

DGTB



Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V.

(Hrsg.)

**Inhalte zeitgemäßen
Technikunterrichts
Strukturierung
und
Präzisierung**

12. Tagung der DGTB in Potsdam
vom 23. – 24. September 2010

Redaktion Wolf Bienhaus

WOLF BIENHAUS (Redaktion)

**Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts –
Strukturierung und Präzisierung**

DGTB
Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V.
(Hrsg.)

Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts Strukturierung und Präzisierung

**12. Tagung der DGTB in Potsdam
vom 23. – 24. September 2010**

Redaktion Wolf Bienhaus

© Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung e.V.

1. Vorsitzender Prof. Dr. Wilfried Schlagenhauf
Pädagogische Hochschule Freiburg. Institut für Technik, Haushalt und
Textil. Abteilung Technik. Kunzenweg 21, 79117 Freiburg

**Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck oder Vervielfältigung von Text
oder Bildern sowie Verbreitung über elektronische Medien, auch aus-
zugsweise, nur mit ausdrücklicher Genehmigung der DGTB**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	8
Einleitung	9
 Eröffnungsvortrag	
Meier, Bernd / Jakupec, Victor	
Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts - Strukturierung und Präzisierung	16
 Einzelbeiträge	
(1) Grundlegende Klärungen	
 Binder, Martin	
Handeln als Inhalt des Technikunterricht	31
 Heitzmann, Anni	
Forschungsprojekt ‚extreTu‘ (expliziter, reflektierter Technikunterricht)	43
 Höpken, Gerd	
Bezugswissenschaften und Inhaltsfelder für den Technikunterricht.....	59
 Mette, Dieter	
Typische Betrachtungsweisen von Technik als Inhaltselement technischer Bildung	73
 Wiesmüller, Christian	
Zur ästhetischen Komponente technischer Bildung	84

(2) Integration der Inhaltskonzepte fachdidaktischer Ansätze

Graube, Gabriele

Ein systematischer Ansatz Technischer Bildung 98

Meschenmoser, Helmut / Theuerkauf, Walter

Perspektiven Technischer Bildung im internationalen Kontext -
Wo wir stehen und wo wir hin wollen 109

(3) Konkretisierung bewährter Inhaltsfelder

Czech, Olaf

Bildung und nachhaltige Entwicklung im Technikunterricht 121

Fischer, Anja / Liermann, Angelika

Wasser, Elektrizität, Wärme - Gemeinsamkeiten und Unterschiede
bei der theoretischen Betrachtung 135

Jucknischke, Ulrich

Qualitätssicherung in der Hand von Schülern..... 146

Lehmke, Johannes / Winter, Stephan

Schaltungsentwicklung
mit dem „Elektronischen Baukastensystem“ 152

Rikowski, Sebastian

Die Darstellung technischer Inhalte
mit Flash-Animationen 164

Weber, Thomas

Automatisierungstechnik im Unterricht 169

(4) Innovation, Erweiterung

Dutz, Katharina / Meiners, Reinhard / Reich, Gert

Die Integration der Technikbewertung

in den Technikunterricht.....178

Röben, Peter

Technische Umweltbildung und

die Ölkatastrophe im Golf von Mexiko.....199

Schäfer, Heiko

Mensch-Technik-Beziehungen analysieren:

Aktive und passive Sicherheitstechniken am Kfz213

Vogler, Andreas

RFID – radiofrequente Identifizierung begreifen219

Autorenverzeichnis.....232

Vorwort

Die Deutsche Gesellschaft für Technische Bildung war mit ihrer 12. Jahrestagung vom 23. – 24. 09. 2010 diesmal zu Gast an der Universität Potsdam. Die Organisation vor Ort hatte dankenswerter Weise BERND MEIER mit seinem Team übernommen, so dass allenthalben von einem gelungenem Rahmen der Tagung gesprochen werden kann.

Der Tagungstitel, *„Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts – Strukturierung und Präzisierung“*, knüpfte unmittelbar an die Karlsruher Tagung 2009 an, nachdem es allgemeiner Konsens war, das Karlsruher Tagungsthema müsse eine weitere Vertiefung einer Präzisierung und Strukturierung hinsichtlich der verbindlichen Inhalte für einen allgemeinbildenden Technikunterricht erfahren. Hierzu schrieb WILFRIED SCHLAGENHAUF, derzeitiger 1. Vorsitzender der DGTB in der Tagungsankündigung: *„Es wird dabei zum einen um Konkretisierung und Veranschaulichung anhand geeigneter Beispiele gehen, zum anderen um die Frage, wie der enge Zusammenhang von Bildungszielen und Kompetenzen einerseits und Bildungsinhalten andererseits gesichert werden kann, also immer auch darum, welchen Beitrag Technische Bildung im Rahmen einer Allgemeinen Bildung leisten kann.“* Inwieweit dieses hochgesteckte Ziel bei den doch nach wie vor bestehenden unterschiedlichen Vorstellungen, die Inhalte und ihre Struktur betreffend, erreicht werden konnte oder streckenweise verfehlt wurde, muss der Leser anhand dieser Tagungsdokumentation entscheiden, die alle vorgetragenen Beiträge enthält.

In jedem Fall ist wieder eine durchaus beeindruckende Reihe sehr interessanter Denkanstöße und Diskussionsbeiträge zur Inhaltsproblematik der allgemeinen technischen Bildung zusammengekommen, die einer weiteren Vertiefung Wert sind. Die Beiträge aus der schulischen Praxis und solche, die unmittelbar auf diese ausgerichtet sind, sind in vielfacher Hinsicht als innovativ zu bezeichnen und erweitern bzw. vertiefen das Inhaltsspektrum unseres Faches in erfreulicher Weise.

Der Vorstand der DGTB dankt allen, die ihren persönlichen Beitrag für das Gelingen dieser Tagung erbracht haben und bringt die Hoffnung zum Ausdruck, dass auch dieser Tagungsband die Sache der allgemeinen technischen Bildung ein weiteres Stück vorangebracht hat und zukünftig bringen wird.

Vorstand der DGTB

Wolf Bienhaus

Zur Einführung

Wenn man die grundlegenden Beiträge dieser Tagung insgesamt in den Blick nimmt, lässt sich ein beinahe durchgehendes Muster für die Lösungsansätze, für die hier Vorschläge vorgestellt wurden, erkennen. Allgemeine technische Bildung wird meist in einem übergreifenden, fächerverbindenden oder integrierenden Allgemeinbildungskontext gesehen und zwar zusammen mit natur-, gesellschafts- und wirtschaftswissenschaftlicher und auch mit einer auf die Erschließung der Arbeitswelt bezogenen Bildung. Neu hierbei erscheint, dass nicht sosehr das Moment der Abgrenzung in den Vordergrund gerückt wird, sondern dass eher ein Bemühen spürbar wird und explizit auch ausgesprochen wird, Überschneidungsfelder und Berührungsbereiche auszuweisen, wobei aber auch die *Spezifika und Alleinstellungsmerkmale von Technik als Bildungsgegenstand* nicht außer acht gelassen werden sollten, wie GABRIELE GRAUBE in ihrem Beitrag anmerkt. In Bezug auf die naturwissenschaftliche Bildung wird somit bereits eine Marschroute vorgegeben, die auf das kommende, projektierte Tagungsthema hinweist.

Erst noch vereinzelte bildungspolitische Aktivitäten in wenigen Bundesländern konkretisieren eine fachliche Zusammenführung von technischer und naturwissenschaftlicher Bildung, ohne allerdings ausreichender Klärung der jeweiligen bildungstheoretischen Grundlagen und Voraussetzungen, ohne die im höchsten Maße unverzichtbare Abklärung der *Spezifika und Alleinstellungsmerkmale* der beteiligten Fachwissenschaften und Fachdidaktiken. Gleiches gilt selbstverständlich auch für die weiteren ‚Nachbarfächer‘, die die gesellschafts- und Arbeitswelt bezogenen Inhalte vertreten. Hier liegt eine immer wieder zu Recht kritisierte, kardinale Unterlassung heutiger Curricula-Entwicklung. Einerseits ist die willkürliche Ausgrenzung elementarer Bildungsinhalte in sog. Fächerverbünde, Lernfelder oder Gegenstandsbereiche festzustellen andererseits fehlt es an einer sachgerechten Abstimmung der beteiligten Fächer im Hinblick auf die Gesamtheit der als zentral angesehenen Inhalte. Möglicherweise hat die starke Konzentration der Bildungsdiskussion auf Kompetenzen und sog. *outcomes* versus *inputs* den Blick für dieses Kernproblem verstellt. Fächerverbünde oder Lernfelder sind leider oft vom Dominanzstellen einzelner Fächer geprägt, so dass die gerade in Verbünden so wichtigen Fachprofile teilweise verloren gehen. Dies betrifft bedauerlicherweise auch die technische Bildung, die zunehmend von anderen Fächern (insbes. Physik, Arbeitslehre, Informatik aber auch Sachunterricht), zunehmend ‚mitversorgt‘ wird. Dies mag auch

Folge eines bis dato nicht zustande gekommenen einvernehmlichen Inhaltskanon für den Technikunterricht sein und dort, wo sich ein solcher abzeichnet, die Vermittlung nach außen, zu den bildungspolitischen Entscheidungsträgern, bisher nicht oder nicht ausreichend gelungen ist. Man muss abwarten, inwieweit die Lehrerbildung zukünftig länderübergreifende gemeinsame inhaltliche Standards realisiert, wie sie von der DGTB der KMK vorgeschlagen worden sind. Im Falle ihrer Umsetzung werden aber noch einige Jahre vergehen müssen, bis eine solche Initiative wirksam wird, d.h. bei den Schülerinnen und Schülern ankommt.

Hinsichtlich einvernehmlicher Inhalte eines zeitgemäßen, allgemeinbildenden Technikunterrichts zeichnen sich aber, wie die Tagung zeigte, optimistisch stimmende Entwicklungen ab. So besteht Konsens bezüglich des systemischen Charakters seines Gegenstandes, der Technik, was für den Technikunterricht entsprechende Konsequenzen haben sollte. Durchgehend wird einer Berücksichtigung der System-Wechselbeziehungen zwischen der Technik als Sachsystem und dem gesellschaftlichen System, in das sie eingebettet ist, das Wort geredet. Damit auch die inhaltliche Ausgestaltung, d.h. die Präzisierung und Strukturierung dieses so wichtigen Interdependenzgefüges in einem schulunterrichtlichen Sinn gelingt, bedarf es noch weiterer Konkretisierung, Schulversuche und umsetzbarer Unterrichtsvorschläge, sowie deren wissenschaftliche Evaluation. Ansätze dazu lieferte diese Tagung. Es bleiben allerdings weiterhin grundsätzliche Fragen noch unbeantwortet. So sollte z. B. vor dem Ziel verbesserter Bildungswirksamkeit geklärt werden, ob die Wechselbezüge zwischen gesellschaftlichen Anliegen und technischen Problemlösungen durch einen stärkeren Alltags- und Lebensweltbezug und an sog. Schlüsselproblemen entfaltet oder eher erst zu einem späteren Zeitpunkt auf einer höheren, theoretischen Abstraktionsebene mit den Schülerinnen und Schülern erörtert werden sollen. Verlässliche Aussagen diesbezüglich bedürfen verstärkter wissenschaftlicher Forschung. Auch hierzu konnte diese Tagung zwei Beiträge längerfristig angelegter Forschungsvorhaben präsentieren (HEIZMANN sowie MEINERS U.A.), die beide, von besagtem systemischen Technikverständnis ausgehend, einen Fokus ihrer Fragestellungen auf den soziotechnischen Kontext ausgerichtet haben.

Das Eröffnungsreferat kam diesmal von BERND MEIER zusammen mit VICTOR JACUPEC. Die Autoren vertreten in den ihrem Beitrag vorangestellten Thesen die Auffassung, dass Kompetenz- und Bildungsbegriff miteinander vereinbar seien, da beide an Inhalte gebunden seien. Im Inhalt sehen sie allerdings mehr als nur die Sache. Inhalt, in einer weit gefassten Weise verstanden, umfasse zudem Wissen um die Sache, das Handeln und die Bewertung. Eine weitere These ist, dass jede Inhaltsbestimmung immer von

bestimmten Intentionen abhängig ist, was mit dem Unterricht, respektive dem Technikunterricht erreicht werden soll, wodurch sich auch das heterogene Bild technischer Bildung in der Bundesrepublik herleiten ließe. Besonderes Augenmerk wird auf das technische Handeln als Invariante allgemeiner technischer Bildung gelegt, was jedoch noch weiterer Ausformulierung bedarf. Mit ihrer letzten These, in der sie die Notwendigkeit *fachwissenschaftlicher Konkretisierung, empirischer Forschung* und die *Beachtung internationaler Entwicklungstendenzen* zum Ausdruck bringen, verknüpfen sie die Hoffnung auf eine *Profilierung* der allgemeinen technischen Bildung in Deutschland.

MARTIN BINDER eröffnete mit seinem Beitrag in diesem Band die Rubrik der *Grundlegenden Klärungen*, indem er den für die technische Bildung zentralen Begriff des Handelns hinterfragte und hinsichtlich seiner inhaltskonstituierenden Bedeutung für den Technikunterricht bestimmte. Er wendet sich nachdrücklich gegen einen unreflektierten Handlungsbegriff, der lediglich als oberflächliche Aktionsform daherkommt und geht der Frage nach, was Handlungskompetenz letztlich im Schüler zu bewirken habe und wie man diese fördern könne. Hierzu stellt er ein gestuftes *Modell der technischen Handlungskompetenz* vor und verweist auf noch unbeantwortete Problemfelder innerhalb seiner Thematik.

ANNI HEITZMANN von der Pädagogischen Hochschule Fachhochschule Nordwestschweiz stellt ihr Forschungsprojekt *exreTu - expliziter, reflektierter Technikunterricht* vor, das „...im Zusammenhang mit der Umsetzung von Standards der technischen Bildung auf zwei Hauptaspekte [fokussiert]: Erstens wird eine Interventionsstudie mit explizitem, reflektivem Technikunterricht durchgeführt. Das Modell des expliziten, reflektiven Technikunterrichts zielt auf die Nutzung von metakognitiven Prozessen beim technischen Problemlöseprozess und gewichtet spezifisch die Kompetenzen "Technik verstehen", "Technik konstruieren und herstellen", "Technik bewerten" und "Technik kommunizieren".

Zweitens wird aufbauend auf den Interessensstudien zu naturwissenschaftlichem Unterricht untersucht, wie sich die Intervention mit explizitem, reflektivem Technikunterricht auf das Technikinteresse und die Berufswünsche von Jugendlichen der Sekundarstufe I auswirkt.“¹

Auf die nach wie vor nicht befriedigend beantwortete Frage nach den Be-

¹ Kursiv gesetzte Texte sind wörtliche Übernahmen aus den in diesem Band nicht veröffentlichten Abstracts.

zugswissenschaften und Inhaltsstrukturen des Technikunterrichts versucht GERD HÖPKEN eine Antwort zu geben, wobei er den *eigenen* Praxisbegriff des Schulfaches Technik mit einer aus seiner Sicht *Überbetonung praktischer Arbeit und Handfertigkeiten* als überholt attackiert. Sein Vorschlag für die Herleitung der Inhalte des Technikunterrichts nennt folgende Wissensschaftsbereiche: [die] *Beschreibung technischer Prozesse im Sinne der Allgemeinen Technologie*, [die] *Systemtechnik*, [die] *Theorie dynamischer Systeme*. Die für den Unterricht angewandte Maxime „vom Einfachen zum Schwierigen“ lässt sich [...] zum „Schwierigen“ in zwei Richtungen differenzieren: in Richtung Komplexität und Richtung Abstraktion. In das dadurch entstehende Feld können technische Inhalte je nach Abstraktions- oder Komplexitätsgrad eingeordnet werden.

DIETER METTE plädiert dafür, sich verstärkt mit *Fragen von Denk- und Arbeitsweisen, Lernstrategien und Methodenpluralismus* auseinanderzusetzen und diese zum Unterrichtsinhalt zu machen. Besondere Betonung erfahren in seinem Konzept die *allgemeinen Technikprinzipien* wie sie H. WOLFFGRAMM formuliert hat. Damit verweist DIETER METTE auf eine in erster Linie sachtechnische Betrachtungsweise, die er jedoch am Ende seines Vortrages im Sinn einer systemischen Techniksicht relativiert, ohne allerdings dieses in didaktischer Hinsicht weiter zu vertiefen.

Einen gänzlich neuen Anstoß für die Inhaltsdiskussion hinsichtlich der Erschließung neuer Inhaltsfelder gibt CHRISTIAN WIESMÜLLER. Er fragt nach dem Stellenwert ästhetischer Bedürfnisse im Zusammenhang mit technischer Bildung. *Und dem Tagungsthema gemäß: Ob sich das auf inhaltliche Schwerpunktsetzungen auszuwirken hat.* Die menschliche Welt- und Selbstwahrnehmung - *vielleicht eines der grundlegendsten [menschlichen Bedürfnisse] - ist das Gegenstandsfeld einer über die Kunsttheorie hinausreichenden Ästhetik.* Wie weit ist die Technik betroffen, wie weit der Prozess, der zu einer technischen Bildung führt? Lassen sich aus Antwortversuchen dazu auch Hinweise für eine inhaltliche Ordnung der Technik gewinnen?

Die Grundzüge eines systemischen Ansatzes der Technik und die daraus resultierenden didaktischen Ableitungen stellt GABRIELE GRAUBE vor. In diesem Ansatz sieht sie „... eine Möglichkeit zur *inhaltlichen und methodischen Neustrukturierung und Orientierung im Rahmen Technischer Bildung.*“ Insbesondere „...*bietet der Ansatz Anknüpfungspunkte zu bereits bestehenden Ansätzen* (vgl. GRAUBE 2009). Der systemische Ansatz ermöglicht aber nicht nur eine Einordnung bestehender Ansätze, sondern darüber hinaus eine Entfaltung einer Sinn- und Wertperspektive, die SCHMAYL & WILKENING (1995) in bestehenden Ansätzen vermissen oder

nur für ungenügend entfaltet sehen.“

HELMUT MESCHENMOSE und WALTER E. THEUERKAUF richten den Fokus ihrer Überlegungen auf die „Perspektive technischer Bildung im internationalen Kontext. *Ausgehend von dem Technischen Wandel der Arbeits- und Lebenswelt erscheint es notwendig, die Inhalte oder Themen evtl. unter Berücksichtigung internationaler und transdisziplinärer Aspekte neu zu justieren. Darüber hinaus ist es notwendig, die Bildungsansprüche in Bezug auf die technische Bildung abzustimmen, was über die Qualitätssicherung der Entwicklung technischer Basiskompetenzen zu erfolgen hat.* Ihren Beitrag verstehen sie als Anregung für eine weitere Verstärkung der technischen Bildung, plädieren darüber hinaus auch nationale und internationale Entwicklungen zu beachten, um konzeptionelle Gemeinsamkeiten aufzuzeigen, die die technische Bildung zu stärken vermögen.

Auf die UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ macht OLAF CZECH aufmerksam und rückt diese in das Blickfeld allgemeiner technischer Bildung und des allgemeinbildenden Technikunterrichts. *„Der Vortrag soll anregen, sich an den Aktivitäten und Ausschreibungen im Rahmen der Dekadeveranstaltungen zu beteiligen und damit den Stellenwert des Technikunterrichts im Bildungssystem aufzuwerten.“* BNE wird *„...sowohl als Inhalt als auch als Prinzip des Technikunterrichts“* [gesehen].

Unter der Rubrik „Konkretisierung bewährter Inhaltsfelder“ zeigen ANGELIKA LIERMANN und ANJA FISCHER Möglichkeiten der Veranschaulichung durch Analogiebetrachtung auf, mit der Absicht der Vorstellungskraft der Schülerinnen und Schüler schwer zugängliche, technische und abstrakt physikalische Sachverhalte verständlich/anschaulich zu machen. Es werden Veranschaulichungsbeispiele aus der Elektrotechnik/Elektrizitätslehre und Bau-technik/Bauphysik vorgestellt

ULRICH JUCKNISCHKE plädiert in seinem Beitrag für eine von Schülern durchgeführte Qualitätssicherung bei technischen Aufgabenstellungen. *„An Hand des konkreten technischen Projektes „Produktion eines MP3 Verstärkers mit Box“ werden die Möglichkeiten dargestellt, um eine 100 %-ige Qualitätssicherung und eine fehlerfreie Produktion des Gegenstandes zu erreichen.“* Die Schülerinnen und Schüler können die Schritte zur Qualitätssicherung selber ausführen und ihre Arbeitsergebnisse auf diese Weise überprüfen.

Die Vorstellung eines „Elektronischen Baukastensystem“ (EBS) für die Thematik der (elektronischen) Steuerungen ist Gegenstand des Beitrags von JOHANNES LEHME und STEFAN WINTER. Ausgehend von der Darstellung

der Inhaltskonzepte für die Oberstufe des Hittorf Gymnasiums Recklinghausen und der Realschule Waltrop für das Themenfeld elektronischer Schaltungen. Mit Hilfe des *EBS* kann nicht nur ein nach Schwierigkeitsstufen strukturiertes Inhaltsprogramm für mehrere Jahrgangsstufen verwirklicht werden, sondern, darauf abgestimmt, macht es auch differenziertes Methodenlernen möglich. Vorgestellt wird das *EBS* für die Realisierung einer Stoppuhrsteuerung vom Handbetrieb bis hin zum Steuern mit einem Mikrocontroller.

SEBASTIAN RIKOWSKI geht es um die veranschaulichende Darstellung dynamischer Prozesse aus Technik und Naturwissenschaften mit sog. *Flash-Animationen* in Lehr- Lernkontexten von Schule und Hochschule. Er setzt damit den Bericht über seine aktuellen Arbeiten mit *Flash-Animationen* für den Technikunterricht fort, die bereits bei der Vorgängertagung in Karlsruhe Thema waren.

THOMAS WEBER stellte eingangs seines Vortrages die These auf, dass die Automationstechnik im Gegensatz zu ihrer Verbreitung in der modernen Fertigungstechnik und auch in zahlreichen Anwendungen in vielen weiteren Technik- und Lebensbereichen nicht angemessen im Technikunterricht berücksichtigt werde. Nach einer grundsätzlichen Klärung des Sachverhalts *Automatisierungstechnik* kommen exemplarische Unterrichtsthemen zur Vorstellung.

Das Autorenteam KATHARINA DUTZ, REINHARD MEINERS und GERT REICH berichten von einem niedersächsischen Forschungsprojekt an der Universität Oldenburg, in dem die Technikbewertung als eine zentrale Lehraufgabe erscheint. Sie zeigen auf, „...wie *Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung in den Technikunterricht und fächerübergreifend als zentrales Thema integriert werden [können]. Am Beispiel des Schulversuchs an der Robert-Dannemann-Schule in Westerstede soll aufgezeigt werden, wie dieser Unterricht konkret gestaltet werden kann. [Sie] sehen hierin einen Ansatz zur unterrichtlichen Berücksichtigung und Umsetzung fachdidaktisch häufig postulierter aber in der Unterrichtspraxis selten anzutreffender Inhaltsbereiche.*“

Einen Ansatz für eine *Umweltbildung als Inhaltsbereich Technischer Bildung* stellt PETER RÖBEN vor. Ausgangspunkt für seine Überlegungen ist die Ölkatastrophe von 2010 im Golf von Mexiko. Seine Darstellung verweist auf ein Spannungsfeld mit den Polen technischer Fortschritt und mögliche Umweltschädigung bzw. Umweltgefahren, innerhalb dessen er die Umweltbildung platziert. Ziel sei es deutlich zu machen, dass die Technik nicht per se die Umwelt gefährde, sondern dass es ihre Anwendung bzw. ge-

wisse interessen geleitete Unterlassungen sind, die letztlich zum Versagen der Technik mit den bekannten Folgen geführt haben. Technische Umweltbildung bedeute für PETER RÖBEN, Einsicht zu nehmen in technische Systeme und zugleich die Entstehungs- und Nutzungsmodalitäten, sowie deren Ziele kennen zu lernen, um eine rationale und realistische Einschätzung vornehmen zu können.

