaftskultur

Der beschriebene Wandel der Entstehung von Technik sowie die Herausforderungen zur Lösung globaler Probleme sind eng mit dem Wandel der Wissenschaftskultur verbunden.

2.3.1 Von der Wissenschaft zur Technowissenschaft

Die oben bereits beschriebene Verknüpfung von Natur- und Ingenieurwissenschaften mit einer wechselseitigen Durchdringung und Vermischung von Erkenntnis- und Anwendungsorientierung soll mit dem Begriff der Technowissenschaft gefasst werden (Nordmann (2005, 2010)). Dieser Begriff steht gleichzeitig für den Wandel der Wissenschaftskultur, der Forschungspraxis und eines veränderten Selbstverständnisses im Vergleich zu den traditionellen Wissenschaften. Nach Nordmann (2005) liegt das Selbstverständnis der traditionellen Wissenschaften im Verstehen, die Erkenntnis wird als Voraussetzung für einen von ihr abgelösten Eingriff in die Natur verstanden. Zwischen Erkenntnis und Eingriff wird also deutlich unterschieden. Bei den Technowissenschaften hingegen gilt diese Trennung nicht mehr, es geht primär um die Entwicklung von „Nutzbarem“, also gerade auch um den Eingriff (ebd).

Der wesentliche Unterschied zwischen Technowissenschaften und der Wissenschaft im klassischen Verständnis besteht also in ihren Zielsetzungen, wo es den epistemisch orientierten Wissenschaften um das richtige Verstehen und die Systematisierung von Kausalzusammenhängen geht und eben nicht um ihre Nützlichkeit in Fragen der Messung, Visualisierung, Modellierung, Phänomenbeherrschung und Schaffung neuer Artefakte mit

gesellschaftlicher Relevanz (Nordmann, 2010)¹⁰. Technowissenschaftliche Wissensproduktion kann in Abgrenzung dazu als Verknüpfung von Erkenntnis und Innovation verstanden werden, um sowohl Welt zu erklären als auch Prozesse zu beeinflussen. Nordmann (2011a) sieht damit zwei Zeitalter: Im „Zeitalter der Wissenschaft“ orientiere sich alle Wissenschaften, auch die Technowissenschaften, an dem Ideal der Trennung von Darstellung und Eingriff, also auch der Trennung von Wissenschaft und Technik, Natur und Kultur, Gegebenem und Gemachtem, (organischem) Wachstum und (dinghafter) Konstruktion. In diesem Zeitalter erschienen auch die Technowissenschaften als „unrein“. Im „Zeitalter der Technowissenschaften“ jedoch erschiene das Ideal einer „reinen“ Wissenschaft überholt. In diesem Zeitalter legitimiere sich selbst die „Grundlagenforschung“ nicht mehr in Bezug auf das Aufklärungsideal von Wahrheitssuche als Lebensform. Auch sie sei jetzt „anwendungsorientiert“.¹¹

Bezogen auf unsere Ausgangsfrage bedeutet diese Entwicklung der Wissenschaftskultur, dass Naturwissenschaften sowohl als Wissenschaften im traditionellen Sinne als auch als Technowissenschaften der zweiten Moderne verstanden werden können. Ingenieurwissenschaften dagegen sind schon immer Technowissenschaften, sie gelten jedoch, im Gegensatz zu früher, nicht mehr als „unrein“. Ihre Besonderheit, die in der Verknüpfung von Erkenntnis und Anwendung liegt, wird nun zur Kennzeichnung einer neuen Wissenschaftskultur verwendet. Dies sollte nicht unbeachtet und unerwähnt bleiben.

In Reflektion dieser Veränderung der Wissenschaftskultur muss gefragt werden, welche Konsequenzen für Allgemeinbildung zu ziehen sind. Die traditionelle Abgrenzung und das traditionelle Selbstverständnis der Unterrichtsfächer zu Natur und Technik (kausale vs. finale Orientierung) hat damit allein keine Rechtfertigung mehr. Naturwissenschaftlicher Unterricht könnte sich zwar nach wie vor ausschließlich der reinen Erkenntnis widmen und Technik nur als Anwendung ihrer Erkenntnis betrachten. Er kann sich aber auch einem eher technowissenschaftlichen Ideal folgen, das Erkenntnis und Eingriff als Zusammenhang betrachtet. Guter Unterricht über Technik muss demgegenüber neben der technischen Beherrschung von Phänomenen auch Erkenntnisgewinnung zentral stellen. Insofern können beide Unterrichtsfelder dem technowissenschaftlichen Ideal folgen.

2.3.2 Inter- und Transdisziplinarität als neues Forschungsprinzip

Die Entwicklung des Forschungs- und Arbeitsprinzips der Inter- und Transdisziplinarität ist mit der Entstehung der globalen Probleme, die aus einer Disziplin allein nicht lösbar sind, eng verbunden. Im Folgenden soll versucht werden, wesentliche Merkmale der Disziplinarität und der Inter- und Transdisziplinarität aufzuzeigen.