Um Sicherheitstechnik am Kraftfahrzeug geht es im Beitrag von HEIKO SCHÄFER. Seine Intentionen beschreibt er folgendermaßen: *„Ich möchte in diesem Kurzvortrag darstellen, was ich in meinem Technikunterricht der Jahrgangsstufe 13 zum Thema Sicherheitstechniken im Kfz mit den Schülern bespreche. Dabei geht es nicht nur um Zweck, Aufbau und Funktionsweise der einzelnen Sicherheitstechniken. Mir ist besonders wichtig, den Schüler klar zu machen, was diese Sicherheitseinrichtungen nicht können. Damit möchte bei den Schülern die Einsicht entwickeln, dass trotz moderner Sicherheitstechniken immer noch der Fahrer durch seine Fahrweise den größten Beitrag zur Vermeidung von Unfällen leisten kann und muss.“*

Den Abschluss der Vortragsreihe bildete ANDREAS VOGLER mit seinem Beitrag über *Radiofrequente Identifizierung (RFID = Funkerkennung)*. Damit formuliert er ein innovatives Thema für den Technikunterricht, das auf eine zunehmende Verbreitung von *RFID*-Anwendungen in allen Lebensbereichen reagiert. Die *RFID* wird in ihren Grundfunktionen, Wirkungsweisen und technisch-physikalischen Varianten erklärt. Außerdem werden reale Anwendungsbeispiele vorgestellt. Für die unterrichtliche Einführung und Umsetzung schlägt Andreas Vogler das *LEGO® Mindstorms Baukastensystem* vor, in dem diese Technik zur Anwendung kommt und zwar in einer Weise, dass Schülerinnen und Schüler sich eine konkrete Vorstellung von dieser Technik und ihren Einsatzmöglichkeiten erarbeiten können.

Die Reihenfolge der Beiträge in diesem Band folgt nicht der der Tagung. Zwar wurden die vier vorher festgelegten Gliederungskategorien *„Grundlegende Klärungen“*, *„Integration der Inhaltskonzepte fachdidaktischer Ansätze“*, *„Konkretisierung bewährter Inhaltsbereiche“* und *„Innovation, Erweiterung“* übernommen, innerhalb dieser Kategorien wurde aber eine alphabetische Reihenfolge der Autorinnen und Autoren gewählt.

Bernd Meier/ Viktor Jakupec

Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts - Strukturierung und Präzisierung

Einführung in die Tagung 2010

Auf der Mitgliederversammlung der DGTB im Anschluss an die Tagung in Karlsruhe war es allgemein Konsens, dass es weiterführend auf der Tagung im Jahr 2010 darum gehen sollte, die Frage nach Auswahl und Bestimmung der Unterrichtsinhalte zu konkretisieren. Dabei sollte sichergestellt werden, dass der Zusammenhang von Bildungsinhalten mit Bildungszielen und Kompetenzen gewahrt wird.

Die Orientierung auf weitgehend verbindliche Inhalte und Themen wird von uns als eine Möglichkeit angesehen, eine schulformunabhängige nationale oder gar internationale Vergleichbarkeit der Allgemeinen Technischen Bildung (vor allem in der Sekundarstufe I) zu erreichen (MEIER 2009). Im Blick behalten werden sollte dabei auch die Frage, welchen Beitrag technische Bildung im Rahmen einer allgemeinen Bildung überhaupt leisten soll.

Mit dieser Intention knüpft diese Tagung nicht nur an die früheren Tagungen der DGTB an, sondern auch an die Konferenz zur Qualität Technischer Bildung in Ludwigsfelde 2009 (vgl. THEUERKAUF ; MESCHENMOSE ; MEIER ; ZÖLLNER 2009)¹ und reiht sich ein in die Weiterführung dieser WO-CATE Konferenz im Oktober 2010.

In den Mittelpunkt der nachstehenden Überlegungen stellen wir in diesem Sinne folgende Thesen:

- Eine Vereinbarkeit zwischen Kompetenz- und Bildungsbegriff ist darin zu sehen, dass beide an Inhalte gebunden sind und durch diese konkretisiert werden.
- Unterrichtsinhalt ist mehr als nur Sache.
- Die Inhaltsbestimmung folgt immer Intentionen. Differenzierte intentionale Positionen müssen zu unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen bezüglich des Inhalts führen.
- Eine invariante Inhaltskomponente technischer Bildung ist das Technische Handeln.
- Die Profilierung der technischen Bildung in Deutschland erfordert einerseits eine deutlichere fachwissenschaftliche Konsolidierung, ande-

rerseits eine empirische Fundierung und darüber hinaus die Beachtung internationaler Entwicklungstendenzen.

1. Grundlegendes

1.1 Von der Inputsteuerung zur Outputsteuerung

Eine internationale Tendenz in der Curriculumentwicklung ist der Übergang „von der Inputsteuerung zur Outputsteuerung“ im Bildungswesen. (vgl. MEIER ; JAKUPEC 2010; MEIER ; JAKUPEC ; NGUYEN 2004 UND 2005)

Internationale und nationale Leistungsvergleichsuntersuchungen (wie PISA, IGLU u.a.) haben seit Mitte der 90er Jahre die Unterrichtswirksamkeit in den Schulen analysiert. Dabei wurde verlässlich aufgezeigt, dass die Lernergebnisse der Schüler auch in deutschen Schulen in zentralen Kompetenzbereichen beträchtliche Defizite aufweisen.

Insbesondere deshalb wird in der nationalen Bildungsdebatte nach wie vor über mehr und bessere Möglichkeiten der Entwicklung und Sicherung von Bildungsqualität diskutiert. Eine Maßnahme ist dabei die Umstellung des Steuerungssystems der Schule von einer vorwiegend „inputorientierten“ zu einer „outputorientierten“ Steuerung. Bislang wurde ersteres, d.h. die Steuerung über die Planung von Inhalten in Lehrplänen und Schulbüchern favorisiert. Das heißt, die eher offen gehaltenen Lehrpläne unterbreiten zwar auf Stoffeinheiten und Jahrgänge bezogene detaillierte Inhalts- bzw. Themenangebote, enthalten aber relativ wenig Aussagen über die zentralen Kompetenzen und Aufgaben der Fächer und die Qualität der zu erwartenden Ergebnisse.

Im Unterschied dazu setzen outputorientierte Instrumente auf die qualitative Beschreibung von wesentlichen Leistungen von Lehr-Lernprozessen. Im Fokus steht gewissermaßen das „Endprodukt“ von konkreten Bildungsprozessen, d.h. der individuelle Lernerfolg. Es geht also um *OUTCOMES*, also die nachhaltigen Wirkungen von Lehr-Lern-Prozessen.

In kompetenzbasierten (*outcomes based*) *Curricula* werden

- Kompetenzen und nicht Lernziele (*objectives*) artikuliert,
- Kompetenzen beschrieben und nicht Inhalte vorgeschrieben,
- Lernaktivitäten als Leistungen der Schülerinnen und Schüler unter Bezugnahme auf Fähigkeiten im Rahmen von Standards und Kriterien ausgerichtet,
- Lerner und nicht Lehrer akzentuiert,
- formative Bewertungen als Rahmenbedingungen verwirklicht.

Eine so verstandene Curriculumentwicklung muss nicht nur auf empirisch-quantitativen sondern auch auf qualitativ-effektiven Prinzipien aufgebaut werden. Aktuelle Tendenzen der Curriculumentwicklung gehen über die Input-Output-Orientierung hinaus, wobei die Outputorientierung auf Grund der Effektivität und Resultate der Lern-Lehr-Prozessen bewertet werden kann. Dadurch ergibt sich ein Nexus zwischen Input – Output – Ergebnis (*outcome*) – Effekt – nachhaltige Wirkung (*impact*). Das ist offensichtlich ein sehr langer und aufwändiger Weg, von dem wir in der Technischen Bildung in Deutschland noch weit entfernt sind.

Weder die Standards des VDI (vgl. VDI 2007) noch das Kerncurriculum Lernbereich Beruf-Haushalt-Technik-Wirtschaft/Arbeitslehre (2007) sind empirisch untersucht. Es sind mehr oder weniger Konsenspapiere von Mitarbeitern der Bildungsverwaltung, von Fachdidaktikern, Lehrkräften und Fachwissenschaftlern aus verschiedenen Bundesländern.

Bereits die Tagung zur Qualität Technischer Bildung in Ludwigsfelde 2009 (vgl. THEUERKAUF ; MESCHENMOSER ; MEIER ; ZÖLLNER 2009) hat deutliche Impulse für die Einleitung empirischer Untersuchungen zur Erfassung von Kompetenzen zur technischen Bildung gegeben und zugleich auch Einblicke in internationale Tendenzen der Entwicklung der technischen Bildung aufgezeigt.

Folgen wir der Tendenz von der Inputsteuerung zur Outputsteuerung im Bildungswesen, so wirft sich die Frage auf, inwieweit das Thema dieser Tagung bezüglich der Unterrichtsinhalte als eindeutige Inputs von Lehr-Lernprozessen überhaupt aktuell ist.

1.2 Kompetenz contra Bildung?

Zur Beantwortung der Frage nach der Aktualität von Diskussionen über Unterrichtsinhalte im Rahmen Technischer Bildung müssen wir auf den Zusammenhang von Kompetenzen und Bildung zurückkommen.

Bildung hat den mündigen, aufklärerischen, selbstbestimmten (nicht nur kompetenzorientiert selbstorganisierten) Menschen zum Ziel („Bildung seiner Kräfte zu einem Ganzen“, WILHELM V. HUMBOLDT). Diese Menschenbildung schließt auch die Fähigkeit zur kritischen Reflexion, gegebenenfalls auch zur Verweigerung ein. Institutionell angelegte Bildungsprozesse verlangen also nach einer inhaltlich-kategoriale Bestimmung der Lerngegenstände.

Kompetenzen sind auf Handlungsfähigkeit ausgerichtet. Lerngegenstände sollen vor allem Transferpotentiale besitzen und die Feststellung von Stufen des Erwerbs anhand von Indikatoren (Operationalisierbarkeit) erlauben.

Kompetenzen sind somit zumindest eine Teilmenge von Bildung, sie sind ein Mittel zum Zweck der Bildung.

Der Widerspruch Kompetenz versus Bildung erscheint aus diesem Verständnis heraus eher konstruiert. Ohne Inhalte ist weder Bildung noch Kompetenzentwicklung möglich. Es erweist sich als fatal, Wissen und Kompetenz als Gegensatz zu konstruieren. Für jede Lehrkraft ist evident, dass Kompetenzen nur auf der Basis eines fundierten inhaltlichen Wissens entwickelt werden können, wenn sie nicht zu automatisierten, standardisierten Verhaltensweisen verkommen sollen. Dadurch übernimmt der Inhalt auch die Funktion des Erklärenden und des Illustrierenden.

Auch Ergebnisse der Lernforschung und zur Unterrichtsqualität (vgl. u. a. HELMKE 2009) belegen nachhaltig: Kompetenzen können nicht gelehrt werden. Sie müssen in Verbindung mit entsprechenden Inhalten in hoher Aktivität angeeignet werden. Das betrifft sowohl die fachbezogenen, als auch die fachübergreifenden Kompetenzen².

Somit stellt sich für die Profilierung der Technischen Bildung die Frage, an welchen (technischen) Inhalten Schülerinnen und Schüler in ihrer individuellen Kompetenzentwicklung gefördert werden sollen. Dazu gilt es Kompetenzbereichs- und Kompetenzstufenmodelle zu entwickeln (vgl. MESCHEN-MOSER 2009)³.

Lerninhalte von den Kompetenzen her zu bestimmen bedeutet jedoch mehr als eine quantitative Reduktion (vgl. KÖLLER 2009). Es müssten qualitative Begründungen für die Auswahl gefunden werden.

Dabei wurden zahlreiche Auswahlkriterien bestimmt. Der Lerninhalt soll

- den Kompetenzerwerb der Lerner ermöglichen und unterstützen,
- ein solides Fundament für das Weiterlernen legen,
- einen unmittelbaren Bezug zu den Alltagserfahrungen der Lerner haben und neue Sichtweisen eröffnen,
- zu Problemlösungen und echten Fragen herausfordern,
- von hoher gesellschaftlicher Bedeutung sein und kulturelle Identität stiften

und

- fachsystematisch relevant sein.

Unser Tagungsthema ist und bleibt somit aktuell. Die Frage ist jedoch: Wie verstehen wir *UNTERRICHTSINHALT*? Besser, wie haben wir den Begriff verstanden und wie müssen wir ihn beim Übergang zu *OUTCOMES* verstehen?

2. Zum Begriff Unterrichtsinhalt und seiner Relevanz im Kontext technischer Bildung

Um Missverständnissen vorzubeugen und den zahlreichen neuen Teilnehmern auf dieser Tagung eine Grundlage zu bieten, möchte ich nachstehend die von Wilfried SCHLAGENHAUF mit Bezug auf BIENHAUS (1995), KLAUER (1974) und SCHULZ (1976) auf der DGTB-Tagung 2009 in die Diskussion eingebrachte Begriffsbestimmung „...Unterrichtsinhalt als die komplexe, übergeordnete bildungsgerechte Sachgesamtheit ...“ weiter explizieren. Dabei soll weiterführend gefragt werden, was diese Sachgesamtheit kennzeichnet und aus welchen Elementen sie bestehen soll?

Als Unterrichtsinhalt bezeichnen wir den Aneignungsgegenstand (Stoff) im Lehr-Lern-Prozess.

Es sind die theoretischen und praktischen Informationen, die sich Lernende aneignen müssen, um die fixierten Lernziele zu erreichen. Diese Informationen müssen eine sowohl aneignungsprozessgerechte, als auch unter logischen und systematischen Gesichtspunkten gegliederte Struktur aufweisen. (Deshalb steht im Unterthema unserer Konferenz: Strukturierung.)

Zum Unterrichtsinhalt (Stoff) gehören:

- Begriffe, Theorien, Modelle und Prinzipien (Sachinhalte),
- Methoden, Denk- und Arbeitsweisen (Verfahrensinhalte) sowie
- Norm und Wertvorstellungen (Verhaltensinhalte i.e. S.).

Unterrichtsinhalt ist also mehr als nur Sache!

Mein Rückgriff geht auf die Lehrplanforschung zum Ende der 60-er Jahre in der DDR zurück (vgl. PLÖTZ 1967). Postuliert wird bereits hier ein weiterer Stoffbegriff. Dabei wird Stoff synonym zu Unterrichtsinhalt gebraucht.

Die von uns verwendete Begriffsbestimmung versucht das Definiens zu bestimmen, in dem das Objekt auf seine Teile hin analysiert wird: „Zum Unterrichtsinhalt (Stoff) gehören einerseits die Begriffe, Theorien, Modelle und Prinzipien (Sachinhalte) und andererseits die Methoden, Denk- und Arbeitsweisen (Verfahrensinhalte) sowie Norm und Wertvorstellungen (Verhaltensinhalte i.e. S.).“

Eine derartige Bestimmung weist u. E. klarer auf das Wesentliche im pädagogischen Prozess hin, als der ebenfalls in der Didaktik stark verbreitete Begriff *Sache*. *Sache* erscheint semantisch zunächst eher etwas Dingliches zu sein.

Zugleich entspricht eine solche Auffassung vom weiten Stoffbegriff auch internationalen Positionen „... im traditionellen Curriculum war der Inhalt, dasjenige was man von Schülerinnen und Schülern als Wissen abverlangte.“ (BIRENBAUM, 1996, Seite 4).

Deutlich weiter gehen UNESCO Positionen aus dem Jahre 2006, in denen einerseits ein Curriculum als ein Aktionsplan definiert wird, der den Lernenden behilflich ist, ihre Wissens- und Könnensbasis zu erweitern. Das Curriculum umfasst Lernziele, Lerninhalt, Lehrmethoden und Lehrmethodologie, Lehrmaterial sowie Bewertungs- und Beurteilungsmethoden. Im weiteren Sinne wird hier mit *Inhalt (content)* nicht nur das Wissen erfasst, sondern auch Fähigkeiten und Fertigkeiten, Werteeinstellungen und Handlungsweisen.

Noch weitreichender werden im *literacy*-Konzept von PISA Welterschließung und Weltverständnis als die Fähigkeit konzipiert, die Welt auf unterschiedliche Weise *lesen* zu können. Abgrenzend zum Begriff „Bildung“ wird minimalistisch von Grundbildung gesprochen und auf Problemlösungsfähigkeit abgehoben. Es geht um Basiskompetenzen, „die in modernen Gesellschaften für eine befriedigende Lebensführung in persönlicher und wirtschaftlicher Hinsicht sowie für eine aktive Teilnahme am gesellschaftlichen Leben notwendig sind“ (DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM 2001, Seite 29).

Gespielt wird hier mit der Metapher der *Lesbarkeit* der Welt. *Literacy* zielt also auf fachlich gegründete Kompetenzen bei den lernenden Subjekten und nicht auf prognostisch ermittelte Qualifikationserfordernisse der Gesellschaft. *Literacy* wird somit ein Weg zur gesellschaftlichen Partizipation und umfasst drei Dimensionen:

- Wissen (Sprachkompetenz, epistemologische Kompetenz),
- Handeln (Lernkompetenz, kommunikative Kompetenz, soziale Kompetenz, prozedurale Kompetenz)
- und
- Bewerten (ethisch-moralische Kompetenz, ästhetische Kompetenz).

Aber auch mit Blick auf unsere Domäne einer technischen Bildung erweist sich dieser weite Stoffbegriff als tragbar.

Der sogenannte mehrperspektivische Ansatz der Technikdidaktik (SACHS 1979) beruht im Grunde auf dem weiten Stoffbegriff. Herausgestellt werden drei Perspektiven:

- 1) *Kenntnis-und Strukturperspektive*: Perspektive technischer Kenntnisse und sachstruktureller Einsichten

- 2) *Handlungsperspektive: Perspektive*: technikbezogener Fähigkeiten und Fertigkeiten
- 3) *Problem- und Bewertungsperspektive*: Perspektive der Bedeutung und Bewertung der Technik

Im Zentrum von Perspektive a. stehen dominant Begriffe, Theorien, Modelle und Prinzipien; von Perspektive b. Methoden, Denk- und Arbeitsweisen sowie von Perspektive c. Norm und Wertvorstellungen.

Nicht zuletzt sei darauf verwiesen, dass auch der insbesondere von GÜNTER ROPOHL⁴ gekennzeichnete Technikbegriff mittlerer Reichweite eine hohe Affinität zum weiten Stoffbegriff aufweist. GÜNTER ROPOHL selbst verweist darauf, dass der Technikbegriff mittlerer Reichweite keine Wesensdefinition ist. Diese Bestimmung erlaubt es jedoch in hohem Maße, den Begriffsumfang zu bestimmen und so festzulegen, was zur Technik und was eben nicht zur Technik zählt. Damit hat dieser Technikbegriff gerade im Kontext der Verständigung über Unterrichtsinhalte eine überaus hohe Relevanz.

Wenn ROPOHL (2004, Seite 28) betont: Technik umfasst

- 1) die Menge der nutzenorientierten, künstlichen, gegenständlichen Gebilde (Artefakte, Sachsysteme), so geht es hier aus der Perspektive des weiten Stoffbegriffes vor allem um Begriffe, Theorien, Modelle und Prinzipien,
- 2) die Menge menschlicher Handlungen und Einrichtungen, in denen Sachsysteme entstehen, so geht es um Methoden, Denk- und Arbeitsweisen sowie
- 3) die Menge menschlicher Handlungen, in denen Sachsysteme verwendet werden, so geht es vor allem auch um Norm und Wertvorstellungen.

3. Wege zur Auswahl und Strukturierung von Inhalten – zur Funktion technischer Bildung

Das Tagungsthema „Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts - Strukturierung und Präzisierung“ suggeriert, als ginge es dominant um die Strukturierung, also die Ordnung und Reihung schon grob bestimmter Unterrichtsinhalte für die allgemeine technische Bildung.

Allerdings hat schon die Tagung in Karlsruhe deutlich gemacht, dass es hierzu gemeinsamer Grundpositionen bedarf, die allerdings nicht vorliegen.

Wir greifen vier typische Ansätze der Tagung 2009 auf:

- SCHLAGENHAUF, WILFRIED kennzeichnet unter anderem drei grundsätzliche Ansätze der Inhaltsbestimmung (Subjektorientierung; Objektorien-

tierung; Situations- / Gesellschaftsorientierung) die dann im Verlauf der Tagung allerdings nicht wieder aufgegriffen werden. Schlagenhauf endet letztlich mit der Anregung zur Erweiterung der Problem- und Handlungsfelder „Arbeit und Produktion“; „Bauen und Wohnen“; „Versorgung und Entsorgung“; „Transport und Verkehr“; „Information und Kommunikation“ durch „Haushalt und Freizeit“ und/oder „Schützen und Sichern“.

- RADEMACHER, Michael schlägt ein integratives, praxisorientiertes Strukturmodell zu den Inhaltsfeldern und Themen eines zeitgemäßen Technikunterrichts aus schulpraktischer Sicht vor. Das Modell gründet sich auf folgende Strukturelemente der Inhaltssphäre:
 - o Basiskategorien (Stoff-, Energie- und Informationenumsetzende Systeme)
 - o Technische Handlungsfelder (Bautechnik; Biotechnik; Elektrotechnik/Elektronik; Informations-/Kommunikationstechnik; Infrastrukturtechnik; Maschinentechnik; Produktionstechnik)
 - o Technische Handlungsweisen (Berufsorientierung im technischen Umfeld; technische Kommunikation und Dokumentation; Umweltanalyse und -bewertung; Technikanalyse und -bewertung; Produkte herstellen, nutzen, erhalten, entsorgen; Problemlösungs- und Konstruktionsverfahren; Modellentwicklung; Genese technischer Entwicklungen; Fertigungsverfahren und -arten)
 - o Soziokulturelle Perspektive (Arbeit; Gender; Ästhetik; Ethik; Ökologie; Ökonomie; Technologie; Innovation; Gesellschaft).
- FLETCHER, STEFAN sieht Möglichkeiten und Grenzen der Bestimmung von Inhalten und Strukturen in Berufung auf die bildungspolitische Didaktik von Wolfgang Klafki in der Identifizierung epochaler Schlüsselprobleme mit Bezug zur Technik. Im Fazit schlägt er ein Grobmodell einer technischen Allgemeinbildung mit folgenden Elementen vor:
 - o Handlungsfähigkeiten in Bezug auf: Planung und Konstruktion von Technik; Herstellung, Fertigung und Nutzung von Technik; Analyse und Bewertung von Technik
 - o Elemente, Strukturen und Funktionsprinzipien
 - o wesentlicher Technikbereiche (Systeme der Technik): Stoffumsetzende Systeme; Energieumsetzende Systeme; Informationsumsetzende Systeme

- o Unterschiedliche Perspektiven auf Technik: Beziehungsgefüge: Mensch und Technik; Beziehungsgefüge: Gesellschaft und Technik; Beziehungsgefüge : Natur und Technik

Die Ursachen für derartig differierende Ansätze sind vielfältig. Sie liegen unseres Erachtens

- **in unterschiedlichen Auffassungen zum Bildungsbegriff im Allgemeinen und zu den Aufgaben der technischen Bildung im Rahmen einer Bildung für alle Menschen im Besonderen.**

In früheren Arbeiten wurde für diesen Zusammenhang der Begriff der pädagogischen Funktion in die Diskussion gebracht (vgl. MEIER 1985). Zu bestimmen ist der konkrete und unverwechselbare Beitrag einer technischen Bildung im Rahmen der Allgemeinbildung. In diesem Zusammenhang gebraucht, sind wir der Auffassung, dass der Funktionsbegriff auch seinen ursprünglichen Sinn, den er bei LEIBNIZ als Abhängigkeitsbeziehung einer Variablen zu einer oder mehreren Veränderlichen hat, widerspiegelt. Konsensfähig sollte die Position sein, dass technische Bildung zum technischen Handeln befähigen soll. Dabei ist technisches Handeln mehr als nur eine instrumentelle Fähigkeit zum Gebrauch von Werkzeugen, um Späne zu produzieren. Die ITEEA (INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING EDUCATORS ASSOCIATION) führt hierzu aus:

„Technologisch versierte Bürger beherrschen System-Denken, sie interagieren bewusst mit der technologischen Welt. Die Interaktion betrifft den Zusammenhang von Individuen, unserer Gesellschaft und der Umwelt. Technologische Kompetenz ist die Fähigkeit Technik zu nutzen, zu verwalten, zu bewerten und zu verstehen. Es geht um Wissen, Fähigkeiten und die Anwendung von Wissen und Fähigkeiten in realen Situationen. Bürgerinnen und Bürger aller Altersgruppen profitieren von der technologischen Alphabetisierung, sei es durch formelle oder informelle Bildungsumgebungen.“

(<http://www.iteea.org/EbD/ebd.htm>)

- **in unterschiedlichen Akzentuierungen bezüglich der Kriterien zur Auswahl von Bildungsinhalten.**

Wenn SCHLAGENHAUF als Kriterien zur Ermittlung, Auswahl und Begründung von Lerninhalten Subjektorientierung; Objektorientierung; Situations- / Gesellschaftsorientierung herausstellt, so ist aus unserer Sicht die Interdependenz der drei genannten Prinzipien klar zu betonen. Die einseitige Akzentuierung eines Prinzips und somit die Vernachlässigung der anderen führt dann zu wenig kompatiblen Inhalts-

modellen. Deutlich wird dies nicht nur in den oben erwähnten Beiträgen von SCHLAGENHAUF, RADEMACHER und FLETSCHER. Vergleichen wir die drei von SCHMAYL charakterisierten Modelle der Technikdidaktik in der Bundesrepublik so wird deutlich:

Beim *arbeitsorientierten* Ansatz wird vor allem die Gesellschaftsorientierung herausgestellt, beim *allgemeintechnologischen* Ansatz dominiert die Objektorientierung, während beim *mehrperspektivischen* Ansatz die Subjektorientierung betont wird.

- **in unterschiedlichen Akzentuierungen bezüglich der Organisationsformen einer allgemeinen technischen Bildung.**

Es ist offensichtlich und ein Blick in die Lehrpläne verschiedener Länder bestätigt es, dass die Inhalte technischer Bildung je nach Organisationsform grundlegend differieren (vgl. KITTEL 2010).

Die wenigen Bundesländer, die noch ein Fach *Technik* (in der Regel für Haupt- und Realschulen) ausweisen, orientieren sich am mehrperspektivischen Ansatz und strukturieren nach den oben genannten Problem- und Handlungsfeldern (z. B. Baden-Württemberg, Saarland, Schleswig-Holstein). Wird ein Fach *Technik* in der Gymnasialen Oberstufe angeboten, folgen Curricula eher der 9-Felder Matrix der Allgemeinen Technologie (z. B. Brandenburg, Nordrhein-Westfalen).

Werden dagegen integrative Ansätze gewählt, so treten Fächerbezeichnungen, wie *Arbeit – Wirtschaft – Technik* (z. B. Bayern, Mecklenburg-Vorpommern) oder *Wirtschaft – Arbeit – Technik* (z. B. Brandenburg, Berlin, Bremen) oder gar *Wirtschaft-Technik-Haushalt* und *Soziales* (Sachsen) auf.

Die integrativen Konzepte differenzieren vielfach zwischen Technik im Haushalt und Technik im Betrieb. Im inhaltlichen Zentrum steht die materielle Kultur (ROPOHL 2004⁵). Integrative Konzepte folgen dem internationalen Trend „Competency Based Education and Training“ (CBET). Der Ansatz bietet in vieler Hinsicht das programmatische Gegenstück zum fächersystematischen Unterricht und ist in Australien, England bzw. Schottland, Kanada und Spanien aber auch Malaysia, Indonesien, Philippinen, Tansania, Mexico, Chile, Argentinien oder Kolumbien festzustellen (vgl. auch THEUERKAUF 2008).

4. Perspektiven

Der Blick in die Lehrpläne der Bundesländer, aber auch über die Ländergrenzen hinaus zeigt eine unübersehbare Heterogenität der Inhalte für eine wie auch immer organisierte und gestaltete Technische Allgemeinbildung. So differenziert beispielsweise das australische Curriculum als Gegenstandsbereiche des Inhalts einerseits zwischen Entwerfen, Herstellen und Bewerten und andererseits zwischen Stoff/Material, Information und Energie (Meier ; Jakupiec 2007)

Die Vielfalt wird größer, wenn auch weiterführende curriculare Positionspapiere von Verbänden und Organisationen in die Analyse einbezogen werden. Einen Mix von Speziellen Technologien legen die Autoren des von der NASA geförderten Curriculumprojekts zugrunde (vgl. ITEA 2000)⁶. Differenziert wird hier nicht nur zwischen den eher traditionellen Inhaltsbereichen Produktionstechnik, Energietechnik, Bautechnik, Verkehrstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, sondern auch solche eher innovative Bereiche wie Medizintechnik, Agrarproduktion und Biotechnologien werden aufgenommen.

Aber auch ein Blick in die zum Jahr 2010 eingestellte Fachzeitschrift *Unterricht: Arbeit + Technik* zeigt eine breite Palette nicht nur traditioneller Bildungsinhalte auf. Beispielhaft seien solche Themenhefte genannt, wie: ‚Technische Infrastrukturen‘ (Heft 31/2006); ‚Technik und Gesundheit‘ (Heft 34/2007); ‚Zukunftstechnologie‘ (Heft 36/2007); ‚Lebensmitteltechnologie‘ (Heft 39/2008). Aus dem Verständnis eines weiten Stoffbegriffes heraus sind solche Themenhefte wie ‚Technisches Denken‘ (Heft 24/2003); ‚Konstruieren und Fertigen‘ (Heft 37/2008), ‚Testen‘ (Heft 39/2008); ‚Technikgenese‘ (Heft 44/2009) herauszuheben.

Suchen wir nun nach Invarianten technischer Bildungsinhalte, so tritt nach unserer Auffassung das Technische Handeln markant hervor. Sowohl der Technikbegriff mittlerer Reichweite, als auch der weite Stoffbegriff akzentuieren die Komponente „Handeln“. Auch der Kompetenzbegriff stellt sachbezogenes Handeln in den Mittelpunkt. Somit ist es u. E. folgerichtig, das technische Handeln als Invariante für Curricula zur technischen Bildung weiter zu untersuchen. Ansätze sind hierfür sowohl beim Kerncurriculum Lernbereich Beruf-Haushalt-Technik-Wirtschaft/Arbeitslehre als auch bei den Bildungsstandards des VDI vorhanden.

Hierzu liegen weiterführend zahlreiche aktuelle Forschungsarbeiten (vgl. vor allem GRAUBE 2003/ 2009) vor. Zugleich könnte auf zahlreiche Forschungsarbeiten zur Polytechnischen Bildung (zu diesem Thema vor allem CZECH, Olaf; GERMER, Bernd; HILL, Bernd; KÜNSTNER, Robert; MEIER, Bernd; METTE, Dieter; SACHS, Conrad) zurückgegriffen werden. Exemplarisch ver-

weist METTE 2010 in seinem Tagungsbeitrag auf ausgewählte Arbeiten zu typischen Betrachtungsweisen

Zugleich muss auch konstatiert werden, dass die Orientierung von Wolf E. TRABERT aus den siebziger Jahren auf eine stärkere Betonung des Technikgebrauchs nach wie vor fachdidaktisch wenig umgesetzt ist. Deutlich stärker zu akzentuieren sind ebenso die Handlungen zur Technikbewertung.

Unabdingbar ist aber auch hier eine aktualisierte fachwissenschaftliche Fundierung. Neben den Arbeiten von GÜNTER ROPOHL und HORST WOLFFGRAMM erhalten für die weitere fachdidaktische Forschung vor allem auch die Arbeiten des Technikphilosophen Gerhard BANSE eine hohe Relevanz. Seine Arbeiten sind unter anderem auf Untersuchungen zum Technischen Handeln, wie auch auf Wesensmerkmale der Technik gerichtet (vgl. auch BANSE ; GRUNWALD 2006⁷ und 2010).

Auch aus fachdidaktischer Sicht können mittels Realdefinition im aristotelischen Verständnis Aussagen darüber getroffen werden, was eine Sache in Wirklichkeit kennzeichnet. Gerade mit einem derartigen Aussagesystem werden natürlich fundamentale Inhalte einer allgemeinen technischen Menschenbildung herausgestellt. Solche Merkmale sind neben der stärkeren soziotechnischen Ausprägung. (vgl. BANSE 2009) unter anderem die Netzbildung (MEIER ; MESCHENMOSE ; ZÖLLNER 2006) sowie die Prozessorientierung (THEUERKAUF 2009).

Mit Blick auf den unmittelbar vor uns liegenden 20. Jahrestag der Vereinigung der beiden deutschen Staaten wünschen wir uns viel Erfolg bei der Entwicklung von Grundlagen einer Technischen Bildung für alle Menschen.

Anmerkungen

¹kostenloser Download unter <http://www.uni-potsdam.de/u/al/forsch/iforsch.html> Literatur

²Die OECD nennt letztere curricularübergreifende Kompetenzen: "Cross curricular competencies" - In: OECD (1997): Prepared for life? How measure cross competencies, Paris: OECD

³Hierzu liegen auch erste Konkretisierungen vor: Duismann, Gerhard H.; Meschenmoser, Helmut: Produkte herstellen – ein Kompetenzstufenmodell. In: Unterricht: Arbeit + Technik, Seelze 2007, Heft 37, S. 54-59.

⁴Ropohl, Günter: Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik 3., überarbeitete Auflage, Karlsruhe 2009. Kostenloser Download unter: <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000011529>

⁵Immer wieder lesenswert sind die Abschnitte über die „Arbeitsfraktion“ und „Technikfraktion“: Er charakterisiert damit ein einmalig trauriges Kapitel deutscher (ideologischer) Fachdidaktik.

⁶Das Buch liegt auch in deutscher Sprache vor: Standards für eine allgemeine technische Bildung – Inhalte technischer Bildung (ins Deutsche übertragen von Gerd Höpken, Susanne Osterkamp, Gert Reich): Villingen – Schwenningen 2003

⁷Mit dem Werk „Erkennen und Gestalten“ knüpft BANSE an das vielbeachtete Buch von Gerhard BANSE und Helge WENDT (†) „Erkenntnismethoden in den Technikwissenschaften“. Berlin 1986 an, das hiermit deutlich erweitert und aktualisiert wird. Darüber hinaus: BANSE, G. (Hg.): Auf dem Wege zur Konstruktionswissenschaft. Recherchen im Bereich der Konstruktionstheorie und -methodologie aus der Sicht der Technikphilosophie. BTU Cottbus 1997 (Lehrstuhl für Technikphilosophie, Berichte, Nr. PT-03/1997). sowie BANSE, G. : Erfinden im Spannungsfeld von Methodik, Heuristik und Kreativität. In: Banse, G.; MÜLLER, H.-P. (Hg.): Johann Beckmann und die Folgen. Erfindungen. Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff. Münster 2001

Literatur

BANSE, GERHARD; GRUNWALD ARMIN, KÖNIG WOLFGANG, ROPOHL GÜNTER (HRSG.): Erkennen und Gestalten. Eine Theorie der Technikwissenschaften. Berlin 2006.

BANSE, Gerhard; GRUNWALD Armin (Hg.): Technik und Kultur. Bedingungs- und Beeinflussungsverhältnisse. Karlsruhe 2010

BIRENBAUM, M.: Assessment 2000: Towards a pluralistic approach to assessment. In: BIRENBAUM, M. ; DOCHY, F.J.R.C. (Eds.), Alternatives in assessment of achievements, learning processes and prior knowledge (pp. 3-29). Boston 1996.

GRÄBER, W. et al.: Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen 2007

GRÄBER, W. ; NENTWIG, P.: Scientific Literacy - Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In: GRÄBER, W. et al. : Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen 2002, S. 7-20.

GRAUBE, Gabriele: Internationale Konzepte Technischer Bildung und Bildungsstandards. In: BIENHAUS, Wolf; HEIN, Christian (Hg.): Nachwuchsforum Technikdidaktik Villingen-Schwenningen 2003

GRAUBE, Gabriele: Kommunikation und Technik – ein systemischer Ansatz Technischer Bildung. Göttingen 2009.

GRAUBE, Gabriele; DYRENFURTH, Michael J.; THEUERKAUF, Walter E. (Hg.): Technology Education. International Concepts and Perspectives. Frankfurt am Main 2003.

HELMKE, Andreas: Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Seelze 2009.

Kerncurriculum Lernbereich Beruf-Haushalt-Technik-Wirtschaft/Arbeitslehre

KITTEL, Linda: Technische Bildung in Deutschland – Übersicht der einzelnen Bundesländer. Potsdam 2010 (Masterarbeit, Entwurf, unveröffentlicht)

KÖLLER, Olaf: Von Kompetenzbereichsmodellen zu Kompetenzstufenmodellen und ihrer Validierung. In: THEUERKAUF, Walter E.; MESCHENMOSER, Helmut; MEIER, Bernd; ZÖLLNER, Hermann (Hg.): Qualität Technischer Bildung: Zur Entwicklung von Kompetenzmodellen und Kompetenzdiagnostik. Berlin 2009

MEIER, Bernd: Untersuchungen zur Funktion, Linienführung und methodischen Gestaltung des Stoffgebiets "Arbeit mit technischen Baukästen". Potsdam 1985

MEIER, Bernd ; JAKUPEC, Viktor /NGUYEN Van Cuong: Bildungsstandards und Kompetenzen als Beitrag zur Entwicklung von Qualität im Bildungswesen. In: PETRULEWICZ, Boguslaw (Hg.): Wspolczesne problemy edukacji, pracy i zatrudnienia pracowników. Zielona Gora 2005

MEIER, Bernd ; Jakupiec, Viktor ; Nguyen Van Cuong: Das Kerncurriculum Arbeit – Wirtschaft – Technik – Arbeitslehre im Spiegel internationaler Tendenzen der Curriculumentwicklung. In: Unterricht: Arbeit + Technik. Heft 23/2004, S. 48-49.

MEIER, Bernd ; Jakupiec, Viktor: Australische Standards für Technologie. In: Unterricht: Arbeit + Technik. Heft 33/2007, S.17-22.

MEIER, Bernd ; Jakupiec, Viktor: Curriculum. In MEIER, Rolf ; JANßEN, Axel (Hg.): Co-achAusbildung: Ein strategisches Curriculum. Sternenfels 2010

MEIER, Bernd: Qualität Technischer Bildung. Aufgaben in technischen Kontexten als Katalysatoren von Lernprozessen. Tagungsbeitrag Karlsruhe 2009

MESCHENMOSER, Helmut: Nationale und internationale Kompetenzbereichs- und Kompetenzstufenmodelle zur technischen Allgemeinbildung. In: THEUERKAUF, Walter E.; MESCHENMOSER, Helmut; MEIER, Bernd; ZÖLLNER, Hermann (Hg.): Qualität Technischer Bildung: Zur Entwicklung von Kompetenzmodellen und Kompetenzdiagnostik. Berlin 2009

PLÖTZ, Rudolf: Prinzipien für die Neubestimmung des grundlegenden Bildungsgutes des Physikunterrichts. In: "Pädagogische Forschung". Heft 4+5/1967, S. 24-52

REETZ, L. ; SEYD, W.: Curriculare Strukturen beruflicher Bildung. In: ARNOLD, R./ LIPSMIEIER, A. (Hg.): Handbuch der Berufsbildung. Opladen 1995, S. 203-219

REETZ, L.: Wirtschaftsdidaktik. Bad Heilbrunn 1984

RESTON, VA: Standards for technological literacy: Content for the study of technology. International Technology Education Association. 2000

ROPOHL, Günter: Arbeits- und Techniklehre. Beiträge zur technologischen Bildung. Berlin 2004

ROPOHL, Günter: Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. 3., überarbeitete Auflage. Karlsruhe 2009.

SACHS, Burkhard: Skizzen und Anmerkungen zur Didaktik eines mehrperspektivischen Technikunterrichts. In: DEUTSCHES INSTITUT FÜR FERNSTUDIEN AN DER UNIVERSITÄT TÜBINGEN (Hg.): Technik - Ansätze für eine Didaktik des Lernbereichs Technik. Fernstudi-

enlehrgang Arbeitslehre. Studienbrief zum Fachgebiet Technik. Tübingen 1979, S. 41-80

SCHLAGENHAUF, Wilfried: Inhaltsfelder und Themen zeitgemäßen Technikunterrichts. Tagungsbeitrag 2009. (Internet) <http://www.dgtb.de/tagungen.html> (Zugriff am 12. 07. 2010)

TRAEBERT, Wolf Ekkehard (Hg.): Technik als Schulfach. Düsseldorf 1979–1987 (6 Bände).

THEUERKAUF, Walter E. ; Meschenmoser, Helmut ; Meier, BERND ; ZÖLLNER, Hermann: Qualität Technischer Bildung: Zur Entwicklung von Kompetenzmodellen und Kompetenzdiagnostik. Berlin 2009.

THEUERKAUF, Walter E.: Introduction to Didactics of Technology Education – “An Integrated concept for Technology Education in public schools“. Ankara 2008

UNESCO, International Institute for Educational Planning: Curriculum Content and Review Process (Chapter 20): Section 5: Curriculum and Learning. Paris: 2006

VDI: Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss. Düsseldorf 2007

WOLFFGRAMM, Horst: Allgemeine Techniklehre. Elemente, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten (Einführung in die Denk- und Arbeitsweisen der allgemeinen Techniklehre). Frankfurt/Oder 2006

Martin Binder

Inhalte technischer Bildung am Beispiel technischen Handelns

Vorbemerkung

Handeln Schülerinnen und Schüler, die ein vom Lehrer kleinschrittig vorgeplantes Werkstück herstellen? Man möchte das zunächst bejahen, immerhin arbeiten sie unter Umständen sehr viel praktisch. Dass Entscheidendes fehlt, zeigt exemplarisch eine Studie von HARTMUT GIEST aus dem Jahr 1996. In beobachteten Sachunterrichtsstunden stellte er bei Schülern in jeweils nur etwa 45% der Unterrichtszeit Formen von Handlungsplanung, Selbstkontrolle beim Handeln und Bewertung des Handelns bezüglich des Lernziels fest (GIEST 1996, S. 372f.). GIEST zieht eine ernüchternde Bilanz: Vier Jahre Unterricht gingen im Bereich der Handlungskompetenz an den Schülerinnen und Schülern nahezu spurlos vorüber.

Hier soll ein Anstoß gegeben werden, das zu ändern. Zunächst wird erläutert werden, was Handeln überhaupt ist. Dann wird der Orientierungsrahmen aufgezeigt: Welche Intentionen werden mit dem Konzept der gezielten Förderung von Handlungsfähigkeit verfolgt? Der Begriff der Handlungskompetenz muss dazu beleuchtet werden. In einem dritten Schritt wird ein Modell der Entwicklungsstufen technischer Handlungskompetenz vorgestellt. Abschließend werden Problembereiche des Modells angesprochen, die in dem Beitrag noch nicht geklärt werden konnten.

1. Begriffsbestimmung: Handeln

Was Handeln ist, scheint in der Alltagssprache klar: Man handelt, wenn man etwas macht, etwas tut. Bei genauerem Hinsehen zeigt sich aber, dass Handeln von Tun oder Verhalten unterschieden werden muss. Zwei vereinfachende Definitionen zeigen in der Kombination den Kern dessen, was mit Handeln gemeint ist, gut auf:

- Handeln heißt einen Plan aufstellen und ihn verwirklichen.
- Handeln ist das Tun, das unterlassen werden kann.

Drei Wesensmerkmale sind hier angesprochen: (1) Handeln ist planvoll, hat (2) als Kern eine Aktivität, die aber keiner Zwangsläufigkeit unterliegt, sondern (3) einen hohen Freiheitsgrad beinhaltet und damit eine willentli-

che Entscheidung des Handelnden voraussetzt.

Ein ausgearbeitetes Modell davon, wie Handlungen ablaufen, ist das Rubikonmodell der Handlungsphasen von HECKHAUSEN und GOLLWITZER. Es stellt die Bestimmungsmerkmale einer Handlung in Verbindung mit ihrem zeitlichem Ablauf dar.

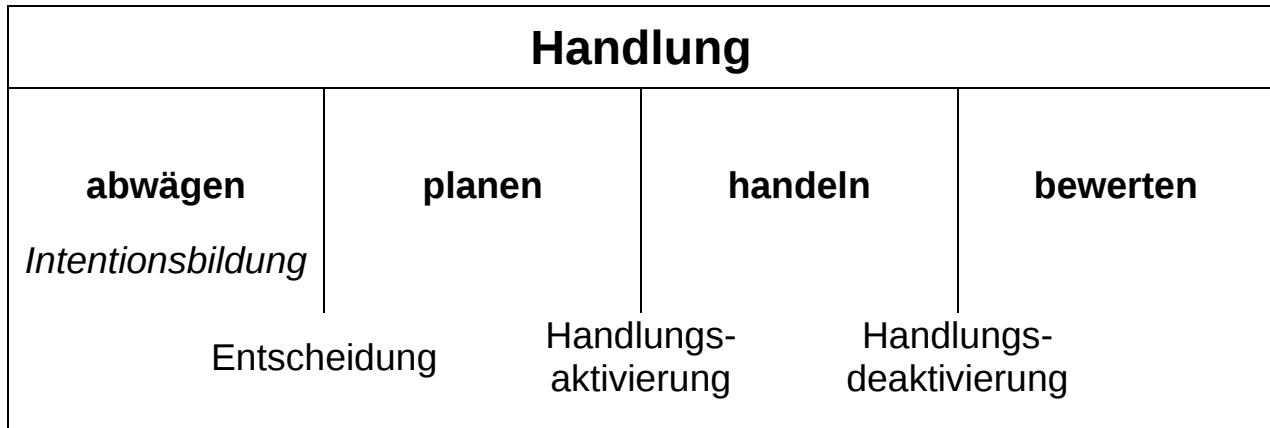


Abbildung 1: Rubikonmodell der Handlungsphasen (nach HECKHAUSEN, H. & HECKHAUSEN, J. (Hg.) 2009)

Zu Beginn steht das Bilden einer Intention, einer Zielvorstellung. Sie ist leitend für alles Folgende. Wird die Entscheidung getroffen, die Absicht auszuführen, folgt das Erstellen eines Plans. Der Plan leistet die Aufspaltung der Handlung in Teilschritte, für die jeweils eigene Unterziele gesetzt werden. Wenn die Umstände für die Ausführung günstig erscheinen, wird der Plan umgesetzt. Abschließend wird die Handlung bewertet: Handlungsergebnis und Handlungsfolgen werden mit den Zielen und dem Verlauf abgeglichen. Die Bewertung hat zwei Richtungen: in die Vergangenheit, auf die gerade durchlaufene Handlung hin, und in die Zukunft gerichtet, auf folgende Handlungen. Die Bewertungsphase ist Grundvoraussetzung für jeden Lernprozess und damit für die Ausbildung einer Handlungskompetenz.