¹⁰ Nordmann (2011 b) weist jedoch auch darauf hin, dass die Kultur der Technowissenschaft nicht neu sei: Pharmazie, Agronomie, Forstwirtschaft, Pflegewissenschaft, Materialwissenschaft, Informations- und Kommunikationstechnologie, Synthetische Chemie, Nanotechnologie, Ergonomik sind für ihn Wissenschaftsgebiete, in denen die Zielrichtung auch schon immer auch der „Eingriff“ gewesen sei. Und das trifft übrigens für die Gesamtheit aller ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen zu.

¹¹ Dieses Wissenschaftsverständnis wird inzwischen nicht nur für natur-, technikwissenschaftliche Forschung, sondern auch für sozial- und geisteswissenschaftliche Forschung diskutiert. Auch die Geistes- und Sozialwissenschaften gehören nach Nordmann (2011b) ins Zeitalter der Technowissenschaften, sie entwickeln im Milieu der Technik robuste Umgangsweisen mit Folgeproblemen („zweite Moderne“).

Zunächst ist festzustellen, dass die Grenzen von Disziplinen nicht allein durch die Gegenstände zu definieren sind, sondern vor allem durch „die Art und Weise, wie wir theoretisch mit ihnen umgehen“ (Mittelstraß, 2005, S. 19). Dazu kommt, dass Disziplinen auch historisch bedingte Grenzen besitzen. Die Partikularisierung der Disziplinen und Fächer führt nach Mittelstrass (2005) jedoch auch zur Abnahme der Fähigkeit, noch in größeren wissenschaftlichen Einheiten zu denken. Disziplingrenzen werden so zu Erkenntnisgrenzen: „Grenzen der Fächer und Grenzen der Disziplinen, wenn man sie so überhaupt noch wahrnimmt, drohen mehr und mehr nicht nur zu institutionellen Grenzen, sondern auch zu Erkenntnisgrenzen zu werden“ (ebd., S. 18). Diese Erkenntnisgrenzen stellen sich in Bezug auf ganzheitliche Problem- und Fragestellungen der Wirklichkeit (z.B. Umwelt, Klimawandel, Energie, Gesundheit). Das Zentrum für Interdisziplinäre Forschung in Bielefeld stellt dazu fest: „Die Wirklichkeit hingegen, auf die sich die Forschung richtet, ist vielschichtig und komplex und nicht in Disziplinen eingeteilt. Deshalb können die meisten Fragen der Forschung nicht aus den einzelnen Fächern heraus gelöst werden“ (Vollmer, 2010, S. 47f).

Diese Entwicklung, auch als Asymmetrie von Problementwicklungen und disziplinären Entwicklungen bezeichnet, vergrößert sich durch die wachsende Spezialisierung der Disziplinen noch weiter (Mittelstrass 2005). Die Problementwicklungen selbst, die nach Lösungen verlangen, führen also zur Zusammenarbeit der Disziplinen. Das sich daraus ergebende Forschungs- und Wissenschaftsprinzip kollaborativer Zusammenarbeit wird nach Mittelstraß (2005) dort wirksam, wo eine rein fachliche oder disziplinäre Definition von Problemstellungen und deren Lösung nicht möglich ist¹².

Die Begriffe Inter- und Transdisziplinarität werden häufig synonym verwendet. Hier soll Interdisziplinarität als „Reaktion auf sich verändernde epistemische Anforderungen an Wissenschaft und Forschung, ein Versuch, wissenschaftlich geregelt und reflektiert mit hybriden Problemstellungen umzugehen - mit anderen Worten: ein Wissenschafts- und Forschungsprinzip“ (Bergmann, Jahn, Knobloch, Krohn, Pohl, & Schramm, 2010, S. 23) verstanden werden. Interdisziplinarität ist damit „ein integrationsorientiertes Zusammenwirken von Personen aus mindestens zwei Disziplinen im Hinblick auf gemeinsame Ziele, in welchem die disziplinären Sichtweisen zu einer Gesamtsicht zusammengeführt werden“ (IKAOE, 1999, 6). Der Begriff Transdisziplinarität fasst hingegen in Anlehnung an den wissenschaftssoziologischen Diskurs (z.B. Gibbons, Limoges, Nowotny, Schwartzman, Scott, & Trow, 1994) eine besondere Art der Interdisziplinarität, bei der auch Personen außerhalb des Wissenschaftssystems beteiligt sind.

Eine Trennung zwischen dem ursprünglich reinen Entdecken in den Naturwissenschaften und dem reinen Erfinden in den Ingenieurwissenschaften existiert im inter- und transdisziplinären Forschen und Entwickeln nicht mehr. Das technowissenschaftliche Ideal von Erkenntnis und Eingriff kommt also zum Tragen. Heute geht es um die wissenschaftsgeleitete Entwicklung und

¹² Wichtig ist jedoch zu betonen, dass die Engführung der Disziplinen zwar aufgehoben wird, das jedoch nicht zwangsläufig in einen neuen disziplinären Zusammenhang führen muss, sondern dass disziplinären Kompetenzen wesentliche Voraussetzungen für transdisziplinär definierte Aufgaben bleiben (Mittelstraß 2005). Gleichzeitig ist es aber möglich, dass aus den beteiligten Disziplinen neue Disziplinen entstehen, wie beispielsweise Biochemie, Mechatronik oder Bionik

Gestaltung neuer Produkte zur Lösung von hybriden Problemstellungen der Wirklichkeit. Inter- und Transdisziplinarität erfassen also problemorientierte Forschungen zur Lösung und/ oder Vermeidung gesellschaftlich relevanter Probleme (IKAOE, 1999, 6).