An verschiedenen Stellen greift das, was oben mit Freiheitsgrad bezeichnet wurde: Welche Intention gebildet wird und welche Ziele gesetzt werden; ob die Entscheidung zur Handlungsausführung fällt (nach diesem entscheidenden Aspekt ist das Rubikonmodell benannt); wie die Handlung untergliedert wird; wann die Handlung gestartet und wann sie beendet wird. Eine Aktivität mit geringem Freiheitsgrad, also eine, in der keine bedeutsamen Entscheidungen getroffen werden können, ist reine Tätigkeit, aber keine Handlung. Handeln ist mehr, als auf einen Stimulus zu reagieren. Antrainierte Aktionsfolgen werden Programme oder Sets genannt, nicht Hand-

lungen. Gibt der Lehrer das Thema vor und führt die Schüler Schritt für Schritt durch den Lernprozess, handeln sie nicht. Auch nicht, wenn sie 90 % des Unterrichts praktisch arbeiten. Auch nicht, wenn der Lehrer das so arrangiert, dass den Schülern ganz klar ist, *warum* sie *was* tun. Wird das Entwickeln von Handlungskompetenz angestrebt, sind das keine Planungsoptionen.

2. Zur Zielebene des Beitrags

Was ist ein Inhalt für den Technikunterricht? WILFRIED SCHLAGENHAUF hat auf der vergangenen Tagung in Karlsruhe betont, dass Inhalte ohne ein Orientierungsraster, ohne Angabe der Intention, die hinter ihrer Auswahl steckt, nicht diskutierbar sind. Dieser Gedanke kann gar nicht deutlich genug hervorgehoben werden. Inhalte sind Setzungen. Jeder von uns kann einen Inhalt in den Unterricht einbringen; oder es geschieht administrativ, über die Bildungspläne. Es sei in diesem Zusammenhang an die Besprechung des baden-württembergischen Bildungsplans von Andreas Hüttner in tu 128 (HÜTTNER 2008) erinnert. Wichtig ist, dass nicht nur interessante Inhalte präsentiert werden, denen die Einordnung in eine didaktische Konzeption fehlt.

2.1 Die Ebene der Kompetenzen

Das aktuelle Stichwort für eine didaktische Ausrichtung ist das der Kompetenz. An ihm kommt keine Diskussion über Inhalte vorbei, weil Kompetenz das angibt, was bei der Behandlung von Inhalten herauskommen soll, das sog. *outcome*. Der Begriff mag reichlich überstrapaziert sein, aber er benennt die Ebene der Intentionen des Bildungsprozesses.

Hier wird als leitende Kompetenz, die im Unterricht gefördert werden soll, die Entwicklung der Handlungsfähigkeit vorgeschlagen. Ziel technischer Bildung ist, dass Schülerinnen und Schüler in technisch geprägten Alltagssituationen eigenständig und verantwortlich handeln können. Sie sollen nicht bloß wissen, wie ein technisches Objekt funktioniert. Sie sollen dazu befähigt werden, sich ihr Wissen, ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten so anzueignen, dass sie all dies in ihrem Leben anwenden können.

WEINERT definiert Kompetenzen als „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernten Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ (WEINERT 2001)

Eine Kompetenz ist danach erst erreicht, wenn Wissen, Fähigkeiten und

Fertigkeiten in konkreten Situationen erfolgreich eingesetzt werden. Das bedeutet, jeder Kompetenzbegriff beinhaltet immer auch die Ebene des Handelns, des praktischen Anwendens all dessen, was im Unterricht gelernt werden soll. Daher ist der Begriff *Handlungskompetenz* mehrschichtig: Aus formaler Sicht stellt er eine Tautologie dar – ein entscheidender Aspekt jeglicher Kompetenz ist die erfolgreiche Verwendung -, aus inhaltlich-analytischer Sicht bezeichnet er einen Teilaspekt dessen, was der komplexe Begriff Kompetenz einschließt – Personalkompetenz, Sozialkompetenz, Methodenkompetenz, Handlungskompetenz.

Auf das Handeln im Unterricht bezogen: Ohne die tatsächliche Realisierung der potentiellen Möglichkeit, ohne dass Schüler das, was sie lernen, auch einsetzen, kann nicht von Handlungskompetenz gesprochen werden.

2.2 *Fachspezifische Kompetenzen*

In welchen Bereichen können sich technikspezifische Kompetenzen zeigen? In den Vorschlägen des VDI zu Bildungsstandards für das Fach Technik (VDI 2004) wird eine Struktur für domänenspezifische Kompetenzbereiche vorgestellt. Handeln im Technikunterricht umfasst demnach das Konstruieren, Herstellen, Nutzen, Verstehen, Kommunizieren und Bewerten von Technik. Diese Kompetenzbereiche werden in der Folge als Grundlage verwendet, weil sie wichtige technische Handlungsarten abbilden.

2.3 *Die Ebene der Inhalte*

Kompetenzdebatten sind Absichtserklärungen. Bildungsprozesse finden aber nicht anhand reiner Absichten statt, sondern entlang konkreter Problemstellungen. Schülerinnen und Schüler erwerben keine „Kompetenzen in irgendetwas“, sondern zeigen ihre Kompetenzen im Handeln in konkreten Situationen. Woran genau bildet sich eine Kompetenz aus? Dafür muss der Lehrer vor Ort sorgen. Er muss einen Zugang finden, der es Schülern ermöglicht, in der Auseinandersetzung mit ihm die anvisierte Kompetenz zu entwickeln.

Kompetenzformulierungen geben das große Ziel vor, die konkrete Umsetzung im Unterricht geschieht immer mithilfe konkreter Inhalte. Vielleicht ist das die praktikabelste Definition dessen, was ein Inhalt ist: Ein Zwischenzustand auf der Planungsebene, ein Planungsgerüst, entlang dessen der optimale Weg gefunden werden kann, allgemeine, aber inhaltsleere Intentionen (z.B. als Kompetenzen formuliert) an konkreten, aber nicht übergreifend begründbaren Themen ausbilden zu können. Inhalte sind Setzungen, die zunächst mehr oder weniger beliebig sind und daher in Beziehung gesetzt werden müssen zu den Intentionen: Inwiefern eignet sich ein be-

stimmter Inhalt, um an ihm Handlungskompetenz zu entwickeln? Wenn man weiterhin bedenkt, dass Themen sich idealerweise vor Ort, aus der Unterrichtssituation ergeben, dann sieht man hier eine besondere Aufgabe der Lehrkraft, nämlich die Eignung eines Themas einschätzen bzw. die Dimensionen eines Themas mit Blick auf die zu erreichenden Kompetenzen erkennen zu können.

Am Rande, aber in direktem Zusammenhang: Eine besondere Schwierigkeit besteht in der Evaluation von Kompetenzen. Sie können die thematische Realisierung vor Ort nicht berücksichtigen, wenn sie, wie z.B. in Baden-Württemberg, zentral geplant werden. Dort wurden die Evaluationsaufgaben ohne Kenntnisse des konkreten Unterrichts gestellt und mussten dadurch äußerst allgemein formuliert werden, sodass eine fatale Inhaltsleere festzustellen war.

Vor einem vergleichbaren Dilemma steht unsere Tagung. Wenn Inhalte mit Aktualität kombiniert werden, entsteht ein Zwang zur Beschleunigung der didaktischen Diskussion, die nicht hilfreich ist. Eine der überzeugendsten Bestimmungen von Unterrichtsinhalten ist nach wie vor die von KLAFFKI: Inhalte müssen die Qualität „epochaler Schlüsselprobleme“ (KLAFFKI 1991) haben. Nur wenn sie ein Schlüssel für ein zentrales Problem der Gesellschaft sind, können sie sich vor einem übergeordneten Kontext legitimieren – Tagesaktualität genügt nicht.

Zusammenfassend: Inhalte sind eine Planungskategorie mittlerer Konkretisierungsebene. Sie sind nicht herleitbar, sondern reine Setzungen. Wer Setzungen im Bildungsprozess macht, muss seine Beweggründe legitimieren. In der gegenwärtigen Bildungsdebatte geschieht dies über den Begriff „Kompetenzen“. Inhalte können nicht an Bedeutungen geringer Halbwertszeit ausgerichtet werden, da sie über ein Unterrichtskonzept für Schülerinnen und Schüler zugänglich gemacht werden müssen. Das Ausarbeiten und Umsetzen von Konzepten benötigt Zeit; allein das verbietet ein zu großes Innovationstempo. Das darf über dem Tagungsmotto nicht übersehen werden.

3. Handeln als Inhalt

3.1 Status Quo

Technikunterricht ist überall dort auf eine Ausbildung der Handlungskompetenz ausgerichtet, wo er eine Methode technischen Handelns selbst zum Gegenstand des Unterrichts macht. Das passiert ansatzweise, wenn die Funktion vermittelnder Instrumente hervorgehoben wird, z.B. wenn Schüler mithilfe von Skizzen oder Prototypen ihre Entwürfe diskutieren. Am stärk-

ten wird es dort realisiert, wo Schüler Bedeutung und Ablauf einer Handlung lernen. Beispiele dafür sind:

- die Fertigungsaufgabe, die die Organisation einer komplexen technischen Handlung zum Gegenstand hat;
- das technische Experiment, bei dem die Schüler den kompletten Ablauf der Methode so lernen, dass sie sie in zukünftigen Situationen eigenständig einsetzen können;
- die Objektanalyse über eine Demontage-/ Remontageaufgabe, wo mithilfe von Explosionszeichnungen oder Fotografien prozedurales Wissen und Fertigkeiten genutzt werden.

Es bleibt die Frage, warum trotz dieser Beispiele das selbstständige und planvolle Handeln nicht häufiger zu beobachten ist. Meine Vermutung: weil das Handeln als zu selbstverständlich vorausgesetzt wird. Folgen dieser Selbstverständlichkeit: eine unreflektierte Begrifflichkeit; eine nur vage Vorstellung von der praktischen Verwirklichung; eine schwungvolle, aber unpräzise didaktische Diskussion. Sobald Schüler handeln, glauben wir „irgendwie“ die Handlungskompetenz zu fördern. Solange aber keine differenzierte Vorstellung davon besteht, was Handlungskompetenz ist und wie sie gefördert werden kann, handelt es sich eher um Lippenbekenntnisse als um Umsetzungskonzepte.

Die These dieses Beitrags lautet daher: Die Fähigkeit zum Handeln darf nicht nur als blumige Absichtserklärung im didaktischen Diskurs geführt werden, sondern muss explizit als wichtiges, epochales Schlüsselereignis unserer Kultur verstanden und als Inhalt des Technikunterrichts vergegenständlicht werden. Nur über die Vergegenständlichung als Inhalt des Unterrichts lässt sich eine Bildungsintention auch umsetzen.

Was aber macht die Fähigkeit zum Handeln aus? Zur Beantwortung dieser Frage dient ein domänenspezifisches Stufenmodell der Handlungskompetenz.

3.2 Entwicklungsstufen technischer Handlungskompetenz

Lernen ist ein Entwicklungsprozess. Es wäre wenig hilfreich, würde nur das Erreichen des letztendlichen Ziels als Lernfortschritt gesehen. Vielmehr sollten Zwischenstufen (an)erkannt werden. Dies ist wichtig für die Lehrperson, die den Lernprozess besser steuern kann, wenn sie über differenzierte Diagnoseraster verfügt. Es ist aber auch für den Lernenden hilfreich, weil er Teilschritte auf dem langen Weg zum Ziel als Teilerfolge verstehen

kann. Letztendlich ermöglicht dies den Beteiligten, Zwischenschritte überhaupt zu definieren.

Eine wichtige Grundlage für den Umgang mit Entwicklungsstufen im Bereich des Handelns stellt die Tätigkeitstheorie dar, die auf den Arbeiten von LEW WYGOTSKI (1987) aufbaut. WYGOTSKI sah als entscheidende Leistung des Lehrers, den Unterricht so zu gestalten, dass die Kinder stets von Aufgaben ihrer individuell nächsten Entwicklungsstufe herausgefordert würden. Die von ihm postulierten Eckpunkte und der Verlauf des Lernprozesses wurden wiederholt bestätigt. (Ein Überblick bei OERTER1996).

Zwei wichtige Prämissen WYGOTSKIS und seiner Nachfolger müssen einleitend erwähnt werden: Erstens darf unter Nachahmung, dieser Begriff spielt eine wichtige Rolle, nie das gedankenlose Nachmachen verstanden werden, sondern eine Tätigkeit mit fokussierter Aufmerksamkeit: „Wenn wir von Nachahmung reden, dann meinen wir keine mechanische, automatische, sinnlose Nachahmung, sondern eine einsichtige, auf dem Verstehen beruhende nachahmende Ausführung einer bestimmten geistigen Operation.“ (WYGOTSKI 1987, S. 82) Und zweitens: Erst das Wechselspiel von Handeln und Reflexion über das qualitativ Neue der nächsten Entwicklungsstufe bestimmt die Qualität des Lernfortschrittes.

Die Vertreter der Tätigkeitstheorie (besonders: ROGOFF, LAVE, BROWN und NEWMAN) entwickelten eine Stufenfolge der Entwicklung zur Handlungsfähigkeit: Nachahmung – teilselbstständiges Handeln entlang eines didaktischen Gerüsts – selbstständiges Handeln (zusammenfassend bei OERTER 1996, S. 257f.). Was bei dieser reduzierten Übersicht nicht ausformuliert ist, ist zum einen die Verzahnung von Tätigkeit und Reflexion. Zweitens zeigen experimentelle Arbeiten von GRÄSEL & MANDL (1993), dass die Umsetzung des dreistufigen Modells bessere Ergebnisse erzielt, wenn die Schüler zunächst die Möglichkeit hatten, das bearbeitete Problem selbstständig anzugehen.

Diese Ergänzungen können in das dreistufige Modell, wie Abbildung 2 wiedergibt, integriert werden:

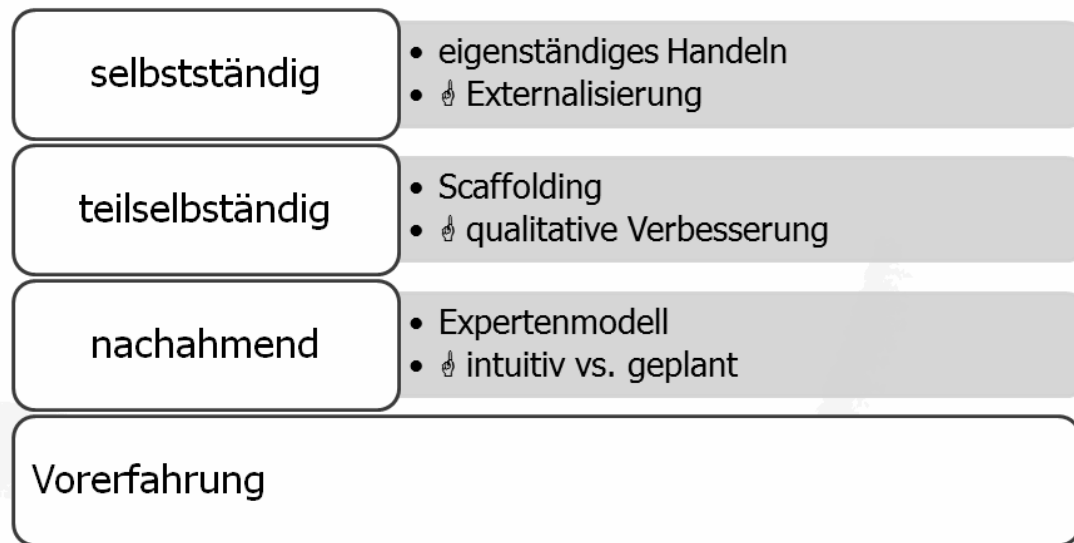


Abbildung 2: Kompetenzstufenmodell nach Wygotsky

Eine günstige Voraussetzung ist, wie gesagt, wenn die Schüler zunächst freie Erfahrungen mit einer Problemstellung machen können.

Eine Thematisierung der Grenzen des intuitiven Vorgehens leitet die Stufe der Nachahmung ein. Bei ROGOFF heißt das *guided participation*. Gemeint ist das verbale oder stille Begleiten eines Experten. Um einem Missverständnis vorzubeugen: Hier geht es nicht um das Einüben einfacher Handlungsprogramme wie Gewindeschneiden oder Löten. Ziel ist das eigenständige Handeln, daher muss Ausgangspunkt eine echte Problemlösesituation sein.

Zur Vorbereitung der Stufe der teilselbstständigen Tätigkeit sollte die neue Qualität des Vorgehens im Expertenmodell der Stufe 1 verbalisiert werden. Wie kann der angestrebte Soll-Zustand präzise formuliert werden? Wie wurde die Gesamthandlung in Teilschritte aufgelöst? Wie können Ziele sinnvoll definiert werden? Welche Planungsinstrumente helfen? In der nun folgenden Phase der teilselbstständigen Tätigkeit fädelt sich der Experte zunehmend aus der leitenden Funktion aus (zum Begriff „ausfädeln“ vgl. LAVE 1992). Eine adäquate Form der Unterrichtslenkung wird oft mit dem Bereitstellen eines Gerüsts (*scaffolding*) benannt. Wichtig ist, dass den Schülern in dieser Phase genügend Übungsmöglichkeiten gegeben werden, damit sie das Handlungsmodell internalisieren können.

Um den Schülern auf die Stufe des selbstständigen Handelns zu helfen, muss nun die prozessurale Struktur der Vorgehensweise thematisiert werden. Durch die Reflexion werden die internalisierten Handlungsstrategien externalisiert und dadurch deren eigenständiger Einsatz vorbereitet.

Dazu müssen die Schüler dann auch Gelegenheit bekommen. Die Erfahrung zeigt, dass es einige Anstrengung des Lehrers erfordert, Schüler, die selbstständiges Handeln gewohnt sind, zu einem eng geführten Unterricht zurückzubringen. Ein kurzer Rückblick auf die eingangs erwähnte Studie von GIEST: Trotz der fehlenden Einbindung der Handlungsfähigkeiten der Schüler in Planung und Auswertung ergriffen die Kinder von sich aus die Initiative. In fast 50% der Unterrichtssituationen regulierten sie ihr Handeln selbst. Es scheint in den Schülern also einer innerer Drang zum Handeln zu stecken, der sich nicht so einfach unterbinden lässt.

3.3 Umsetzungsmöglichkeiten des Modells der Kompetenzstufen

Wohin können diese Ansätze weiterentwickelt werden? Die Definition der Zielrichtung ist gleichzeitig eine Zusammenfassung des bisher Dargestellten: Intention eines jeden Unterrichts sollte die Förderung von Lebensbewältigung sein. Die Fähigkeit, eigenständig und verantwortlich und kompetent zu handeln, ist jeder Anhäufung deklarativen Wissens vorzuziehen. Unterricht sollte sich regelmäßig zwingen, Antwort auf die Frage zu geben, inwiefern er die Handlungskompetenz fördert. Handlungskompetenz sollte als Leitkompetenz verstanden werden.

Als Umsetzungshilfe kann eine kombinierte Sicht auf inhaltliche und qualitative Aspekte des Technikunterrichts dienen. Verbindet man die Kompetenzinhalte des VDI mit den Kompetenzstufen nach WYGOTSKI, so ergibt sich eine Übersichtsmatrix der Handlungskompetenz im Technikunterricht. Diese Übersicht kann als Planungs- und als Diagnoseinstrument nutzbar gemacht werden: Welche technischen Handlungsarten stehen im Kern des Unterrichts? Welche Niveaustufen werden angestrebt, welche wurden erreicht?

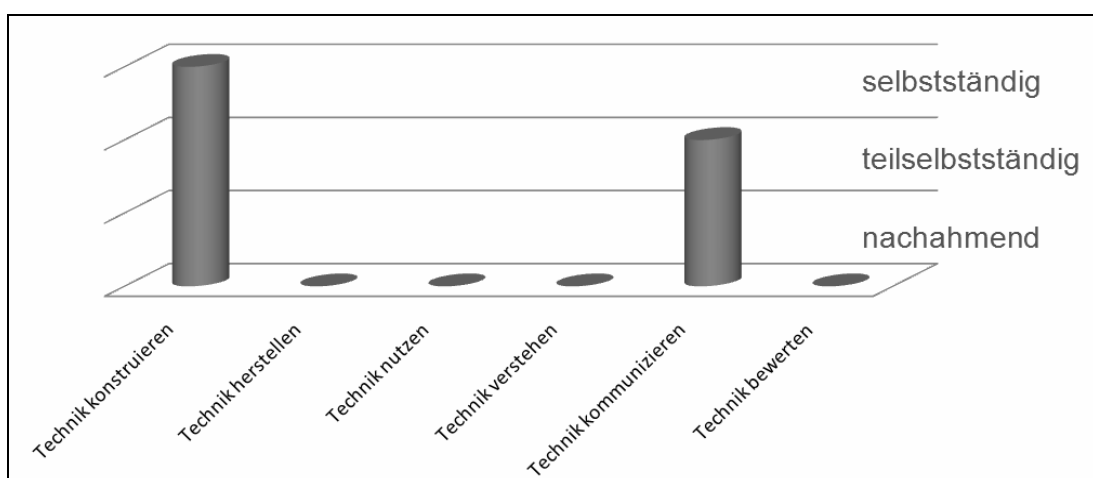


Abbildung 3: Matrix zur Handlungskompetenz im Technikunterricht

Zur Erläuterung der Abbildung: Die Werte des Säulendiagramms ergeben sich aus einem Unterrichtsbeispiel. Im Rahmen einer Einheit zum Thema Automatisierung entwickeln Schüler ein Magazin, aus dem über Pneumatikzylinder Werkstücke zugeführt werden. Ausgegangen wird von einer Gruppe, bei der die Konstruktionsaufgabe so eingeführt ist, dass die Schüler sie sicher beherrschen. Nach den Konstruktionsentwürfen folgt eine Besprechung, bei der die Schüler mithilfe ihrer Prototypen über ihre Entwürfe diskutieren, die Lehrkraft aber insgesamt noch steuernd eingreifen muss.

Die Bereiche *Technik konstruieren* und *Technik kommunizieren* sind, wie im Beispiel vorgegeben, stark entwickelt.

Die Fehlstellen in den Bereichen *Technik herstellen* und *Technik nutzen* ergeben sich aus den Handlungsschwerpunkten der Konstruktionsaufgabe.

Die Bereiche *Technik verstehen* und *Technik bewerten* stellen Felder dar, die im Rahmen einer Konstruktionsaufgabe nur entwickelt werden, wenn gezielte Unterrichtsaktivitäten erfolgen. Im Aufzeigen von Fehlstellen, so wie in dieser Abbildung dargestellt, könnte ein wichtiger Nutzen der Matrix liegen. So könnte als Abhilfe bspw. eine Erarbeitung der Bedeutung von Automatisierungsmaßnahmen initiiert werden. Wird hierzu ein Perspektivenwechsel zwischen der Sicht eines Arbeitgebers und der von Arbeitnehmern vollzogen, so bahnt sich das Bewerten technischer Prozesse an.

Je nachdem, wie weit die Schülerinnen und Schüler auf Hilfen des Lehrers angewiesen sind, kann von der Stufe 1 der Nachahmung, der Stufe 2 der mit Hilfen teilselbstständigen Erarbeitung oder von der Stufe 3 des selbstständigen Handelns (z.B. beim Abschätzen von Technikfolgen), gesprochen werden.