Moderne technische Artefakte können damit in ihrer Genese als Integrationsfigur oder Kondensationsprodukt der beteiligten Wissenschaften verstanden werden. Für natur- und technikwissenschaftliche Allgemeinbildung muss daher Interdisziplinarität didaktisch hinsichtlich Ziel, Inhalt und Methode und auch hinsichtlich ihrer Chancen und Risiken reflektiert werden.

2.3.3 Interdisziplinarität als wissenschaftspolitische Forderung in Forschung und Lehre

Euler sieht in der wissenschaftspolitischen Forderung nach Interdisziplinarität in der Wissenschaft eine Reaktion „auf die sich verselbständigende (unreflektierte, G.G.) Ausdifferenzierung des Wissenschaftssystems, mit der Folge der Preisgabe der Prinzipien der Einheit von Forschung und Lehre und der Idee der Einheit der Wissenschaften“ (Euler, 2005, S. 64). Euler begreift Interdisziplinarität damit als Wiederaufnahme der Bildungsdimension in der Wissenschaft, wenn er von „Re-Vision der Wissenschaft unter den Bedingungen ihrer unreflektierten Ausdifferenzierung und gesellschaftlichen Funktionalisierung“ (ebd.) spricht. Mit der Forderung nach Interdisziplinarität solle „die für die Forschung notwendige Freiheit mit ihrem einzig sie legitimierenden Zweck, dem der humanen Menschheitsentwicklung, in Übereinstimmung gebracht werden“ (ebd.). Insofern kann man unter Bezugnahme auch auf Gehring (2013) für den Wissenschaftsbetrieb von zwei Anforderungsbereichen sprechen:

- Interdisziplinarität in der Forschung: Forderung nach Einbezug relevanter Wissenschaften bei der Lösung von Problemstellungen mit gesellschaftlicher Relevanz.
- Interdisziplinarität in der Lehre: Forderung nach Wiederherstellung der Einheit von Forschung und Lehre, d.h. Vorbereitung der Studierenden durch disziplinäres und interdisziplinäres Arbeiten auf eine veränderte Wissenschaftskultur.

Das heißt, es kann eine Unterscheidung hinsichtlich der Intention vorgenommen werden: In der Forschung geht es mit der arbeitsteiligen Zusammenarbeit von Wissenschaftlern verschiedener Disziplinen um die gemeinschaftliche Lösung von hybriden Problemen. In der Lehre hingegen geht es primär im Sinne von Wissenschaftspropädeutik um die Kompetenzentwicklung der Studierenden, was interdisziplinäre Kompetenz als Fähigkeit zur Zusammenarbeit unterschiedlicher Experten einschließt. Interdisziplinarität kann damit als ein didaktisches Prinzip verstanden werden, das einerseits inhaltlich und andererseits methodisch gefasst werden muss. Interdisziplinarität als Studieninhalt umfasst dabei sowohl das wissenschaftstheoretische Konstrukt zu Interdisziplinarität als auch spezifische Ausformungen konkreter interdisziplinärer Problem-Lösungs-Zusammenhänge aus der Wissenschaft. Interdisziplinarität als Methode hingegen fokussiert auf die Art und Weise der Aneignung (Konstruktion) und Vermittlung (Instruktion) der Studieninhalte. Das reicht von projektorientierten Studienphasen in gemischten Teams zur Lösung hybrider Probleme bis hin zu interdisziplinären Dozententeams. Hier ist die Lösung eines Problems nur der Weg, um letztendlich individuelle Fähigkeiten zu entwickeln und Wissen zu erwerben, was auch ein Arbeiten in interdisziplinären Teams einschließt.

Wenn Wissenschaftspropädeutik in der Allgemeinbildung und dabei insbesondere im Sekundarbereich II ein wesentlicher Unterrichtsbestandteil sein soll, muss Didaktik auch Interdisziplinarität im Unterricht verorten. Eine inhaltliche und methodische Orientierung an Problemen und Problemlösungen wäre eine Rahmenbedingung für interdisziplinärpropädeutischen Unterricht. In Abhängigkeit von der Komplexität der Problemstellung können Wissen und Fähigkeiten der Lernenden schrittweise entwickelt werden. Dabei kann es jedoch auch aus methodischer Sicht nur um Einblicke in interdisziplinäres Arbeiten gehen. Wissenschaftliches Arbeiten in der Schule hat Grenzen.

2.4 Wandel des pädagogischen Denkens und Handelns

Ein bedeutender Bezugspunkt der Fachdidaktiken liegt nicht zuletzt in den Lernenden selbst, d.h. wie man ihnen durch Lehren und Lernen Enkulturation ermöglicht. Daher ist es nur konsequent, sich mit Diskussionen zu veränderten Sichtweisen pädagogischen Denkens und Handelns auseinanderzusetzen.

2.4.1 Wandel von einer linear-deterministischen Sichtweise zu einer systemisch-konstruktivistischen Sichtweise

Der kritische Diskurs zur konstruktivistischen Pädagogik führte zu der Erkenntnis, dass die Positionen zum Konstruktivismus am ehestens in einem Wechsel in der pädagogischen Grundhaltung festgemacht werden können, ohne dabei die Grenzen des Konstruktivismus zu übersehen (Glaserfeld 1996, 285; Reich 2000, 285f; Voß 1998; Balgo/Voß 1997; Terhart 1999, 57f; Krüssel 1995, 136; Lindemann, 2006, 200). Diesen Wandel kennzeichnet Lindemann als einen Wandel von einer linear-deterministischen Sichtweise zu einer systemisch-konstruktivistischen Sichtweise, die anstelle einer Vereinheitlichung einer Vielfalt von „Lebenswelten, Kulturen, Erziehungsmöglichkeiten und -entwürfen“ zu einem reflexiven Umgang mit Ähnlichkeiten und Differenzen auffordert (Lindemann 2006, 202).

Betrachtet man nun die Aspekte der pädagogischen Grundhaltungen unter der Perspektive eines Lernbereiches zu Technik und unter Berücksichtigung des Wandels der Wissenschaftskultur zur Technowissenschaft, dann wird auch bei einem nur flüchtigen Blick deutlich, dass viele der Aspekte einer systemisch-konstruktivistischen Grundhaltung zutreffen. So geht es aus der erkenntnistheoretischen Sichtweise nicht um Erkenntnis als Abbildung, sondern um Erkenntnis als gedankliche Konstruktion, die im Zusammenspiel zwischen gegenständlicher Konstruktion eines Artefaktes auf der einen Seite und Antizipation und Reflexion der gegenständlichen Konstruktion auf der anderen Seite entsteht. Es geht ebenfalls nicht allein um „richtig“ oder „falsch“, sondern um Relevanz bzw. Viabilität oder Unviabilität, nicht um Objektivität, sondern um Relativität in dem Spannungsfeld zwischen naturgesetzlich Möglichem, technisch und technologisch Machbaren, dem ethisch, ökologisch und sozial Vertret- und Wünschbaren, dem ökonomisch Vernünftigen und dem politisch Durchsetzbaren. Auch bezüglich eines pädagogischen Perspektivenwechsels kommt man mit einem Lernbereich zu Technik den Aspekten einer systemisch-konstruktivistischen Grundhaltung sehr nah. So ist Technik auch immer ein Ausdruck des Vorhandenseins verschiedener Lösungswege und nicht nur eines richtigen Lösungsweges. Dieses Merkmal scheint für das pädagogische Potential von Technik

und Technikentwicklung prädestiniert zu sein. Dieses Feld bietet darüber hinaus vielfältige Anlässe und Anregungen für Fragen, anstelle nur Antworten zu geben. Insbesondere technische Problemstellungen bzw. Fehler oder auch technische Störungen können einerseits als Ausgangspunkt und Anlass der Entwicklung und Weiterentwicklung der Technik selbst gesehen werden, können andererseits aber auch zur individuellen Entwicklung und Weiterentwicklung der Problemlöser selbst angesehen werden.

Sowohl der erkenntnistheoretische als auch der pädagogische Perspektivenwechsel von einer linear-deterministischen zu einer systemisch-konstruktivistischen Sichtweise bietet die Chance, die didaktischen Potentiale der Auseinandersetzung mit Technik und Technowissenschaften zu erkennen und anzuerkennen.

2.4.2 Konstruktion, Rekonstruktion und Dekonstruktion

Im Zusammenhang mit der systemisch-konstruktivistischen Betrachtungsweise soll auf die von Reich (2005) entwickelten Beobachterperspektiven (Konstruktion, Rekonstruktion und Dekonstruktion) hingewiesen werden, da sie geeignet scheinen, das Feld von Technik unter einer geänderter didaktischen Perspektive erschließen zu können. Reich schließt in seiner systemisch-konstruktivistischen Pädagogik an neuere Erkenntnisse der Erkenntnistheorie, fordert Konsequenzen von der Pädagogik hinsichtlich eines Verzichts auf geschlossene, abbildende, ganzheitliche Weltbilder und einer pädagogischen Haltung, die Lernenden Selbstvertrauen und Mut für die eigene konstruktive Erkenntnistätigkeit gibt (ebd., S.119). Diese konstruktive Erkenntnistätigkeit sieht er in einem didaktischen Zirkel von drei Denk- und Handlungsweisen: Konstruktion, Rekonstruktion und Dekonstruktion. Im Zentrum stehen Konstruktionen ideeller oder materieller Art, die selbst entwickelt werden (Konstruktion), die entdeckt werden (Rekonstruktion) oder infrage gestellt werden (Dekonstruktion).