4. Offene Fragen

Hier konnte nur ein Rahmen abgesteckt werden. Um den Vorschlag in der Praxis zu verankern, müsste das Modell ausgearbeitet werden. Fragenfelder, die geklärt werden müssen, sind:

Konzeptuelle Fragen: Das Begriffsfeld „Handlungskompetenz“ muss ausdifferenziert werden. Wenn eine Handlung aus dem Abwägen, Planen, Ausführen und Bewerten besteht, muss konkretisiert werden, was in jeder dieser Phasen unter Kompetenz verstanden werden kann. Dabei muss phänomenologisch gefragt werden, was z.B. Planungskompetenz ist? Und es muss graduell unterschieden werden, was das Spezifische an nachahmender, teilselbstständiger und selbstständiger Planungskompetenz ist. Nur so lassen sich Unterrichtskonzepte zur Förderung dieser Teilbereiche

stringent entwickeln.

Methodische Fragen: Jeder der Kompetenzbereiche des VDI erfordert ein eigenes Instrumentarium. Welches sind die Hilfsmittel und Methoden, die zum kompetenten Lösen einer Konstruktionsaufgabe beitragen? Oder zur Kommunikation über Technik? Hierher gehören Ausarbeitungen zur funktionalen Verwendung von graphischen Darstellungen, zum Einsatz von Simulationsprogrammen, zur Messdatenerfassung usw. Dieses Feld hat enorme weiße Flecken in der didaktischen Forschung.

Unterrichtspraktische Fragen: Umsetzungsversuche des gestuften Kompetenzmodells müssen Antworten finden auf Probleme der Unterrichtsorganisation, z.B. des erforderlichen Zeitbedarfs. Dabei muss eine Gratwanderung gelingen, die den Aufbau prozeduraler Fähigkeiten ermöglicht, ohne den Unterricht in formal-methodisches Lernen abgleiten zu lassen. Das ist eine immerwährende Gefahr von Vorschlägen wie diesem, dass sie falsch verstanden werden als Ansatz eines formalisierten Lernens. Ein weiterer Punkt: Fragen, wie sich Lernleistungen beim Aufbau einer Handlungskompetenz bewerten lassen, zeigen die Notwendigkeit von Diagnoseinstrumenten für die Ermittlung des Kompetenzniveaus auf.

Um das einführende Beispiel aufzugreifen: Das bloße Vorhandensein praktischer Arbeitsphasen ist keine hinreichende Bedingung für handlungsorientierten Unterricht. Rein praktische Tätigkeit ist ein unterrichtsstrategisches Mittel, um Phasen verstärkter Kopfarbeit zu unterbrechen. Nur wenn die vier grundlegenden Handlungsphasen in Schülerhand liegen, kann das Attribut *handlungsorientiert* in Anspruch genommen werden. Um Handlungskompetenz gezielt zu fördern, muss das, was kompetentes Handeln bedeutet, in den Mittelpunkt des Unterrichts gestellt werden. Das muss zeitlich begrenzt geschehen, nicht als Selbstzweck, damit die Anwendung dessen, was gelernt wird, nicht verdrängt wird.

Literatur

GIEST, H.: Unterricht und kognitive Entwicklung in der Grundschule. In: Lompscher, J.: Entwicklung und Lernen aus kulturhistorischer Sicht: Was sagt uns Wygotski heute. Marburg 1996, S. 368-384

GRÄSEL, C. ; MANDL, H.: Förderung des Erwerbs diagnostischer Strategien in fallbasierter Lernumgebungen (Research report No. 26, Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie). München 1993

HECKHAUSEN, H. ; HECKHAUSEN (Hg.). Motivation und Handeln. Heidelberg 2009:

HÜTTNER, A.: Zur Situation der Technischen Bildung an den allgemeinbildenden Schulen in Baden-Württemberg. In: tu - Zeitschrift für Technik im Unterricht. Heft 128/2008, S. 5-11.

KLAFKI, W.: Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Weinheim, Basel 1991

OERTER, R.: Die Zone nächster Entwicklung - neu besehen. In J. Lompscher (Hg.), Entwicklung und Lernen aus kulturhistorischer Sicht: Was sagt uns Wygotski heute. Marburg 1996, S. 254-269

VDI: www.vdi-bb.de. Düsseldorf 2004. (Abgerufen am 27.08.2010 von <http://www.vdi-bb.de/bvbbb/projekte/bildung/VDIBildungsstandardsTechnik.pdf>.)

WEINERT, F.: Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: Ders.: Leistungsmessung in Schulen Weinheim: 2001, S. 17-31

Wygotski, L.: Arbeiten zur persönlichen Entwicklung. In: J. Lompscher (Hg.): LEW WYGOTSKI - Ausgewählte Schriften Band 2. Köln 1987

Weiterführende Literatur zum Thema Handlung:

LERCH, HANS-JÜRGEN ; RAUSCH, ADLY: Forschungsfocus: Handlung. Regensburg 2001

ROPOHL, GÜNTER: Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. 3. Auflage. Karlsruhe 2009

SCHNEEWIND, KLAUS.: Autonomes Handeln. In: Bittner, Günther: Personale Psychologie. Beiträge zur Geschichte, Theorie und Therapie. Verlag für Psychologie, Göttingen, Toronto, Zürich 1983, S. 135 – 151

HACKER, WINFRIED: Gibt es eine Grammatik des Handelns? In: HACKER, WINFRIED (Hg.): Kognitive und motivationale Aspekte der Handlung. Bern 1983

STADLER, M. ; SEEGER, F. (). Psychologische Handlungstheorie auf materialistischer Grundlage. In: H. LENK: Handlungstheorien - interdisziplinär Band 3 München 1981 S. 191-233

Anni Heitzmann

exreTu - Technikunterricht

Unterrichtsmodell "expliziter, reflektiver Technikunterricht"

Weltweit ist die Bedeutung einer *technical* und *technological literacy* erkannt (ITEEA 2007). Auch im deutschen Sprachraum wurden in den letzten Jahren im Zusammenhang mit der Diskussion um Bildungsstandards und deren Implementierung Standards für eine technische Bildung entwickelt (THEUERKAUF, MESCHENMOSER, MEIER & ZÖLLNER 2009; ENGSTROM 2006). Die Verankerung im Unterricht ist jedoch nicht ausreichend.

1. Zur Situation des Technikunterrichts heute (Blickwinkel Schweiz)

1.1 Verankerung mit HarmoS und Lehrplan 21

Obwohl auf der Makroebene des Bildungssystems im Projekt *HarmoS* (Harmonisierung des schweizerischen Schulsystems) Bekenntnisse für Technikunterricht gemacht werden (www.harmos.phbern.ch), ist die Umsetzung dieser Ziele und Standards auf der Meso- und Mikroebene schwierig. Allzu oft scheitert sie auch an den konkreten Bedingungen vor Ort, z.B. Schulausstattungen, Schulcurricula, Kompetenzen der Lehrpersonen.

In der Schweiz ist die Situation des Technikunterrichts nach wie vor durch Ambivalenz geprägt. Zurzeit wird ein neuer Lehrplan ausgearbeitet (Lehrplan 21; www.lehrplan21.ch). In Bezug auf Technikunterricht und Technikverständnis sind in diesem Lehrplan für die Sekundarstufe I zwei Bereiche wichtig: (1) der Bereich Musik, Kunst und Gestaltung mit **dem textilen und technischen Gestalten** und (2) der Bereich der Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften mit den vier themenbezogenen Fachbereichen **Natur und Technik** (mit Biologie, Chemie und Physik); Wirtschaft, Arbeit, Haushalt (mit Hauswirtschaft); Räume, Zeiten, Gesellschaft (mit Geschichte, Geografie) und Ethik, Religionen, Gemeinschaft (mit Lebenskunde). Explizit werden als Bildungsziele für Natur und Technik dort genannt: "Der Fachbereich nimmt Bezug auf die Fächer Biologie, Chemie, Physik **und Technik**" und "*...Bei den themenbezogenen Fachbereichen steht der ganzheitliche Zugang der Kinder und Jugendlichen zur Welt und ihren Phänomenen im Zentrum. Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler werden in der Auseinandersetzung mit ihrer natürlichen, sozialen, kulturellen und technischen Umwelt berücksichtigt und in Bezug zu fachlich gesichertem Wissen gebracht.*" (EDK 2010; Seite 19). Für den Fachbereich Gestaltung finden sich ähnliche Formulierungen: "Der Fachbereich wird auf die Förde-

*rung der Kreativität, der manuellen Fertigkeiten und der Ästhetik, auf Kenntnisse und Fähigkeiten in Kunst und Kultur sowie auf die **Förderung des Technikverständnisses ausgerichtet.**" (EDK 2010, Seite 18).*

Insgesamt ist der Lehrplan 21 ein problematisches Konstrukt. Dies zeigt sich an den wenig eindeutigen Abgrenzungen: Zwar werden als wichtig erkannte fächerübergreifende Ansätze ausgewiesen, aber strukturell wird durch die Orientierung an den fünf *HarmoS*-Bildungsbereichen und dem Bezug zur traditionellen Fächerlandschaft die Verwirklichung themenbezogenen Arbeitens wohl eher erschwert als erleichtert. Dies dürfte auch für einen modernen Technikunterricht gelten, der ja ganz klar als mehrperspektivisch definiert wird.

Diese unsichere Situation spiegelt sich auch in der aktuellen Situation auf der Mikroebene des Unterrichts: Die Auseinandersetzung mit Technik findet - wenn überhaupt - entweder im Naturwissenschaftsunterricht, hier aber meist sehr reduziert in einer abstrahierten, stark an naturwissenschaftlichen Grundlagen orientierten Form statt oder aber im sog. Werken, d. h. im gestalterischen Bereich, dort in den Schulfächern *Bildnerisches Gestalten*, *Textiles Gestalten* und *Technisches Gestalten*. Diese Fächer sind aber oft wegen ihrer geringen Stundendotation marginalisiert, z. T. werden die Angebote, je nach Schule, auch nur freiwillig als Zusatzangebote geführt. Der notwendige Halbklassenunterricht wird aus Kostengründen gestrichen, Materialkredite werden gekürzt. Oft unterrichten gerade auf der Sekundarstufe I auch Personen, die über keine entsprechende Ausbildung verfügen. Dies gilt sowohl für den Unterricht in naturwissenschaftlichen Fächern als auch für den Unterricht im textilen bzw. technischen Gestalten.

1.2 Die Bedeutung von Technikunterricht

Dieser eher pessimistischen Analyse der Umsetzung steht die große Bedeutung von Technikunterricht oder *technological literacy* gegenüber, wie sie allseits erkannt ist. Es ist mittlerweile unumstritten, dass ein Technikunterricht, der die Aufgabe hat *technological literacy* zu fördern, ein Technikverständnis vermitteln muss, das die Kluft zwischen abstrakten Inhalten der Naturwissenschaften und den technischen Anwendungen im Alltag (technische Alltagsgegenstände, Technologien) überwindet und vor allem auf technisches Handeln fokussieren muss. Es gibt inzwischen auch verschiedene erfolgversprechende Ansätze dazu, erwähnt seien hier einige rezente Projekte aus der Schweiz: *explore-it* (WEBER ET AL. 2010; www.explore-it.ch), die *Do-it-Werkstatt* (www.do-it-werkstatt.ch), das Projekt *Real-Tec* (www.real-tec.ch) oder das eben erschienene Lehrmittel *Technik begreifen* (BAUMANN; THEILER; BAUMANN 2010). Sie alle zielen auf einen Technikunterricht im Sinne einer Allgemeinbildung, der allen Schülern optimale Bil-

dungschancen in einer technisierten Welt ermöglicht und dabei wichtige Weichenstellungen für die Zukunft vornimmt. Dies im Sinne einer umfassenden Persönlichkeitsentwicklung und Bildung, die jungen Menschen das Bestehen in unserer heutigen Welt ermöglicht. Nicht nur können durch einen entsprechenden Technikunterricht vermehrt junge Frauen für technische Berufe gewonnen werden, es erhält auch der gesamte Berufswahlprozess eine andere Dimension, erfolgt er vor dem Hintergrund eines ganzheitlichen Technikverständnisses. Dies kann durchaus als Beitrag zur Lösung des gesellschaftlich wichtigen und medial transportierten Problems des Techniker- und Ingenieurmangels gesehen werden. Aber auch vor dem Hintergrund des gesellschaftlichen Bildungsverständnisses hat ein ganzheitlicher, mehrperspektivischer Technikunterricht eine große Bedeutung, werden doch gerade durch die handelnde Auseinandersetzung mit Technik auch sprachlich schwächere Jugendliche aus bildungsferneren Schichten besonders angesprochen.

Die oben erwähnten Projekte in der Schweiz bilden einen breiten Erfahrungshintergrund, der als Fazit zu folgenden Forderungen führt:

- Schüler müssen im Sinne einer umfassenden Allgemeinbildung das Recht haben, sich handelnd und innovativ mit Technik auseinanderzusetzen zu können. Technikunterricht ist demnach in der Schullandschaft zu verankern und in den Bildungsplänen zu konkretisieren.
- Alle Erfahrungen zeigen, dass das alte Bild der Trennung zwischen abstraktem Naturwissenschaftsunterricht einerseits und handelndem Werkunterricht andererseits überwunden werden muss.
- Lehrpersonen im Feld sind dringend auf Unterstützung angewiesen, sollen sie einen ganzheitlichen, mehrperspektivischen Technikunterricht realisieren. Diese Unterstützung ist sehr vielfältig, sie reicht von fachlichen Inputs, Weiterbildungen, stundenplan-organisatorischen Erleichterungen bis hin zu materiellen Unterstützungen.

2. Das Modell *exreTu* (expliziter, reflektiver Technikunterricht)

2.1 Unterrichtsansätze

Erfahrungen aus den oben erwähnten Projekten und Vorprojekten, die an der *Fachhochschule Nordwestschweiz* in der Ausbildung Sekundarstufe 1 realisiert wurden, sowie Erfahrungen aus anderen wissenschaftlichen Untersuchungen, führten zum Forschungsprojekt **exreTu** mit dem Unterrichtsmodell des expliziten, reflektiven Technikunterrichts.

Folgende Unterrichtsansätze liegen dem Modell **exreTu** zu Grunde:

- Der **handelnde Ansatz** oder "**Ingenieuransatz**", bei dem erfindender oder nacherfindender Unterricht mit einer technischen Aufgabenstellung im Mittelpunkt steht. Der Fokus liegt bei diesem Ansatz auf dem Kompetenzbereich *Technik konstruieren und herstellen*.
- Der **informierend-experimentelle Ansatz** oder "**funktionsanalytische Ansatz**", bei welchem informierender Unterricht mit der experimentellen Funktionsanalyse komplexer technischer Gegenstände oder Prozesse zentral steht. Der Fokus liegt bei diesem zweiten Ansatz auf dem Kompetenzbereich *Technik verstehen*. Das Erfinden/Nacherfinden oder Herstellen ist wegen der Komplexität oft nur beschränkt möglich. Das Verständnis kann auch analytisch und experimentell mit Modellen, Bausätzen oder realen Situationen erschlossen werden.
- Der **projektartige, "soziokulturelle Ansatz"**, bei welchem projektartiger Unterricht mit dem Fokus auf die gesellschaftlich-soziale Dimension von Technik im Vordergrund steht. Der Schwerpunkt liegt hier auf den Kompetenzbereichen *Technik nutzen* und *Technik bewerten*.

2.2 Konstituierende Merkmale von **exreTu**-Technikunterricht

2.2.1 Ingenieur-technisches Handeln

Der Unterricht ist problemlösend-handelnd, er orientiert sich am ingenieurtechnischen, erfindenden Handeln, das meist in einem Team realisiert wird. Kooperation und Kommunikation sind deshalb wichtige Strategien beim Problemlöseprozess.

2.2.2 Explizit machen von Technik - Technikbegriff erweitern

Technik wird in unserer Zeit wegen ihrer Omnipräsenz oft nur sehr spezifisch, z. B. alte Industrietechnik, aber nicht umfassend wahrgenommen. Mit dem **exreTu**-Ansatz soll Technik explizit zum Thema werden. Technik soll ganzheitlich und mehrperspektivisch betrachtet und erfahren werden. Schülerinnen und Schüler erwerben sich einen erweiterten Technikbegriff.

2.2.3 Explizieren von Technik - Nutzung von Denkstrategien

Auf Grund der Erkenntnisse moderner Lehr-/Lernforschung, die die Bedeutung metakognitiver Strategien für die Verbesserung von Lernleistungen - besonders beim Problemlösen - betonen (vgl. ARTELT 2008; ATKINSON ET AL. 2003; NÜCKLES ET AL. 2009), fokussiert das Projekt auf das Explizieren von Strategien und Handlungsweisen und das Bewusstmachen kognitiver und

metakognitiver Strategien, die beim Erfindungs- und Herstellungsprozess eingesetzt werden. Da beim technischen Problemlösen die Kommunikation eine ganz wichtige Rolle spielt, wird der Strategie der Explikation, d.h. dem Erklären, ein besonderes Gewicht beigemessen. Einerseits soll diese Strategie durch ‚erzwungene‘ Erklärungen, andererseits durch ein bewusstes Verwenden des Problemlösezyklus (vgl. auch Meilensteine der Intervention) geübt und angewandt werden.

2.2.4 Rollenverständnis - Berufsrollen

Für Sekundarschüler ist die Berufswahl ein wichtiger Zeitpunkt in ihrer Laufbahn. Deshalb wird **exreTu** mit Berufserkundungen gekoppelt und fördert die Auseinandersetzung mit verschiedenen Berufsrollen. Die fiktiven Schülerfirmen oder Arbeitsteams, die zur Lösung von technischen Problemen gebildet werden, fördern das bewusste Rollenverständnis und ermöglichen die Auseinandersetzung mit einer spezifischen (Berufs-)rolle.

3. Das Forschungsprojekt **exreTu** (Ziele und Forschungsdesign)¹

Ausgehend von den dargelegten Erfahrungen wurde das Forschungsprojekt **exreTu** geplant. Es setzt sich mit der Frage des Technikunterrichts auf drei Ebenen auseinander:

- **auf der Ebene des Curriculums** wird die Interessensförderung für Technik und technische Problemstellungen in der Sekundarstufe I ins Blickfeld genommen.
- **auf der Ebene der Forschung** werden Zusammenhänge zwischen Technikinteresse bzw. Technikunterricht und Berufswahl untersucht, dies weil so wichtige Hinweise zur Gestaltung der Berufswahlphase oder für die Steuerung von Berufswahlentscheidungen gewonnen werden könnten.
- **auf der Ebene der Schüler** sollen mit dem expliziten, reflektiven Technikunterricht Technikkompetenzen erworben und das Interesse an technischen Problemstellungen gesteigert werden. Damit wird die Grundlage geschaffen, dass sich die Jugendlichen auch bei ihrer Berufswahl verstärkt mit Technikberufen auseinandersetzen und auch bereit sind, einen solchen zu ergreifen.

Das Forschungsprojekt enthält zwei Teile: eine Befragung und eine Intervention mit einem Pre-/Post-Design, die mit einer Versuchsgruppe (15 Klassen) und einer gleich großen Kontrollgruppe durchgeführt wird.

Zusammenfassend lassen sich folgende Schritte des Projekts darstellen:

- Mit der Befragung werden das Technikinteresse und die Berufswünsche von Jugendlichen der Sekundarstufe I (7./8. Klasse) im Bildungsraum Nordwestschweiz erhoben.
- In der Intervention wird mit einer Versuchsgruppe die Technikkompetenz erhoben und anschließend Technikunterricht gemäß dem Modell *expliziter, reflektiver Technikunterricht* als Unterrichtsversuch durchgeführt. Dazu werden vorgängig zusammen mit den Lehrpersonen in einer Weiterbildung die Unterrichtsbeispiele für Technikunterricht entwickelt.
- Nach der Intervention wird der Zuwachs an technischen Kompetenzen bei der Versuchs- und Kontrollgruppe verglichen, ebenso wird festgestellt, ob der erfolgte Technikunterricht einen Effekt auf das Technikinteresse und die Berufswünsche der Jugendlichen hat.

4. Fokus Intervention: **exreTu** - Konzept und Themenbeispiele

4.1 Orientierung an Kompetenzbereichen

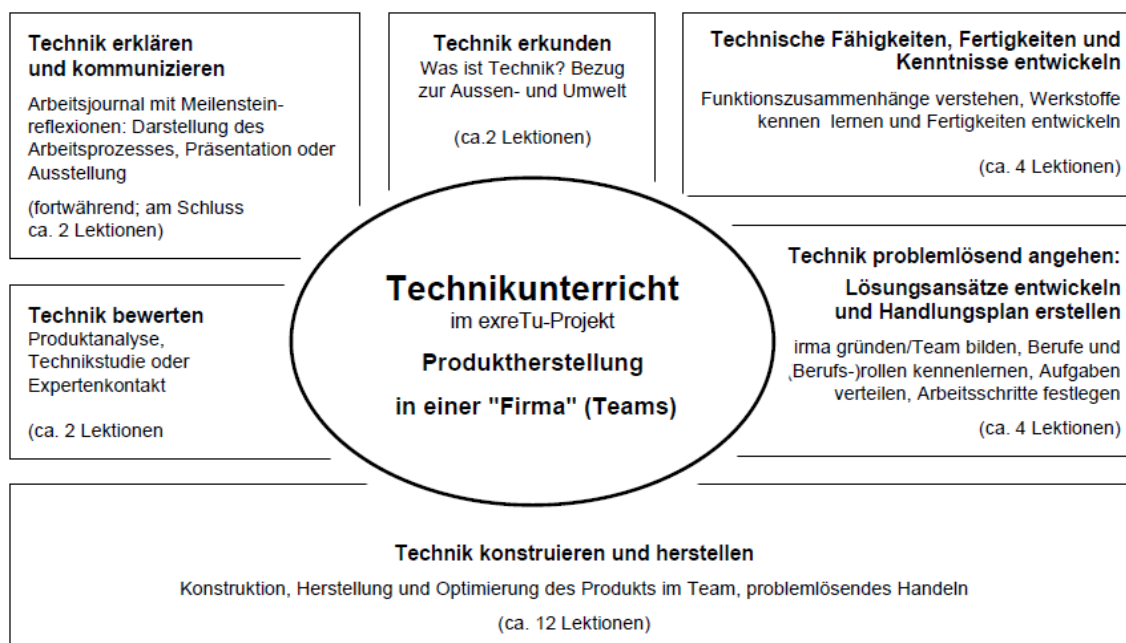


Abbildung 1: Kompetenzbereiche im Handlungsfeld Arbeit und Produktion

Wie in Kap. 2 dargelegt, liegen dem Unterrichtsmodell **exreTu** bestimmte Ansätze zu Grunde. Mit dem Forschungsprojekt sollen bestimmte Aussagen zu den Effekten des **exreTu**-Unterrichts gemacht werden. Dies bedingt, dass der **exreTu**-Unterricht gewissermassen standardisiert werden muss. Für das Forscherteam war von Anfang an mit dem Projekt auch 'Un-

terrichtsentwicklung' angelegt, die Weiterbildung von Lehrpersonen bildet ja einen wichtigen Bestandteil der Intervention. Deshalb war auch klar, dass sich **exreTu**-Unterricht thematisch nicht nur auf ein Beispiel beschränken durfte. **Der exreTu**-Ansatz sollte mit verschiedenen Beispielen durchgeführt werden können und auch je nach Rahmenbedingungen und Klasse anpassbar sein.

Die Intervention wurde deshalb an den sechs Kompetenzbereichen (siehe oben) ausgerichtet: *Technik erkunden, Technische Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnisse entwickeln, Technik problemlösend angehen, Technik konstruieren und herstellen, Technik bewerten und Technik erklären und kommunizieren*, die sich ihrerseits an den Kompetenzbereichen des VDI 2007 und den Handlungsfeldern von Technikunterricht (HILL 2009), speziell dem Handlungsfeld *Arbeit und Produktion* orientieren.

4.2 Konzept und Konzeptraster

Zur Unterstützung und zuhänden der Lehrpersonen wurde das Konzept in Form eines Konzeptrasters für die sechs Kompetenzbereiche mit den verschiedenen durchzuführenden Arbeitsschritten für die Sequenz **exreTu**-Technikunterricht ausgearbeitet und mit 23 Arbeitsschritten konkretisiert. Mit sogenannten Meilensteinen, die in Form von obligaten Unterrichtsdokumentationen eingefordert werden, wird das Ziel des entsprechenden Kompetenzbereichs vorgegeben und die Zielerreichung im Projekt dokumentiert. Die Meilensteine liefern das Datenmaterial für die qualitativen Auswertungen.

Für die sechs Themenbeispiele: *Licht-Leuchte, Schokolade, Naturkosmetik, Alarmanlage-Flip Flop-Schaltung, Leichtbaufahrzeuge und Outdoor-Bekleidung* wurde dieses Grundkonzept in einem ersten Durchgang konkretisiert. Nach der Wahl durch die Lehrpersonen werden nun die drei Beispiele: *Schokolade, Licht-Leuchte und Leichtbaufahrzeuge* durchgeführt und für das Forschungsprojekt verwendet.

Die Intervention ist also einerseits durch eine gewisse Offenheit (Wahlmöglichkeiten für Lehrpersonen und Schüler) gekennzeichnet, andererseits wird durch bestimmte vorgegebene Arbeitsschritte und das Einfordern von metakognitiven Strategien in Form von Meilensteinreflexionen (Tabelle 1) die für Forschungszwecke benötigte Standardisierung und Verbindlichkeit erreicht. Mit der Vorgabe einer Aufgabe aus dem Handlungsfeld *Arbeit und Produktion* und einer gleichzeitig weitgehend offenen Handlungssituation für Schüler (sie dürfen "ihr" eigenes Produkt erfinden und müssen im Team "ihre" spezifischen Probleme lösen), ist genug Offenheit für eigenständiges technisches Handeln gegeben, gleichzeitig aber wird dafür gesorgt, dass in

bestimmten Phasen mit vorgegebener Steuerung das notwendige Wissen (z.B. Lehrgänge Werkstoffbearbeitung, Übungen) erworben werden kann.

Meilenstein	Ziel	Phase/Arbeitsschritte
1	Vorstellung von weit gefasstem Technikbegriff	Nach AS 1 und 2
2-1	Produktbewertung nach vorgegebenen Kriterien	Nach AS 3 und 4
2-2	Erkundung: industrielle Produktion	Nach AS 5
3-1	Funktionsablauf, Planskizzen	Nach AS 6,7,8,9,10
3-2	Dokumentation Problemlöseprozess	Nach AS 11
4	Teamorganisation (Berufsrollen, Firma)	Nach AS 12, 13, 14
5-1	Lösungsansätze entwickeln (Reflexion)	
5-2	Handlungsplan für Produktprozess, Skizze bzw. Plan des geplanten Produkts	Während AS 15, 16, 17
6	Reflexion beim technischen Handeln	Nach AS 18, 19,
7-1	Beurteilungen	Nach 20 und 21
7-2	Schlussreflexion	Nach 23

Tabelle 1: Übersicht Meilensteine

Auszüge aus dem Konzeptraster:

A1) Technik erkunden: Technikbegriff (ca. 2 Lektionen):

Was ist Technik überhaupt und wie können wir Technik beschreiben?

Aufgabenstellungen / Arbeitsschritte (AS)	Mögliche Umsetzungen (Umsetzung vorgegeben)	Empfehlung Zeitpunkt
AS 1: Definition(en) Technikbegriff: Was ist Technik überhaupt? Was kann Technik alles sein?	-Sichtung ausgewählter, technischer Produkte aus Schokolade -Kennenlernen des Entstehungszyklus dieser Produkte: Entwicklung, Herstellung, Bedarf, Entsorgung -Begriff Technik ausloten	Am Anfang
Meilenstein 1: Vorstellung von weit gefasstem Technikbegriff		nach AS 1 und 2
B) Technische Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnisse entwickeln (ca. 4 Lektionen): Funktionszusammenhänge verstehen, Werkstoffe kennen lernen und Fertigkeiten entwickeln		
AS 6: Hintergrundverständnis: Phänomen Licht physikalisch verstehen (Teilchen, Wellen, Newton-Spektrum..)	Infovermittlung: Wahl durch Lehrperson	Nach ersten Erkundungen; vor und während der Planung und Herstellung des eigenen Produkts
AS 7: Geschichtlicher Bezug: Entwicklung der künstlichen Beleuchtung kennen lernen (z.B. „Vom Kienspan zur LED“ od. „Wer waren Th. A. Edison und W. v. Siemens?“)	-Referat -historische Entwicklung von technischen Verfahren, Erfindung des Produkts, Begriff Fortschritt	
AS 8: Werkstoffbearbeitung: Auseinandersetzung mit ausgewählten Werkstoffen (z.B. Kunststoffverarbeitung) Einführung in die Be- und Verarbeitung Kennenlernen der Techniken	-Materialuntersuchung und -erprobung -Einfache Übungen und Fertigungsaufgaben -Kenntnisse und Fertigkeiten in Bedienung von Werkzeugen und Anwendung bestimmter Verfahren	

AS 9: Anwendungen, Übungen zum Verständnis: Zusammenbau von Kabel, Stecker, Schalter, Fassung Lichtwirkung untersuchen: Optimales Zusammenspiel von Leuchtmittel und Schirm/Material Lösungen für funktionale Probleme entwickeln: Verbindungen, Gelenke, Aufhängungen etc.	-Lehrgang -Übungsaufgabe mit Problemlösung -Gestalterisches Experiment -Technische Experimente	
Meilenstein 3-1: Funktionsablauf, Planskizze		nach AS 6, 7, 8, 9 und 10

Beispielfrage aus der Schülerdokumentation Meilenstein 3

Frage: Komisch, dass vom Velodynamo nur ein Draht zum Scheinwerfer resp. Rücklicht führt. Eigentlich müssen doch zwei Leitungen da sein, damit der Stromkreis geschlossen ist.

Diskutiert zu zweit, was passiert, damit das Vorder- und das Rücklicht am Velo leuchten. Schreibt anschließend eure Vermutung auf.

5. Fokus Explikation und Metakognition

Wie in Kap. 2 erläutert, bildet die Nutzung von Denkstrategien ein wichtiges Kennzeichen von explizitem, reflektivem Technikunterricht. Dazu müssen diese bewusst gemacht werden.

5.1 Explikation technischer Funktionsabläufe

In der Technik ist das Verständnis der Funktion von technischen Systemen wichtig. Kenntnisse zur Funktion werden beim technischen Handeln immer wieder erworben und benötigt, sie stellen eine eigentliche Schlüsselkompetenz beim technischen Handeln dar. Oft wird das Funktionieren technischer Systeme von Schülern gar nicht verstanden, weil sie nicht Gelegenheit haben, die komplexen Systeme zu untersuchen und in Form von Teilsystemen zu verstehen. Sie werden mit abstrakten Präsentationen oft in Form von grafischen Darstellungen oder Abbildungen, beschriftet mit Fachbegriffen, konfrontiert und sind in der Folge überfordert. Komplexe Systeme wie technische Systeme können nach AESCHBACHER 2009 in ihrer Funktion besser verstanden werden, wenn in der Auseinandersetzung mit dem System zunächst undifferenzierte Vorstellungen geäußert werden und ein Be-

wusstsein für das spezifische Funktionsproblem geweckt wird. Anschließend erfolgt eine *Zerlegung*, der Funktionsablauf wird zeitlich und strukturell in Teilphasen oder Teilsysteme aufgeschlüsselt, welche ikonisch dargestellt und verbal kommentiert werden. Diese *Teile* werden dann reflektierend mit den undifferenzierten Ausgangsvorstellungen in Verbindung gebracht und so werden Zusammenhänge erkannt.

Im **exreTu**-Projekt ist deshalb das Erklären von Funktionsabläufen ein wichtiger Arbeitsschritt und das Vorgehen gemäß folgender Teilschritte festgelegt. Es hat zum Ziel, durch das grafische und verbale *Explizit-Machen* der metakognitiven Strategien das Verständnis von technischen Funktionen zu entwickeln.

Folgende Schritte werden eingehalten:

Die Schüler müssen Raum haben, ihre undifferenzierten Vorstellungen und Vorbegriffe zu äußern, z.B. sollen Assoziationen in einem Brainstorming erfasst, Umschreibungen von Vorgängen gemacht und Begriffe oder Fachwörter hinterfragt und definiert werden. Mit einer Problemstellung oder auch der Frage "Wie könnte das funktionieren?" werden sie zur Auseinandersetzung mit der Sache motiviert

=> undifferenzierte Vorbegriffe durch eine Problemstellung oder Frage hervorholen.

Die Funktion wird untersucht, wenn möglich handelnd oder auch analysierend. Komplexe Abläufe werden dabei strukturell und zeitlich aufgeschlüsselt

=> verschiedene Phasen unterscheiden, hintereinander als Bilder darstellen.

Die erarbeiteten Darstellungen werden mit den ursprünglich undifferenzierten Vorstellungen in Beziehung gebracht, z.B. durch Fragen wie „Was stimmt nicht?“, „Was stimmt genau?“

=> die Schüler Probleme, Unstimmigkeiten selbst erkennen lassen.

Der Gesamtablauf wird vereinfacht und abstrahiert in Schritten und Phasen dargestellt, die undifferenzierte Vorstellung mit der differenzierten ("richtigen") Vorstellung verknüpft
=> der Vorgang kann so verstanden und erklärt werden.

Erst dann werden Fachwörter eingeführt oder Optimierungen diskutiert
=> den Vorgang fachlich richtig erklären können.

5.2 Reflexion: Allgemeine Förderung von Denkstrategien

Beim technischen Handeln während eines Problemlöseprozesses spielen Denkstrategien eine wichtige Rolle. Zudem belegen verschiedene Forschungsergebnisse (vgl. Kap.2), dass kognitive und metakognitive Impulsfragen, die die Reflexion anregen, während eines Lernprozesses zu besseren Lernleistungen führen. Ein wichtiges Ziel des Forschungsprojekts

exreTu ist es, Schüler anzuregen, ihre Denkprozesse offen zu legen und zu kommunizieren. Man kann solche metakognitiven Prozesse nur schwierig erfassen. Möglichkeiten sind Protokolle (Tonband, Videoaufnahmen von Diskussionen, Äußerungen) oder die Anregung zum Führen eines persönlichen Lerntagebuchs oder Arbeitsjournals. Im **exreTu**-Projekt wird ein Arbeitsjournal geführt, weil neben individuellen Beobachtungen auch Diskussionsergebnisse der Gruppe festgehalten werden. Mit diesem Arbeitsjournal wird die Unterrichtssequenz Technikunterricht dokumentiert und mit Impulsfragen (sog. kognitiven und metakognitiven *prompts*) werden während der Intervention bestimmte Reflexionen *angeklickt*. Das Arbeitsjournal kann, darf und soll von den Schülern auch selbst gestaltet und ergänzt werden, hier kann die Lehrperson je nach Klassensituation entscheiden.

Im **exreTu**-Projekt werden metakognitive Prozesse durch geeignete *settings* (vorgegebene Arbeitsschritte und Meilensteine) explizit gemacht (s. o.) und können danach qualitativ untersucht werden.

Die Impulse und Reflexionen können **vor** einem Arbeitsprozess, **begleitend** oder **rückschauend** auf einen Arbeitsprozess gegeben werden.

Die ausgearbeiteten Meilensteine enthalten kognitive (1) und (2) und metakognitive Impulse (3) und umfassen:

- *Organisation des Wissens* : "Welches waren wichtige Dinge, die ich heute gelernt habe?", "Was habe ich gemacht?", etc.

- *Elaboration des Wissens*: "Welches Beispiel zeigt die Anwendung dieses Prinzips?", "Welche Beziehung zum vorher Gelernten hat das?", "Wie kann ich es bestätigen?", "Gibt es Konflikte zu früher Gelerntem?", "Wo stimmt es, wo nicht?".
- *Überwachung und Kontrolle*: "Was habe ich noch nicht verstanden?", "Was habe ich gut verstanden?", "Wo habe ich Schwierigkeiten?" und Hilfsstrategien "Welche Möglichkeiten habe ich, die Probleme zu lösen", "Wo kann ich mehr erfahren?", "Wo kann ich Hilfe holen?", "Was müsste ich besser machen?"

Da auch hier die einzelnen Klassensituationen unterschiedlich sind, ist es der Lehrperson überlassen, welche Reflexionen sie durchführt, es wird angeregt, tägliche Reflexionen in die **exreTu**-Unterrichtssequenz einzubauen, aber verbindlich für das Forschungsprojekt sind nur die vorgegebenen Meilensteine.

6. Fokus Fragebogen: Umfrage Technikinteresse und Berufswünsche

Es kann im Rahmen der vorliegenden Publikation nicht dieser ganze erste Teil des Forschungsprojekts dargelegt werden. Um einen Einblick zu geben, werden hier die wichtigsten Untersuchungsparameter des Forschungskonstrukts dargelegt. Vorgesehen sind drei Befragungen, je eine vor und eine nach der Intervention sowie eine *follow-up*-Befragung ein Jahr nach Abschluss der Intervention. Die Fragen orientieren sich an Fragebogen zu Interessensstudien und Berufswahlerfassung.

Für die Auswertung stehen folgende Fragen im Vordergrund:

- Wie groß ist das Interesse an Tätigkeiten/Inhalten, die mit Technik zu tun haben?
- Welche Berufswünsche haben Jugendliche? In welchen Technikbereichen können sich Jugendliche vorstellen zu arbeiten?
- Welche Wirkung hat der Technikunterricht auf das Interesse, die Selbstwirksamkeitserwartung und die gesellschaftliche Bedeutsamkeit von Technik?

7. Ausblick: Kompetenzmessung (Schwierigkeiten - Möglichkeiten)

Interessant ist natürlich auch die Forschungsfrage, ob Technikunterricht Effekte bezüglich einer Veränderung der Technikkompetenzen hat.

Die Messung von Technikkompetenz ist eine der großen Herausforderungen des Projekts. Zum einen können sicher mit qualitativen Methoden auf der Basis der Arbeitsjournale Hinweise zum Kompetenzerwerb gewonnen werden. Zum andern aber wäre ein Pre-/Post-Vergleich natürlich interessant. Dazu müssen aber valide Instrumente zur Messung vorhanden sein. Zurzeit werden verschiedene Möglichkeiten geprüft. Im Zusammenhang mit standardisierten Kompetenzmessungen wie *PISA* oder in der Schweiz *HarmoS* könnten einige ausgewählte Aufgaben mit technischen, problem-lösenden Fragestellungen verwendet werden, diese haben aber nur wenig Bezug zum Projekt und würden nur ganz spezifische Aspekte überprüfen, z.B. die Problemlösefähigkeit.

Möglich wäre es andererseits auch, sich nur auf qualitative Methoden zu beschränken und ausgewählte technische Kompetenzen anhand von ausgewähltem praktischen Handeln zu überprüfen. Dazu könnten Aufgabenbeispiele von *explore-it* verwendet werden, wie z.B. der Zusammenbau eines Elektromotors, Bau eines Kompasses. Letztendlich würde sich - in Anbetracht der Schwierigkeiten geeigneter Instrumente - auch die Verwendung eines Metawissenstests anbieten. Hier würden die Schüler in einer Befragung beantworten, wie sie sich in bestimmten Situationen beim technischen Problemlösen verhalten würden. Obwohl diese Art der Befragung wissenschaftlich noch wenig untersucht wurde, würde sie zur Forschungsanlage des Projekts passen. Der Metawissenstest testet das Wissen der Lernenden über Lernstrategien. Dazu wird jeweils ein Szenario z.B. zu *einem* Problem, das beim technischen Handeln auftreten könnte, vorgegeben mit verschiedenen Antwortalternativen. Die Schüler müssen dann die verschiedenen Antwortalternativen bewerten, nachdem sie alle Antwortalternativen durchgelesen haben. Die Alternativen werden dadurch in Relation zueinander bewertet und es können Hinweise über vorhandene bzw. nicht vorhandene Strategien, die als Merkmal für Technikkompetenz identifiziert wurden, gewonnen werden.

Nicht zuletzt erhoffen wir uns, von der Tagung Anregungen zur schwierigen Frage der Technikkompetenzmessung zu erhalten, sei es in der nachfolgenden Diskussion oder im Laufe der Tagung.

Literatur

- AESCHBACHER, U.: Eine Lanze für das Erklären. Beiträge zur Lehrerbildung 27(3) 2009, S. 431-437
- ARTELT, C.; SCHELLHAS, B.: Zum Verhältnis von Strategiewissen und Strategieanwendung und ihren kognitiven und emotional-motivationalen Bedingungen im Schulalter. Empirische Pädagogik 10/1996, S. 277-310
- ATKINSON, R. K.; RENKL, A.; MERRILL, M. M.: Transitioning from Studying Examples to Solving Problems. Effects of Self-Explanation Prompts and Fading Worked-Out Steps. Journal of Educational Psychology 95(4) 2003, S. 774-783
- BAUMANN, K.; THEILER, F.; BAUMANN, S.: Technik be-greifen. Bern 2010
- ECKEBRECHT, D.; SCHNEEWEISS, H.: Naturwissenschaftliche Bildung. Gedanken und Beispiele zur Umsetzung von Scientific Literacy. Stuttgart, Düsseldorf, Leipzig 2003
- EDK: Grundlagen für den Lehrplan 21. In: E. Erziehungsdirektorenkonferenz (Hg.) 2010. Available from <http://www.lehrplan21.ch>
- EDK: Grundlagenbericht für den Lehrplan 21. In: N. EDK, E. Ost & BKZ (Hg.) 2010
- ENGSTROM, D. E.: Changes and Progress in elementary technology education. Rotterdam 2006
- GRÄBER, W.; NENTWIG, P.; KOBALLA, T.; EVANS, R. H.: Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Opladen 2002
- HILL, A.: Reflections on twenty years of wandering through the pathways and forest of technological education in Ontario, Canada. Rotterdam 2006
- ITEEA: Standards for Technological Literacy: content for the study of technology. In: I. T. a. E. E. Association (Eds.) 2007. Available from <http://www.iteea.org/Publications/publications.htm>
- NÜCKLES, M.; HÜBNER, S.; RENKL, A.: Enhancing self-regulated learning by writing learning protocols. Learning and Instruction. 19/2009. S. 295-271
- STUBER, T.: Lehrmittel für technisches und textiles Gestalten. Beiträge zur Lehrerbildung 28(1) 2010, S. 147-155
- THEUERKAUF, W. E.; MESCHENMOSER, H.; MEIER, B.; ZÖLLNER, H.: Qualität technischer Bildung. Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik. Berlin 2009
- VDI (Hg.): Technik und Bildung. Bildungsstandards im Fach Technik für den mittleren Schulabschluss. Düsseldorf 2007.

WEBER, C.; PROVIDOLI, R.; VÖGELIN, D.; HECK, U.: explore-it: Ein Lernmittel jenseits des Schulbuchs. Verständnis für Technik, Naturwissenschaften und Innovationsfähigkeit fördern. Beiträge zur Lehrerbildung 28(1) 2010

Anmerkung

¹Das Projekt wird vom Schweizerischen Nationalfonds unterstützt und umfasst ein Forschungsvolumen von 300.000 sFr.

Gerd Höpken

Bezugswissenschaften und Inhaltsfelder für den Technikunterricht

Vorbemerkung

Trotz der gegenwärtigen Fokussierung der Öffentlichkeit auf Bildungsthemen im Bereich Technik und Naturwissenschaften ist es (in Deutschland) bis heute nicht gelungen, Technik als Schulfach in allen Schulformen und Schulstufen zu etablieren. Dafür sind u. a. folgende Gründe anzuführen:

- Aus historischen Gründen trägt das Schulfach Technik eine Hypothek, einen ganz eigenen Praxisbegriff mit der Überbetonung praktischer Arbeit und Handfertigkeiten in der Verarbeitung von Materialien, insbesondere Holz. Daraus ergibt sich das Bild eines Faches, das sich vorwiegend an Schüler der Sekundarstufe I und hier wegen seiner geringen intellektuellen Anforderungen insbesondere an Haupt- und Realschüler richtet. Wer als Realschüler Pläne für den Besuch der Sekundarstufe II hat, wählt automatisch nicht Technik, weil es die Alternative zu der in der Sekundarstufe II notwendigen zweiten Fremdsprache ist
- In der bildungspolitischen Diskussion ist häufig die Rede von Defiziten im naturwissenschaftlich/technischem Unterricht. Dabei wird häufig von der irrigen Annahme ausgegangen, dass die Naturwissenschaften (insbesondere Physik) die Grundlagen der Technik sind. Diese Sichtweise hat zur Folge, dass entsprechende Inhalte dem Physikunterricht zugewiesen werden. Vielen Mitarbeitern der Kultusbürokratie, die für die Sekundarstufe II zuständig sind, ist nicht einmal bekannt, dass es ein Fach Technik gibt, weil sie es in ihrem persönlichen Bildungsgang nicht erlebt haben.
- Existierende Lehrpläne für das Schulfach Technik weisen eine große Beliebigkeit in der Auswahl der Unterrichtsinhalte auf. Dies spiegelt ein grundlegendes Verständnis der Technik und ihrer Sparten in der Öffentlichkeit wider. Berichtet man Ingenieuren von einem allgemeinbildenden Schulfach Technik, lauten die Kommentare von „Das geht nicht, Technik in einem Fach!“ bis „Welche Technik denn? Elektrotechnik, Bautechnik oder Maschinenbau?“ Verschiedene Ansätze der Technikdidaktik bieten unterschiedliche Ansätze, repräsentierende technische Inhalte auszuwählen (Handlungsfelder, Arbeitsorientierung, ...). Auch diese Zugänge schützen nicht davor, eine große Anzahl verschiedener Inhalte in den Technikunterricht zu holen, ohne dass die Kriterien für die Auswahl deut-

lich werden. Aus der Beliebigkeit der Inhalte ergibt sich, dass die Ergebnisse des Technikunterrichts nicht eindeutig prognostizierbar sind.

Schulfächer, die von der Grundschule bis hin zur gymnasialen Oberstufe unterrichtet werden, haben eine Bezugsdisziplin. Diese Bezugsdisziplin bietet die Möglichkeit, von rein konkreten und qualitativen Betrachtungen der Inhalte (Grundschule) bis hin zu Abstraktion, Quantifizierung, Systematisierung und Mathematisierung (gymnasiale Oberstufe) verschiedene Stufen wissenschaftlicher Durchdringung einzusetzen. Wenn man einen Blick auf die vielen unterschiedlichen Studiengänge an Technische Hochschulen wirft, scheint es auf den ersten Blick unmöglich, daraus eine Bezugsdisziplin für den Technikunterricht auszuwählen.

Wie andere Wissenschaften zeichnen sich auch die technischen Wissenschaften durch einen Prozess der Differenzierung und Integration aus, d.h. Disziplinen fächern sich auf in Spezialisierungen, andererseits entstehen *Querschnittsdisziplinen*, die als Klammer für viele Spezialisierungen dienen können (z.B. Regelungstechnik). Hier wird nun vorgeschlagen, diese Querschnittsdisziplinen der Technik als Bezugswissenschaft zu nutzen. Als Querschnittsdisziplinen in diesem Sinne werden angesehen:

- die Beschreibung technischer Prozesse im Sinne der Allgemeinen Technologie
- die Systemtechnik
- die Theorie dynamischer Systeme

Diese drei Teildisziplinen spiegeln auch Aspekte der *Allgemeinen Technologie* wider.

Obwohl alle diese Grundlagen einer Didaktik der Technik hinreichend erörtert worden und seit langem bekannt sind, sollen sie hier zu Herleitung einer Argumentationskette noch einmal kurz dargestellt werden.