Konstruktion: Reich (2005) misst der Konstruktion eine zentrale Bedeutung zu und gibt ihr das Motto: Wir sind die Erfinder unserer Wirklichkeit: Lernende sollten, wann immer es geht, auf der Grundlage eigener Interessen, Motivationen und Intentionen eigene Erfahrungen machen, eigene Fragen formulieren, eigenen Ideen entwickeln, selbst ausprobieren und experimentieren und dabei zu eigenen ideellen und auch materiellen Konstrukten kommen. Konstruktionen materieller Art beruhen dabei auf Konstruktionen ideeller Art und wirken wieder auf das ideelle Konstrukt zurück. Damit knüpft Reich direkt an Piagets Entwicklungstheorie an, die Kinder vor allem als aktiv Lernende begreift. Konstruktion in erkenntnistheoretischen Verständnis ist dabei sehr eng mit Kreativität und auch Kreativitätsförderung verbunden.

Rekonstruktion: Nicht alle Erkenntnis kann in der zur Verfügung stehenden Zeit und angesichts der zunehmenden Wissensvermehrung von jedem durch eigene Konstruktion gewonnen werden. Daher betont Reich (2005) die Notwendigkeit des Rekonstruierens dessen, was bereits von anderen konstruiert wurde. Das Motto lautet: Wir sind die Entdecker unserer Kultur. Dabei soll auch gefragt werden, wann, wo, von wem, unter welchen Umständen, mit welchen Mitteln und welchen Intentionen ideelle und materielle Konstrukte entstanden sind. Die eigene Motivation beim Rekonstruieren sowie das Herausfinden der Motivation des Erfinders, dessen Erfindung nachentdeckt wird, beeinflussen den Lernerfolg positiv (ebd). Beim Rekonstruieren

geht es also um die Auseinandersetzung mit fremden Konstruktionen ideeller und materieller Art, um zu Erkenntnissen zu gelangen.

Dekonstruktion: Das Dekonstruieren schließt den Kreis zum Konstruieren und Rekonstruieren, denn hier werden die eigenen Konstruktionen oder fremden Konstruktionen in Frage gestellt und kritisch hinterfragt, um „Gegensätzliches, Andersartiges, Hintergründiges, Zwiespältiges“ (Kron, 2004) aufzudecken. Das Motto der Dekonstruktion lautet daher: Es könnte anders sein! Wir sind die Enttarnen unserer Kultur! Reich (2005) geht es jedoch beim Dekonstruieren nicht einfach nur um „skeptischen Zweifel“, sondern vor allem um mögliche andere Blickwinkel, die in der Konstruktion des Anderen nicht gesehen wurden. Daher betont er auch die Notwendigkeit konstruktiver Schlussfolgerungen.

Diese didaktischen Grundfiguren aus der systemisch-konstruktivistischen Pädagogik scheinen geeignet, sie für eine Auseinandersetzung mit Technik und Technowissenschaften zu verwenden (vgl. Graube 2009, Graube 2013a, Graube & Mammes 2013).

3 Konsequenzen und Herausforderungen

Die Betrachtung der Bezugsgrößen der Fachdidaktik für den Enkulturationsbereich Natur und Technik hat gezeigt, dass es zu gravierenden Veränderungen in der Gesellschaft, der Wissenschaftskultur und auch der Pädagogik gekommen ist. Wenn man nun unter einem Paradigma in Anlehnung an Kron (2004) die Ansammlung von wissenschaftlicher Erkenntnis und auch grundlegender Interpretationen des Verhältnisses des Menschen zur Welt versteht, dann müssen wir Paradigmenwechsel auf unterschiedlichen Ebenen zur Kenntnis nehmen und daraus auch fachdidaktische Konsequenzen ziehen.

Dazu gehören a) zunächst die angemessene Reflexion der Paradigmenwechsel selbst und b) eine anschließende Weiterentwicklung didaktischer Ansätze und Modelle bis hin zu einem fachdidaktischen Paradigmenwechsel. Fachdidaktiken müssen sich als Reflektionsinstanz verstehen. Diese Reflexion im Bildungssystem ist jedoch noch in den Anfängen (acatech und VDI, 2009). Das gilt sowohl für die Bildungswissenschaften als auch für die Fachdidaktiken im speziellen. Zurzeit zeichnen sich drei Wege unterschiedlicher Reichweite ab, die insbesondere Auswirkungen auf den Stellenwert und Bildungsgehalt technischer Allgemeinbildung haben und haben werden (Graube, 2013b):

1. Man verschließt die Augen vor dem Paradigmenwechsel und bleibt bei einer vornehmlich traditionellen Betrachtungsweise der Wissenschaften, also der Trennung in kausal orientierte und final orientierte Wissenschaften, so wie sie bisher ihren Niederschlag in den Fachdidaktiken und in den Unterrichtsfächern gefunden haben.

2. Der Paradigmenwechsel wird in jeder Fachdidaktik unabhängig voneinander reflektiert und daraus werden ggf. neue fachdidaktische Modelle abgeleitet. So würden aber das neue Arbeits- und Forschungsprinzip der Interdisziplinarität und der Charakter der Technowissenschaften nicht Eingang finden können. Und damit würden didaktische Potentiale technischer Allgemeinbildung und technikdidaktische Prinzipien weiterhin ohne ausreichende Berücksichtigung bleiben.

3. Der Paradigmenwechsel wird fachdidaktisch interdisziplinär reflektiert. Nur so kann sowohl das neue Arbeits- und Forschungsprinzip der Interdisziplinarität als auch der Wandel der Wissenschaftskultur zur Technowissenschaft ausreichend Eingang in didaktische Modelle finden. Nur so kann die wechselseitige Durchdringung und Vermischung von Erkenntnis- und Anwendungsorientierung aus Natur- und Ingenieurwissenschaften Berücksichtigung finden. Und nur so kann das didaktische Potential der Auseinandersetzung mit Technik und Technikentwicklung Eingang finden und zu didaktischen Innovationen¹³ führen.

Re-Definitionen einer Didaktik als Technoscience Education, die allein aus einer einzelnen Didaktik heraus entwickelt werden¹⁴ (beispielsweise der Physik), bergen die Gefahr der Nichtwahrnehmung der noch zu entdeckenden didaktischen Potentiale der Technowissenschaften. Diese sind, wie gezeigt, primär auf Innovation ausgerichtet und folgen nicht dem klassischen Bild der erkennenden Wissenschaft – das muss seinen Niederschlag in der Didaktik finden. Darüber hinaus besteht, wenn Technikdidaktik ausgeblendet wird, die nicht geringe Gefahr der weiteren Marginalisierung von technischer Allgemeinbildung bzw. der Vereinnahmung von Technik ohne Berücksichtigung wesentlicher Inhalte technischer Allgemeinbildung und ohne Wahrnehmung didaktischer Potentiale dieses Bereiches. Didaktiker der Naturwissenschaften beginnen aber, die Notwendigkeit einer Gleichbehandlung von Naturwissenschaft und Technik zu sehen: So fordert beispielsweise Tesch: „Science and technology should be treated equally in education“ und stellt fest: „Science and technology are strongly interdependent“ (Tesch, 2011).

Ein Ansatz zur Technoscience Education im Bereich Natur und Technik kann nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit der Didaktiken von Natur und Technik zu einem didaktisch innovativen Bereich der Allgemeinbildung entwickelt werden. Das muss als Chance für alle begriffen werden. Ein interdisziplinäres Herangehen ist nach Mittelstraß (2005) jedoch an die Grundvoraussetzung geknüpft, uneingeschränkt lernen zu wollen und bereit zu sein, die eigenen disziplinären Vorstellungen zur Disposition zu stellen. Dazu gehört in Anlehnung an Euler (2005) auch eine Revision der Ausdifferenzierung der Fachdidaktiken und ihrer traditionellen gesellschaftlichen Funktionalisierung ohne jegliche Tabuisierung. Die Erarbeitung eigener interdisziplinärer Kompetenz erfordert die Auseinandersetzung mit anderen disziplinären Ansätzen insbesondere auch neuer Ansätze aus der Technikdidaktik (Graube 2009, Graube, 2013b/ c, Graube & Mammes 2013, Theuerkauf 2013).

4 Fazit

Der Wandel in der Wissenschaftskultur hin zu Technowissenschaften muss fachdidaktisch interdisziplinär auch in der Allgemeinbildung reflektiert werden. Nur so kann sowohl das neue Arbeits- und Forschungsprinzip der Interdisziplinarität als auch der Wandel der Wissenschaftskultur zur Technowissenschaft ausreichend Eingang in didaktische Modelle finden. Nur so kann die wechselseitige Durchdringung und Vermischung von Erkenntnis- und

¹³ Die Perspektive der didaktischen Innovation der Naturwissenschaften durch den Einbezug technischer Themen postulieren BUHR UND HARTMANN (2008) ohne nähere Konkretisierung.

¹⁴ Vgl. für die Physikdidaktik Tala (2009).

Anwendungsorientierung aus Natur- und Ingenieurwissenschaften Berücksichtigung finden. Der stattfindende pädagogische Paradigmenwechsel kann diese Entwicklung befördern.

Wenn darüber hinaus Forderungen nach interdisziplinärer Gestaltung von Unterricht und problem-, prozess- und produktorientiertes Lernen gestellt werden, liegt nichts näher, als das mit einem interdisziplinär entwickelten Technoscience Education-Ansatz umzusetzen. Das schließt ein, sich mit dessen Potentialen und auch Grenzen auseinanderzusetzen. Ein solcher Ansatz könnte nicht nur Antworten für die eingangs beschriebene, didaktisch kaum gefasste MINT- bzw. Lernbereichs-Problematik finden, sondern darüber hinaus auch Anstöße zur Weiterentwicklung der Fachdidaktiken für Technikunterricht und Unterricht in den Naturwissenschaften geben.

Notwendig ist der Aufbau einer interdisziplinären fachdidaktischen Entwicklungsforschung, die sich vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Veränderungen von Wissenschaft und Technik und dem damit verbundenen Veränderungsdruck auf Bildungsprozesse in Schule mit Zielen, Inhalt und Methoden von Unterricht im Rahmen von Allgemeinbildung auseinandersetzt und die dazu sowohl die Allgemeine Didaktik, die Fachdidaktiken zu Natur und Technik als auch die Fachwissenschaften einbezieht.