Technischer Prozess

Der Ausdruck *Allgemeine Technologie* ist 1806 von dem Göttinger Staatswissenschaftler JOHANN

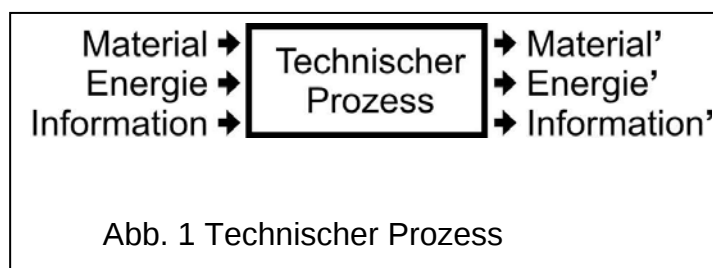
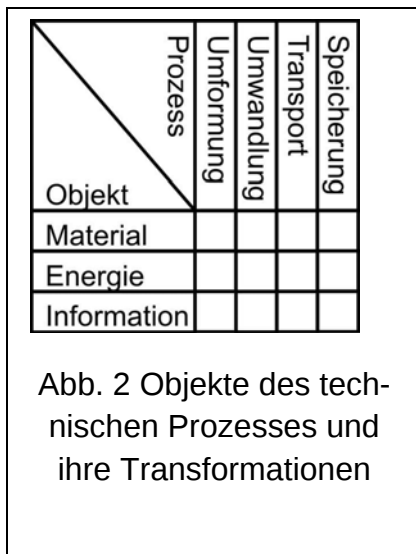


Abb. 1 Technischer Prozess

BECKMANN eingeführt worden. Darunter versteht er eine Systematik „...aller der verschiedenen Absichten, welche die Handwerker und



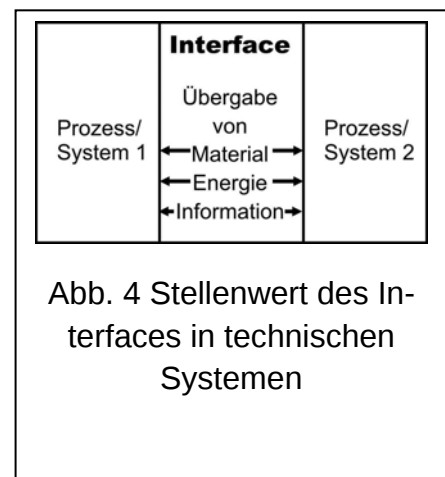
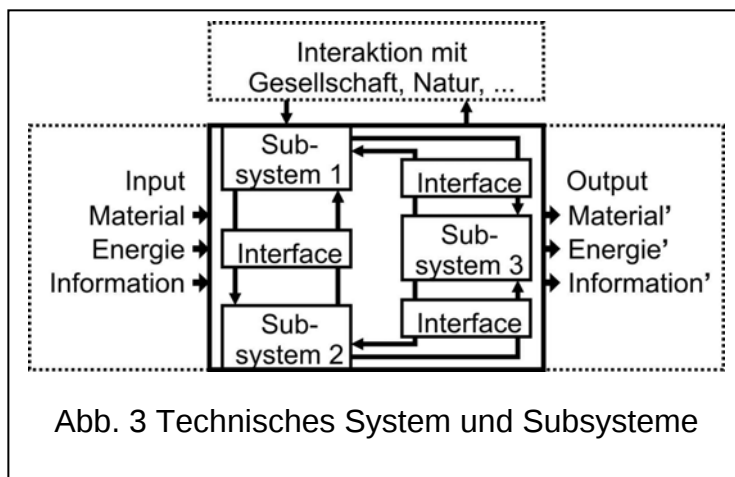
Künstler bey ihren verschie-denen Arbeiten haben, und daneben ein Verzeichniß aller der Mittel, durch welche sie jede derselben zu erreichen wissen.“¹

Heute ist Allgemeine Technologie vorwiegend mit den Namen Ropohl und Wolffgramm verknüpft. Ein Kernstück der Allgemeinen Technologie, der technische Prozess (Abb. 1) mit der Transformation von Material, Energie und Information ist inzwischen Allgemeingut und anerkannte (Teil-)Struktur fast jedes technikkdidaktischen Ansatzes. Die zweite Dimension dieser Matrix, die Transformationen (Abb. 2), variiert je

nach darzustellender Intention.

Technische Systeme

Mehrere Einzelprozesse können als System zusammenwirken. Damit diese Zusammenarbeit reibungslos funktioniert ist es wichtig, die Übergabe von Stoff, Energie und Information zu standardisieren. (Abb. 3)



Wie die ALLGEMEINE TECHNOLOGIE in BECKMANN ihren Wegbereiter hat, kann die Systemtheorie sich auf LAMBERT berufen: In *Drei Abhandlungen zum Systembegriff* (1782) heißt es: „Jede Wissenschaft und jeder Theil derselben, kann als ein System angesehen werden, in so ferne ein System der Inbegrif von Ideen und Sätzen ist, die zusammengekommen als ein Ganzes betrachtet werden können.

In einem System muß Subordination und Connexion seyn. Es ist einfach, wenn man eine gleiche Sache ohne Untereintheilung abhandelt, zu-

sammengesetzt, wenn man sie in ihren Aesten durchgeht. Grundregel des Systems: Das vorhergehende soll das folgende klar machen, in Absicht auf den Verstand, gewiß in Absicht auf die Vernunft, möglich, in Absicht auf die Ausübung.“ (vergl. HÄNDLE; JENSEN 1974, S. 87)

Eine wesentliche Rolle für das Funktionieren eines Systems spielt das (mehr oder minder) reibungslose Zusammenwirken der Subsysteme über ihre Interfaces (Abb. 4). Die hier stattfindende Übergabe von Material, Energie und Information gelingt nur, wenn beide Seiten ein gegenseitig verstehbares Format verwenden. Der Austausch in Systemen kann nur mit einem Mindestmaß an Standardisierung gelingen. Dies gilt für alle Ebenen in Systemen und Systemhierarchien.

Dynamisches Verhalten von Systemen

Prozesse und Systeme haben zwei Möglichkeiten auf einander einzuwirken:

- In Form einer *Steuerkette*
- oder eines *Regelkreises*

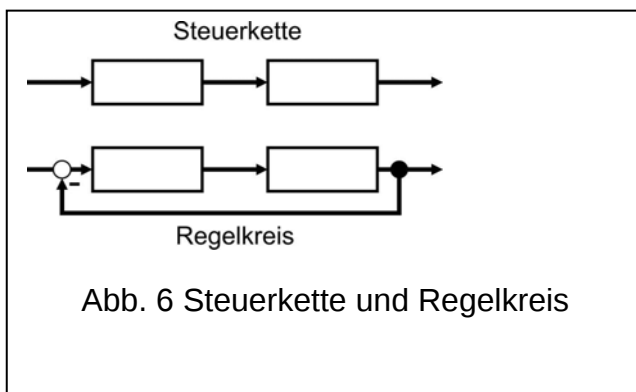


Abb. 6 Steuerkette und Regelkreis

Im hier gezeigten (stark vereinfachten) Bild (Abb. 5) einer Zentralheizung wird die Vorlauftemperatur über einen Außensensor gesteuert. Da die Vorlauftemperatur der Heizflüssigkeit (wahrscheinlich) keinen Einfluss auf die Außentemperatur hat, liegt hier eine Steuerkette vor. Die vom Heizkörper erhöhte Zimmertemperatur wirkt über die Raumluft auf das Thermostatventil ein und beeinflusst damit je nach vorher eingestellter Wunschtemperatur den Durchfluss von Heizflüssigkeit durch den Heizkörper und damit die Zimmertemperatur. Nach einer gewis-

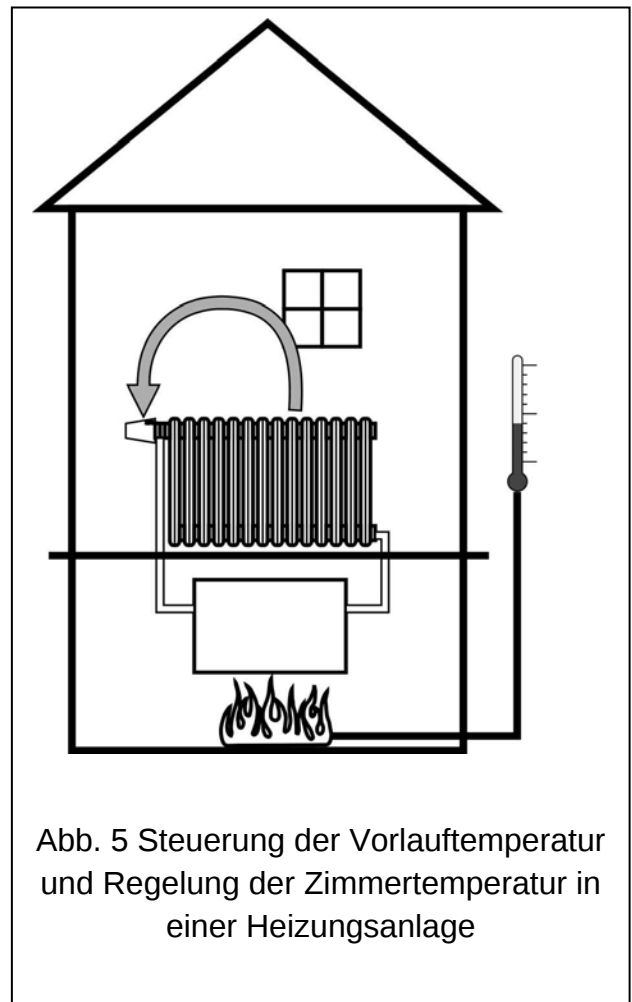


Abb. 5 Steuerung der Vorlauftemperatur und Regelung der Zimmertemperatur in einer Heizungsanlage

sen Zeit sollte die Zimmertemperatur um den eingestellten Wert pendeln. Für Steuerkette und Regelkreis gibt es standardisierte Blockschaltbilder (Abb. 6).

Systeme, die Rückkopplungen enthalten, zeigen ein von der Art der Rückkopplung abhängiges Verhalten, das mit den Mitteln der Regelungstechnik beschrieben werden kann.

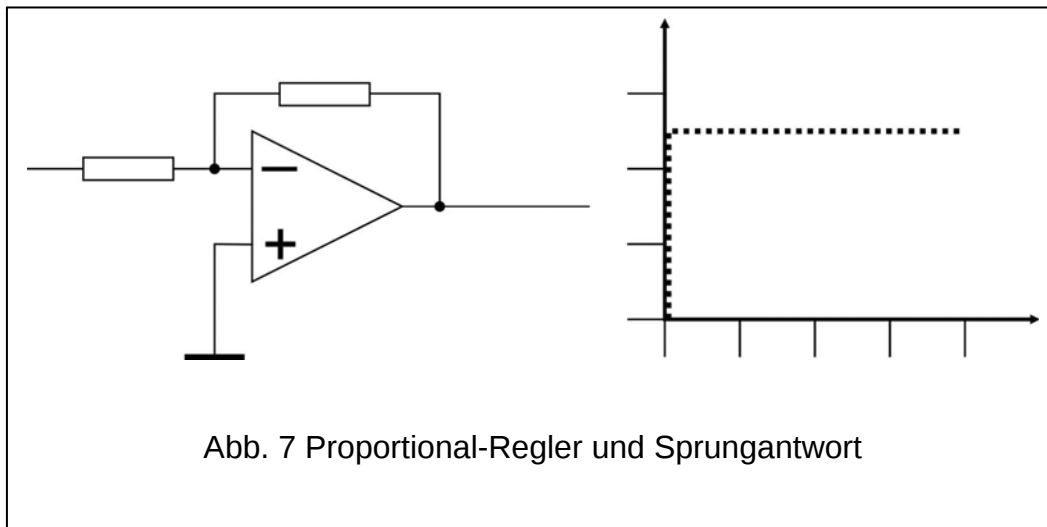
Exkurs: Regelungstechnik

Nach dem Entwurf für die DIN 19226 von 1962 definieren drei Kriterien eine Regelung:²

1. Die Aufgabe einer Regelung ist Befehlsausführung im Allgemeinen; sie soll eine Größe (die Regelgröße) einer vorgegebenen Größe (die Führungsgröße) gleich machen.
2. Eine Regelung wirkt in einem geschlossenen Kreis mit negativer Rückkopplung.
3. Eine Regelung besitzt ein Element zum Erfassen der Regelgröße, das von den Einrichtungen, die in die Regelstrecke eingreifen, physisch getrennt ist.

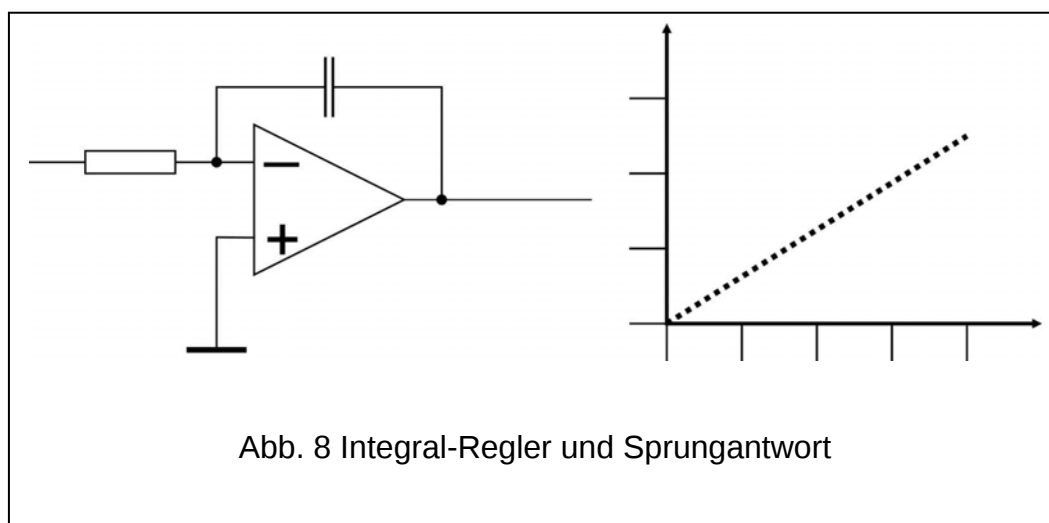
Bei der Darstellung in Abb. 6 ist die negative Rückkopplung (das Minuszeichen im Regelkreis) wichtig für die Funktion. Sie bewirkt ein der Störung (z.B. Temperaturabfall) entgegengesetztes Verhalten (z.B. Zufuhr von mehr Heizflüssigkeit zum Heizkörper).

Regelungstechnik ist ein Gebiet der Technik, an dem sich die ganze Bandbreite der Beschreibung technischer Prozesse und System beispielhaft zeigen lässt. Darüber hinaus bietet ein tieferes Verständnis der Regelungstechnik eine gute Handhabe, nicht nur Technik sondern auch Wirkungsabläufe außerhalb der Technik (Natur, Gesellschaft, ...) zu verstehen. In allen Beschreibungen der Regelungstechnik werden drei mögliche Eigenschaften von Reglern beschrieben: *Proportional-(P)-Regler*, *Integral-(I)-Regler* und *Differential-(D)-Regler*. Hinzu kommen das *Verzögerungsverhalten* (VZ) und *Totzeiten* (TZ) im Regelverlauf. Die folgende Übersicht zeigt die drei Reglerarten als Schaltbild eines Operationsverstärkers, das Verhalten (Sprungantwort auf eine Störung) als Diagramm, sowie eine mathematische Darstellung. Das gewünschte Verhalten des Reglers wird beim Operationsverstärker durch Widerstände (proportional) und Kondensatoren (integrierend und differenzierend) erreicht.



$$\text{Formel: } y = k_p * x$$

Der *P-Regler* (Abb. 7) ist ein proportional wirkender Regler. Die Regelabweichung und die Stellgröße y stehen in einem bestimmten Verhältnis. Dieses Verhältnis wird durch den Verstärkungsfaktor k_p festgelegt.



$$\text{Formel: } y = k_I * \int_0^1 x(\tau) dt$$

Der *I-Regler* (Abb. 8) ist ein integral wirkender Regler. Jeder Regelabweichung ist eine bestimmte Geschwindigkeit der Reaktion zugeordnet.

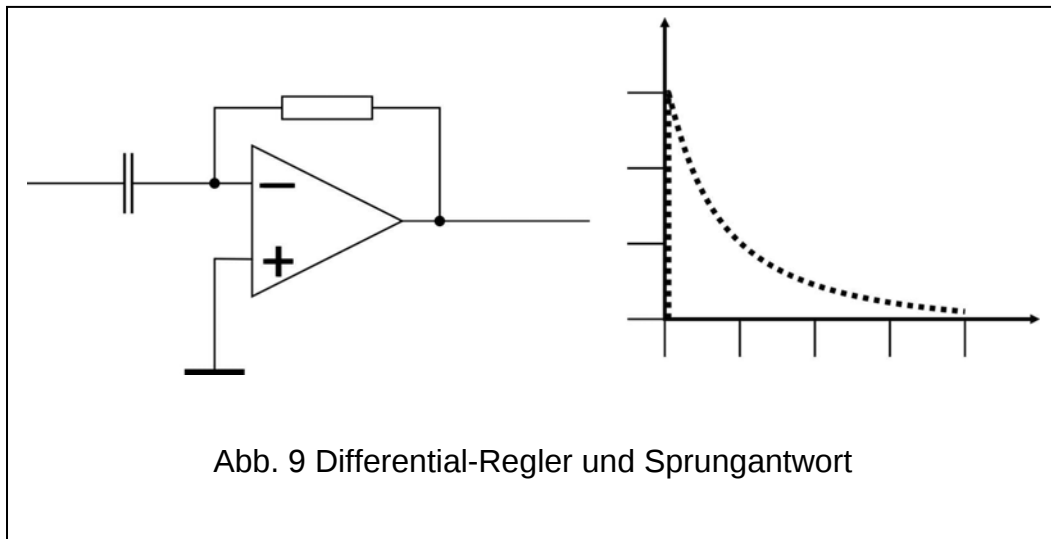


Abb. 9 Differential-Regler und Sprungantwort

$$\text{Formel: } y = k_D * \frac{dx}{dt}$$

D-Regler (Abb. 9) liefern als Sprungantwort nur eine Impulsspitze. D-Glieder sind als alleinige Regler sinnlos, es gibt sie nur als Teile von Reglern (*PD* und *PID*) zur Bildung der Ableitung einer physikalischen Größe wie z.B. Geschwindigkeit aus Weg.

Regelkreise können bei unsachgemäßer Konstruktion (oder nicht genügenden Informationen über die Regelstrecke bei der Konstruktion) zum Schwingen neigen.

Das Bestechende an der Regelungstechnik als Unterrichtsinhalt ist, dass sie Zugänge auf vielen Komplexitäts- und Abstraktionsebenen bietet: Von der einfachen, auch rein qualitativ zu erfassenden Füllstandsregelung mit vom Schwimmer betätigten Ventil bis hin zum mathematischen Modell des *PID-Reglers*. Ebenso kann die Entwicklungsrichtung der Technik am Beispiel der Regelungstechnik aufgezeigt werden: Die zum besseren Verständnis als Schaltungen mit Operationsverstärkern dargestellten Regler werden in der heutigen technischen Realität mit entsprechend programmierten Mikrocontrollern aufgebaut. Für die Sekundarstufe II hat ein die Regelungstechnik thematisierender Technikunterricht den Vorteil, einen Bereich der Mathematik, von dem die Lernenden höchst vage Vorstellungen haben, mit realen Anwendungen zu unterlegen.

An einem Beispiel kann aufgezeigt werden, wie schon an relativ einfachen Aufgaben tiefer in die Regelungstechnik eingedrungen werden kann. E. KLAUS; C. HEIN zeigten (KLAUS; HEIN 1999, S. 18), wie man mit Hilfe eines

Operationsverstärkers ein Fahrzeug bauen kann, das einer hellen Linie auf dem Boden automatisch folgt. Von der Art der Steuerung her handelt es sich um eine Führungssteuerung, man kann aber in der Schaltung auch eine Regelung sehen, wenn man als Regelgröße die Helligkeit an den Sensoren annimmt. Diesem Beispiel, das relativ frei von Regelungstheorie dargestellt wird, kann man eine regelungstechnische Wende geben, wenn man dem Operationsverstärker – wie im Text auf S. 21 thematisiert, aber nicht in der Zeichnung dargestellt – einen Widerstand zur Rückkopplung hinzufügt (vgl.