5 Literaturverzeichnis

acatech und VDI. (2009). *Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften*. München/ Düsseldorf: acatech und VDI.

Ahrens, S. (2005). *Bildung, Naturwissenschaft und Technik: zur bildungstheoretischen Bedeutung der neueren Wissenschafts- und Technikforschung*. Münster: Waxmann Verlag.

Bergmann, M., Jahn, T., Knobloch, T., Krohn, W., Pohl, C., & Schramm, E. (2010). *Methoden transdisziplinärer Forschung. Ein Überblick mit Anwendungsbeispielen*. Frankfurt/ Main: Campus Verlag.

Botkin, J., Mahdi, E. M., & Malitza, M. (1979). *Das menschliche Dilemma. Zukunft und lernen. (Club of Rome, Bericht über die achtziger Jahre)*. Wien, München, Zürich, Innsbruck: Molden.

Buhr, R., & Hartmann, E. A. (2008). *Technische Bildung für Alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik*. Berlin: Institut für Innovation und Technik.

Duddeck, H. (2010). *Aus Schaden wird man klug ...? Wie Technik Wissen gewinnt*. In K. Kornwachs, *Technologisches Wissen - Entstehung, Methoden, Strukturen* (17 - 36). Berlin/ Heidelberg: Springer.

Euler, M. (2005). *Interdisziplinarität als kritisches „Bildungsprinzip“ der Forschung: methodologische Konsequenzen. Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis*. Nr. 2, (63 – 68). http://www.tatup-journal.de/tatup052_eule05a.php, Stand vom 17.02.2014.

Euler, M. (2008). *Situation und Maßnahmen zur Förderung technischer Bildung in der Schule*. In R. Buhr & E. A. Hartmann, *Technische Bildung für alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik* (67 - 104). Berlin: VDI/VDE Innovation und Technik.

- Fink, E. (1965). Zur Bildungstheorie der technischen Bildung. In H. Roth, Technik als Bildungsaufgabe der Schulen (33 - 50). Hannover u.a.: Hermann Schroedel Verlag.
- Fischer, G. H. (1965). Einige didaktische Gedanken zur Technik als Bildungsanliegen bei der Neugestaltung des Gymnasiums. In H. Roth (Hrsg.), Technik als Bildungsaufgabe der Schule (117 - 133). Hannover u.a.: Hermann Schroedel Verlag.
- Graube, G. (2009). Technik und Kommunikation - ein systemischer Ansatz technischer Bildung. Göttingen: Cuvillier Verlag.
- Graube, G. (2013a). Erfinden, Entdecken und Enttarnen. Didaktische Leitfragen für die Auseinandersetzung mit Basiskonzepten der Technik. In I. Mammes (Hrsg.): Technisches Lernen im Sachunterricht. Nationale und internationale Perspektiven (22 – 44). Hohengehren: Schneider-Verlag.
- Graube, G. (2013b). Technoscience und Technoscience Education. Zum Paradigmenwechsel didaktischer Bezugsgrößen. <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00048892> (urn:nbn:de:gbv), Stand vom 17.02.2014.
- Graube, G. (2013c). Das Verhältnis von Natur und Technik in der Technischen Bildung. Zur Reflexion von Inter- und Transdisziplinarität. In W. Bienhaus & W. Schlagenhaut (Hrsg.), Technische Bildung im Verhältnis zur naturwissenschaftlichen Bildung (50 – 65). Offenbach am Main: BE.ER-Konzept.
- Graube, G. & Mammes, I. (2013). Didaktisches Konzeption eines interdisziplinären Ansatzes „Natur und Technik“ für die Gymnasialklassen fünf und sechs. In: UNR: nbn:de:gbv. <http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00054672>, Stand vom 17.02.2014.
- Schmidt, J. C. & Grunwald, A. (2005). Method(olog)ische Fragen der Inter- und Transdisziplinarität. Wege zu einer praxisstützenden Interdisziplinaritätsforschung. Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis Nr. 2, 14. Jg. (4 – 11). http://www.tatup-journal.de/tatup052_grsh05a.php. Stand vom 17.02.2014.
- Hermann, A. (2010). Das Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik in historischer Sicht [1976]. In W. König, Technikgeschichte (47 - 55). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Hilligen, W. (1991). Didaktische Zugänge in der politischen Bildung. Schwalbach/ Ts.: Wochenschau Verlag.
- Horwitz, H. T. (2010). Forschungsgang und Unterrichtslehre der Geschichte der Technik (Methodologie der Technohistorie) [1929]. In W. König, Technikgeschichte (29 - 45). Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Jungert, M., Romfeld, E., Sukopp, T. & Voigt, U. (2010). Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme. Darmstadt: WBG.
- König, W. (1999). 100 Jahre "Dr.-Ing.". Ein Ritterschlag der Wissenschaft. Das Promotionsrecht der Technischen Hochschulen und der VDI Verein Deutscher Ingenieure. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.
- König, W. (2010). Technikgeschichte. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.

- Kron, F. W. (2004). *Grundwissen Didaktik*. München: Ernst Reinhardt.
- Lindemann, H. (2006). *Konstruktivismus und Pädagogik*. München: Ernst Reinhard Verlag.
- Mainzer, K. (2010). Interdisziplinarität und Schlüsselqualifikationen in der globalen Wissensgesellschaft. In M. Jungert, E. Romfeld, T. Sukopp & U. Voigt, *Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme (VII - X)*. Darmstadt: WBG.
- Matschoß, C. (2010). *Geschichte der Technik (1898)*. In W. König, *Technikgeschichte (25 - 27)*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Mittelstraß, J. (2005). *Methodische Transdisziplinarität. Technikfolgenabschätzung*. In *Theorie und Praxis (18 - 23)*. http://www.tatup-journal.de/tatup052_mitt05a.php, Stand vom 17.02.2014.
- Mogalle, M. (2001). *Management transdisziplinärer Forschungsprozesse*. Basel: Birkhäuser (Themenhefte SPP).
- Nordmann, A. (2005). Was ist TechnoWissenschaft? Zum Wandel der Wissenschaftskultur am Beispiel von Nanoforschung und Bionik. In T. Rossmann & C. Tropea, *Bionik: aktuelle Forschungsergebnisse in Natur-, Ingenieur- und Geisteswissenschaften (209-218)*. Berlin: Springer.
- Nordmann, A. (2010). A Forensics of Wishing: Technology Assessment in the Age of Technoscience. In *Poiesis & Practice 7/1-2 (5-15)*.
- Nordmann, A. (2011a). Was wissen die Technowissenschaften? In C. Gethmann, *Lebenswelt und Wissenschaft (566-582)*. Hamburg: Felix Meiner Verlag.
- Nordmann, A. (2011b). *Technowissenschaftliche Wissensproduktion. Erkenntnis und Innovation zwischen Weltaufklärung und Prozessbeteiligung*. Vortrag in Dortmund. <http://www.sfs-dortmund.de/v2/dokumente/projekte/mantra/Nordmann>, Stand vom 11. 12 2012.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H. (2003). *Konstruktionslehre. Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung*. 5.Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Pätzold, G. & Reinisch, H. (2010). *Didaktik der beruflichen Fachrichtungen*. In R. Nickolaus, G. Pätzold, H. Reinisch & T. Tramm, *Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik (160-1681)*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Posner, R. (2008). *Kultursemiotik*. In A. Nünning, *Metzler-Lexikon Literatur- und Kulturtheorie. Ansätze - Personen - Grundbegriffe (39-72)*. Stuttgart/ Weimar. 4. Auflage.
- Reich, K. (2005). *Systemisch-konstruktivistische Pädagogik. Einführung in Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.
- Ropohl, G. (2010). *Zum Technikbegriff eines generalistischen Technikunterrichts (1979)*. In W. König, *Technikgeschichte (153 - 167)*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag.
- Roth, H. (1965). *Technik als Bildungsaufgabe der Schulen*. Hannover: Hermann Schroedel Verlag.

Schaub, H. & Zenke, K. G. (2004). Wörterbuch Pädagogik. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.

Tala, S. (2009). Unified View of Science and Technology for Education: Technoscience and Technoscience Education. In Science & Education (2009) 18 (3-4), (275 - 298).

Tesch, M. (2011). The Vision of „TechnoScience“ Education for the Knowledge-Based Society.

http://www.uio.no/forskning/tverrfak/kis/aktuelt/arrangementer/2011/visions/thursday_3_Tesch.pdf, Stand vom 11. 12 2012.

Telekom (2012): MINT-Fachdidaktiken in Deutschland. Eine Experteneinschätzung zur aktuellen Situation. Bonn: Deutsche Telekom Stiftung.

Theuerkauf, W.E. (2013). Prozessorientierte Technische Bildung. Ein transdisziplinäres Konzept. Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag.

VDI (2012). Technische Allgemeinbildung stärkt den Standort Deutschland. <http://www.vdi.de/bildung/technische-allgemeinbildung-staerkt-den-standort-deutschland/> , Stand vom 30. 01 2013.

Völker, H. (2004). Von der Interdisziplinarität zur Transdisziplinarität. In F. Brand, F. Schallerm & H. Völker, Transdisziplinarität. Bestandsaufnahme und Perspektiven (9 - 29). Göttingen: Universitätsverlag.

Vollmer, G. (2010). Interdisziplinarität - unerlässlich, aber leider unmöglich? In M. Jungert, E. Romfeld, T. Sukopp & U. Voigt, Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme (47 - 75). Darmstadt: WBG.

Autorin

PD habil. phil. Dr.-Ing. Gabriele Graube

TU Braunschweig, Institut für Erziehungswissenschaft

Bienroder Weg 97, 38106 Braunschweig

g.graube@tu-braunschweig.de

Zitieren dieses Beitrages: Graube, G.. (2014): Wissenschaft und Technik. Zur Reflektion von Technoscience und Interdisziplinarität in der Allgemeinbildung. Journal of Technical Education (JOTED), Jg. 2 (Heft 1), S. 129-148.