Abb. 6). Sinnvollerweise verwendet man hier einen einstellbaren Widerstand, um den Wert variieren zu können. Dann kann man noch Kondensatoren in den Rückkopplungszweig (vgl. Abb. 8, um integrierendes Verhalten zu erzeugen) und vor den invertierenden Eingang einfügen (vgl. Abb. 9, um differenzierendes Verhalten zu erzeugen). Zu beiden Kondensatoren müsste man einen Schalter parallel schalten, um den Kondensator unwirksam machen zu können. (Abb. 11) Zunächst kann man das Verhalten des Fahrzeugs mit jeweils anderen Parametern protokollieren. Anhand der Werte für R_{fdb} , C_{int} und C_{diff} kann nun aber auch das Verhalten des Reglers mathematisch beschrieben werden

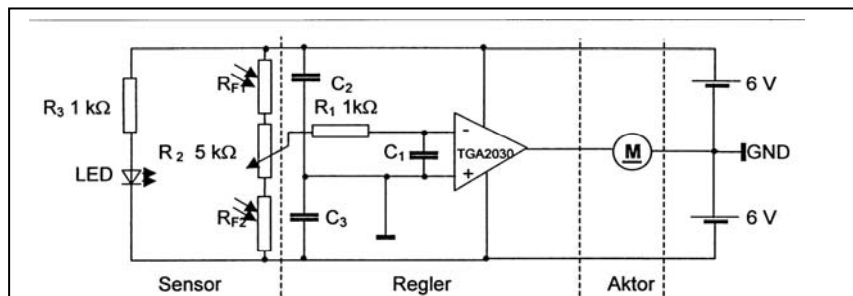


Abb. 10 Schaltung aus KLAUS; HEIN, S. 20

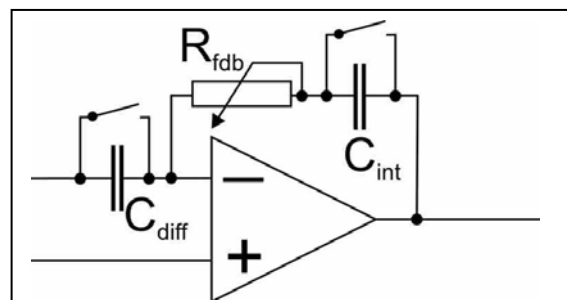


Abb. 11 Regler mit einstellbarem Rückkopplungswiderstand (R_{fdb}), Kondensator im Rückkopplungszweig (C_{int}) und Kondensator am invertierenden Eingang (C_{diff})

Menschen können Verläufe von Entwicklungen schlecht abschätzen

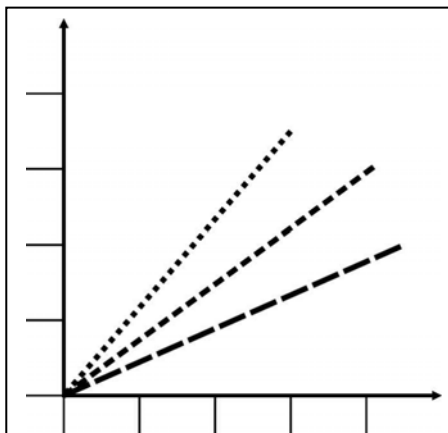


Abb. 12 Lineare Beziehung

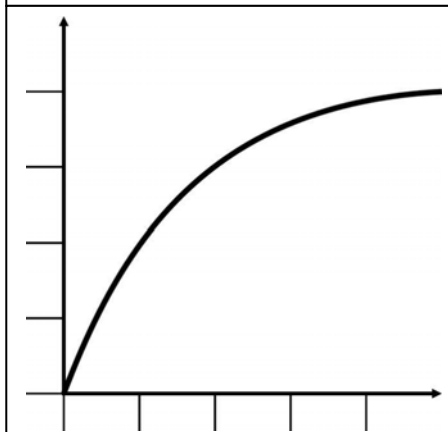


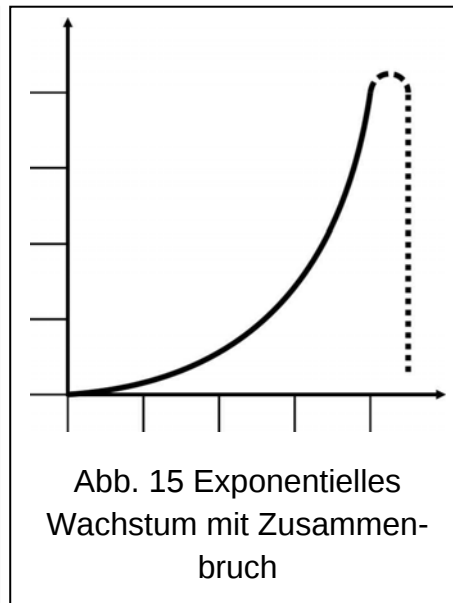
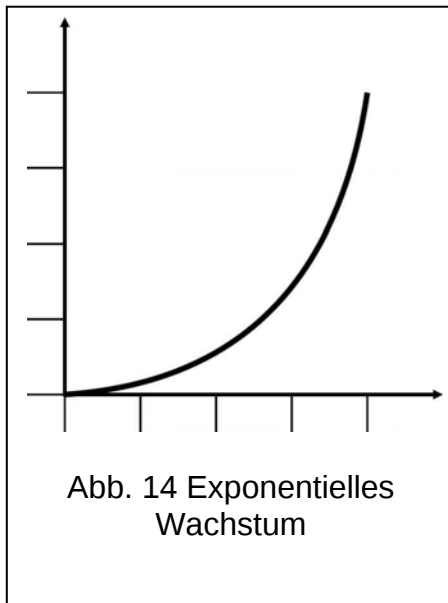
Abb. 13 Kurve mit Sättigungswert

Ausgangspunkt der nun folgenden Überlegungen zur inhaltlichen Ausgestaltung der Fachdidaktik ist eine Untersuchung von Simon. Dieser berichtet von Experimenten, in denen Versuchspersonen die Aufgabe gestellt wurde, in einem fiktiven afrikanischen Land die Lebensbedingungen zu verbessern. In die Entscheidungen waren soziale, ökonomische, ökologische und technische Fakten einzubeziehen. Nur wenige der Versuchspersonen erreichten tatsächlich eine Verbesserung, jedoch lassen sich aus der von SIMON (SIMON 1982, S. 53) dargestellten Analyse der Fehler Zielvorstellungen für den Unterricht gewinnen. Die hauptsächlichen Fehler waren:

- Fehlen einfacher „technischer“ Kenntnisse (z.B. Einschätzung der Größenordnung der Zunahme bei Vorliegen einer Exponentialfunktion)
 - Denken in einfachen Ursache/Wirkung-Zusammenhängen ohne Beachtung der Nebenwirkungen
 - Orientierung an einzelnen Fakten, Nichtbeachtung der übergreifenden Zusammenhänge
- Keine grundsätzliche Revision der einmal vorgeschlagenen Maßnahmen (Simon a.a.O.)

Diese Fehler hängen sicher mit einem grundsätzlichen Unvermögen des Menschen zusammen, die Gesetzmäßigkeiten hinter vielen Prozessen ohne entsprechende Bildung und Ausbildung – und bisweilen auch mit derselben - verstehen zu können. BRÜGGE hat in einer *Spiegel-Serie* (beginnend in Heft 35/1990) entsprechende Fakten zusammengetragen.

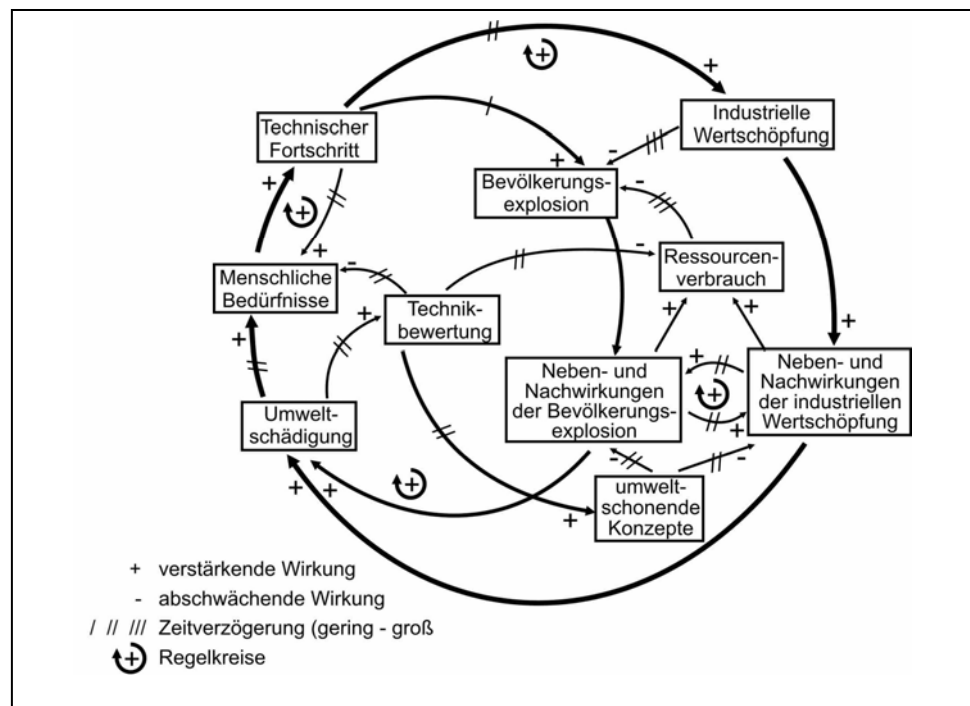
Wurde von früheren pädagogischen Konzepten das Denken in Zusammenhängen gefordert, könnte man anhand der heute vorliegenden Erkenntnisse das Denken in dynamischen Zusammenhängen zum Leitziel



erheben. Zum Denken in dynamischen Zusammenhängen gehört sicher, den zu erwartenden Verlauf von (Wachstums-)Prozessen abschätzen zu können. Die ideal-typisch möglichen Verläufe sind: Li-

near (Abb. 12), einem Sättigungswert zustrebend (Abb. 13) und exponentiell (Abb. 14). Exponentielles Wachstum entsteht durch Addition von Zuwachsraten, ein bekanntes Beispiel: „Der Erfinder des Schachspiels soll angeblich für seine Erfindung folgenden Lohn gefordert haben: Für das 1. Feld 1 Reiskorn und für jedes weitere der 64 Felder doppelt soviel Körner wie für das vorangehende Feld.“³

Das Ergebnis ist: 18.446.744.073.709.600.000 Reiskörner oder ca. 461.168.601.842.739.000 Gramm oder ca. 461.168.601.842.739 kg oder ca. 461.168.601.843 Tonnen oder ca. 855,60 Welt-Jahresproduktionen Reis von 1994.⁴



Exponentielles Wachstum muss notwendigerweise irgendwann zusammenbrechen. (Abb. 15) Mit Kenntnissen über das Verhalten von Regelkreisen, insbesondere der gegenseitigen Beeinflussung interagierender Regelkreise, gepaart mit Vorstellungen von verschiedenen Wachstumsverläufen, müsste es möglich sein, Zusammenhänge wie in diesem von K. A. DETZER (DETZER S. 50) gezeigten Beispiel (Abb. 16) zu ergründen. – Unsere Welt – ein vernetztes System (F. VESTER). An diesem „Wirkungsgefüge“ können die Subsysteme und die Art ihrer Beziehungen untereinander ergründet werden.

Anregungen für ein Technik-Curriculum

Man kann davon ausgehen, dass die in den VDI-Standards angegebenen Kompetenzen Ausdruck eines wesentlichen Teils des gegenwärtigen Verständnisses der Ziele allgemeiner technischer Bildung darstellen. Aus der Auflistung dieser Kompetenzen mit ihren inhaltlichen Erläuterungen geht nicht hervor, welchen Stellenwert die einzelnen Kompetenzen haben oder

Technik verstehen	Zielorientierung und Funktionen, Begriffe, Strukturen, Prinzipien der Technik kennen und anwenden
Technik konstruieren und herstellen	Technische Lösungen planen, entwerfen, fertigen, optimieren, prüfen und testen
Technik nutzen	Technische Lösungen auswählen, fach- und sicherheitsgerecht anwenden sowie entsorgen
Technik bewerten	Technik unter historischer, ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer sowie humaner Perspektive einschätzen
Technik kommunizieren	Technikrelevante Informationen sach-, fach- und adressatenbezogen erschließen und austauschen

Abb. 17 Kompetenzen der VDI-Standards

ob sich eine Hierarchie innerhalb der Auflistung ergibt. Die o.a. Vorstellungen zu den Inhalten des Technikunterrichts würden einige dieser Kompetenzen in den Vordergrund stellen und andere womöglich vernachlässigen oder in Unterkategorien verschieben.

Von herausgehobenem Stellenwert wären *Technik verstehen* und *Technik bewerten*, zu den Kompetenzen *Technik nutzen* ist anzumerken, dass die Nutzung von Technik so sehr Bestandteil der Alltagswelt ist, dass die von H. MACKEPRANG formulierten Vorbehalte gegen unterrichtliche Behandlung dieser Kompetenzen geltend gemacht werden können: „Es ist davor zu warnen, dass die unter Pädagogen sehr favorisierten Begriffe der Alltagswelt und der Lebenssituationen zum Maßstab für Bildungsansprüche und

Bildungsniveaus genommen werden, denn hierdurch droht das pädagogische Ziel der Lebensbewältigung zum kleinschrittigen Ereignis von Zufälligkeiten verkürzt zu werden. Bildung hat sich vielmehr auf das zu beziehen, was im Alltagsleben nicht, nur in Teilen oder unvollständig vorkommt, was jedoch zum Verstehen der Welt notwendig ist.“

Wenn die Kompetenzen *Technik verstehen* für technische Prozesse, technische Systeme und Systemdynamik gelten, kann auf weitere Eingrenzungsmerkmale wie Handlungsfelder oder Arbeitsorientierung verzichtet werden. *Technik kommunizieren* ist ohne Zweifel eine Teilmenge von *Technik verstehen* denn ohne Technik zu verstehen, kann man sie nicht kommunizieren. Letztlich würden die Leitkompetenzen *Technik verstehen* und *Technik bewerten* als Maxime für die Entwicklung eines Technik-Curriculums bestehen bleiben.

Schlussfolgerung

Der hier vorgestellte Ansatz hätte zur Folge, dass das Schulfach Technik ein Alleinstellungsmerkmal verliert: Das Methodenspektrum würde auf große Teile der „praktischen Arbeit“, d.h. Handfertigungsunterricht, in dem die Methode (das Unterrichtsverfahren) zum Inhalt geworden ist, verzichten müssen und sich der Vorgehensweise einerseits der Technikwissenschaften und andererseits der Naturwissenschaften annähern. (Für die Verfechter der „praktischen Arbeit“ gäbe das dann noch das Fach „Werken“ oder „Gestaltendes Werken“.) Im Technikunterricht würde mehr experimentiert und simuliert als konstruiert und gefertigt. (Wobei meistens Artefakte entstehen, die sich mit industriell gefertigten nicht vergleichen lassen und enttäuschen.)

Die Annäherung an die Naturwissenschaften in der Methodik ist übrigens kein Hinweis auf inhaltliche Nähe oder darauf, dass Technik ein Schrägstrich-Anhängsel der Physik werden sollte. Die naturwissenschaftlichen Fächer (Physik, Chemie, Biologie) finden ja auch bei Methodengleichheit genügend Gründe für die jeweilige Eigenständigkeit.

Das heutige bildungspolitische Umfeld ist einerseits gekennzeichnet durch immer mehr singuläre Initiativen zur Verbesserung (Schaffung, ...) einer *naturwissenschaftlich/technischen* Bildung, die aus unterschiedlichen Beweggründen geradezu aus dem Boden zu schießen scheinen und andererseits durch die Tatsache, dass nach der *PISA-Studie* der Fokus der Öffentlichkeit nur noch auf die so genannten Hauptfächer gerichtet ist. Angesichts dieses Umfeldes wird die *community* für technische Bildung i. e. S.,

d. h. die Personen, die mit dem Schulfach Technik befasst sind, sich entscheiden müssen, was sie will.

Entweder

Ein Schulfach, das sich überwiegend mit der klassischen *Werkaufgabe* befasst und sich im Wesentlichen auf die Sekundarstufe I (unter Ausschluss des Gymnasiums) beschränkt.

Oder

Ein Schulfach mit einer stringenten fachlichen Struktur, die sich an einer Fachwissenschaft ausrichtet und so die Möglichkeit bietet, ein konsistentes Curriculum von der Primarstufe bis zur Sekundarstufe II zu erstellen.

Literatur

BRACK, G.: Dynamik technischer Systeme. Leipzig

DETZER, K.A.: Unsere Verantwortung für eine nachhaltige Technik-Gestaltung und – Anwendung. http://www.pe.mw.tum.de/Studium/Vorlesungen/Unterlagen/NTI_VI/ExamplVertiefungVorlesung0607gekuerzt.pdf, gefunden am 26.04.2008

FLECHTNER, H.-J.: Grundbegriffe der Kybernetik. München 1984

HÄNDLE, F.; JENSEN, S. (Hg.): Systemtheorie und Systemtechnik. München 1974

KLAUS, E.; HEIN, CHR.: Automatisches Lenksystem. In: Unterricht Arbeit + Technik, Heft 3/1999, S. 18 - 21

KURZROCK, R. (Hg.): Systemtheorie. Berlin 1972

MACKEPRANG, H.: Informations- und kommunikationstechnische Bildung. <http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/technik/rs/steuern/download/oleu3f.pdf>, gefunden am 29.08.2010

ROPOHL, G.: Eine Systemtheorie der Technik. München, Wien 1979

SIMON, K.H.: Systemforschung in der Angepaßten Technologie. In: Arbeitsgruppe für Angepasste Technologie (Hg.): Technik für Menschen. Frankfurt 1982

VESTER, F.: Unsere Welt - ein vernetztes System. München

WOLFFGRAMM, H.: Allgemeine Technologie. Leipzig 1978

Links

1. vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Allgemeine_Technologie, gefunden am 01.11.2009
2. <http://www.techkyb.de/diplom/wasistkybernetik/geschichte/>, gefunden am 02.11.2009
3. vgl. <http://www.mathekiste.de/neu2000/schachbrett.htm>, gefunden am 03.11.2009
4. <http://www.mathekiste.de/neu2000/schachbrett.htm>, gefunden am 03.11.2009

Dieter Mette

Typische Betrachtungsweisen von Technik als Inhaltselement technischer Bildung

Vorbemerkung

In der aktuellen Diskussion um die Erhöhung der Unterrichtsqualität kommen wir nicht umhin, uns mit Fragen von Denk- und Arbeitsweisen, Lernstrategien und Methodenpluralismus weiterhin ernsthaft zu beschäftigen. Und auch das ist klar – Betrachtungsweisen, gegenstandsbezogene Lernstrategien müssen selbst zum Inhalt der Auseinandersetzung im Unterricht werden und gelernt und trainiert werden. Ich gehe daher mit BERND HILL und Bernd Meier (2005) konform, wenn sie fordern, dass auch auf Grund von vorliegenden zahlreichen Untersuchungen, die arbeitsorientierte, speziell die technische Bildung künftig noch mehr als bisher systematisiert werden muss, damit Schülerinnen und Schüler grundlegende Betrachtungsweisen und somit Lernstrategien besser beherrschen.

Es ist an der Zeit auf Bewährtes und teilweise von der Öffentlichkeit kaum wahrgenommene Forschungsergebnisse hier hinzuweisen. So möchte der Autor an Forschungsergebnissen von BLANDOW, SCHNEIDER, LUTHERDT, FRANKE, KAYKAN, KASTL u. a. und natürlich an WOLFFGRAMM und BÖSENBERG erinnern.

1. Zu Aussagebereichen technischer Bildung / Allgemeiner Techniklehre

Gehen wir zunächst von der Theoriediskussion der klassischen Bildungstheoretiker, um einen passenden Bildungsbegriff, aus. Um mit KLAFKI zu sprechen, gibt es hier sehr unterschiedliche Ansprüche und Strömungen. Meines Erachtens liegt der Verdienst von Klafki darin, dass er versucht, durch seinen Bildungsbegriff die Schulpraxis zu verändern, indem er sowohl materielle Bildungstheorien (objektbezogen, „kopflastig“) als auch formale Bildungstheorien (subjektbezogen, Aneignen von Methoden und Handlungskompetenz) dialektisch mit einander verknüpft: Durch die Zusammenführung entsteht der Begriff der *kategorialen Bildung*.

Darunter versteht er eine grundlegende Bildung, insofern sich in diesem welterschließendem Prozess grundlegende Formen und Inhalte des Erkennens bzw. des Verstehens herausbilden. Diese erzeugen Kategorien im Menschen, mit deren Hilfe sie sich selbst und die Welt sowie das Verhältnis

Mensch – Welt interpretieren und dabei ein begründetes Handeln entwickeln können:

„Bildung ist kategoriale Bildung in dem Doppelsinn, dass sich dem Menschen eine Wirklichkeit ‚kategorial‘ erschlossen hat und dass eben damit er selbst – dank der selbstvollzogenen ‚kategorialen‘ Einsichten, Erfahrungen, Erlebnisse – für diese Wirklichkeit erschlossen worden ist.“ (KLAFFKI 1993)

Unter kategorialer Bildung versteht man also Kenntnisse und Fertigkeiten, die zur Form und Regel der Auffassung und Aneignung, zu „Kategorien“, geworden sind, in der Weise, dass sich mit ihrer Hilfe zukünftige Lebenssituationen bewältigen lassen.“ (siehe auch STÜBIG)

Genau hier liegt auch der große Verdienst von H. WOLFFGRAMM, der sich mit wesentlichen Aussagebereichen der technischen Bildung auseinandersetzte. Im Ergebnis seiner Forschungsarbeiten fordert er eine Auseinandersetzung mit

- Begriff, Wesensmerkmale, Spezifik und Funktionen der Technik
- der Inhaltsstruktur der Disziplin
- dem fundamentalen Begriffssystem
- allgemeinen Prinzipien, Gesetzen und Theorien
- Begriffen der allgemeinen Technikprinzipien als zentraler Kategorie der allgemeinen Techniklehre
- spezifischen Arbeitsmethoden, Modelbildung, systemtheoretische Vorgehensweisen.

Bereits hier wird deutlich, dass wir von einem weiten Stoffbegriff ausgehen, der sowohl Begriffe, Fakten, Theorien, Modelle, Gesetze als auch Denk- und Arbeitsweisen, Methoden, Verfahren, Normen und Werte beinhaltet.

Im Zusammenhang mit dem Thema interessieren uns besonders die „Allgemeinen Technikprinzipien“ von H. WOLFFGRAMM. Danach können sie in Form

- von verbalen Formulierungen von Wirkprinzipien, Funktionsprinzipien oder Entwicklungsprinzipien,
- von Strukturdarstellungen technologischer und technischer Systeme,
- von Ordnungssystemen von Teilklassen technischer Gebilde und Vorgänge,
- von graphischen Darstellungen von Entwicklungstrends

vorliegen.

Charakteristische Methoden der allgemeinen Techniklehre sind demnach:

1. *Strukturbeschreibung und Strukturanalyse technischer Systeme.* Durch sie werden die konstituierenden Elemente des analysierten Systems bestimmt in ihren allgemeinen Parametern und Merkmalen beschrieben mit dem Ziel, allgemeine Strukturen ganzer Klassen technischer und technologischer Gebilde aufzudecken. Die Strukturanalyse impliziert auch die Erfassung und Darstellung der wesentlichen funktionsbestimmenden Relation (Kopplungen) zwischen den Strukturelementen.
2. *Vergleichende System- und Prozessanalyse*, z.B. durch analytische Verfahrens und Objektbeschreibung als Netz von Teilfunktionen zur Bestimmung relevanter Einflussfaktoren und Zustandsgrößen, ihrer Erfassung in Ordnungsmatrizen und die Auffindung von Typen technischer Erscheinungen.
3. *Modellbildung* als unverzichtbares Mittel zur tieferen Erkenntnis des Wesens der untersuchten technischen Gebilde und Vorgänge und im Theoriebildungsprozess, insbesondere bei der Herausfindung allgemeiner Technikprinzipien

2. Anwendung fachspezifischer Betrachtungsaspekte und Darstellungsformen – zur Systematik technischer Systeme

Der Autor spricht ganz bewusst von *technischen Systemen*, weil hier folgende wesentlichen Merkmale im Unterricht herausgearbeitet werden können:

- Ein System ist eine Menge von Gliedern (Elementen), die durch stoffliche, energetische und/oder informationelle Kopplungen miteinander verbunden sind.
- Ein System steht in Wechselwirkung mit der Umwelt, in dem Eingangsgrößen auf das System einwirken und Ausgangsgrößen auf die Umwelt zurückwirken.
- Die Bestandteile eines Systems sind Glieder, deren Ausgangsgrößen in bestimmter Weise von den Eingangsgrößen beeinflusst werden.
- Die Menge und die Art der Kopplung zwischen den Gliedern eines Systems bestimmt die Struktur des Systems.
- In technischen Systemen erfolgt eine Umformung und/oder ein Transport von Stoffen, Energien und/oder Informationen.

Die Behandlung technischer Systeme kann im Unterricht prinzipiell in verschiedener Art und Weise erfolgen, und zwar

- einmal durch Zergliedern (Analyse) eines vorgegebenen Systems in eine Folge von Übertragungsgliedern
- zum anderen durch Entwickeln (Synthese) eines einfachen Systems nach vorgegebenen Prozessparametern.

Bei der Behandlung technischer Systeme im Unterricht sind im Allgemeinen folgenden Fragen zu beantworten:

- Welche Aufgabe erfüllt das System?
- Aus welchen Teilsystemen besteht das System?
- Wie wirken die Teilsysteme zusammen?
- Wie verhält sich das System als Ganzes?

Diese Fragen beziehen sich in ihrer Gesamtheit auf die Ermittlung von Verhalten, Struktur und Funktion eines Systems.

Die methodische Gestaltung des Unterrichts wird dabei im Wesentlichen durch analytisch-synthetisches Vorgehen bestimmt.

Die Beantwortung dieser Fragen erfordert die Untersuchung eines gegebenen technischen Systems unter bestimmten Betrachtungsweisen:

- der funktionellen Betrachtung
- der gerätetechnischen Betrachtung.

Diese Betrachtungsweisen sind Mittel zum Erkennen und Erklären technischer Systeme. Sie legen gleichzeitig bestimmte Erkenntnisrichtungen fest, die den Schwerpunkt bei der Untersuchung technischer Systeme im Unterricht bilden.

Die funktionelle Betrachtung richtet sich auf die Betrachtung des wirkungsmäßigen Zusammenhangs der Größen und ihrer Werte, die im System miteinander in Beziehung stehen. Die funktionelle (vorgangsorientierte) Betrachtung ist ein durchgängiges Prinzip. Ihr Ziel sind Aussagen zur Struktur, zum Verhalten und zur Funktion technischer Systeme, wobei vom betrachteten System ein Modell gebildet wird, an dem folgenden Informationen gewonnen werden können:

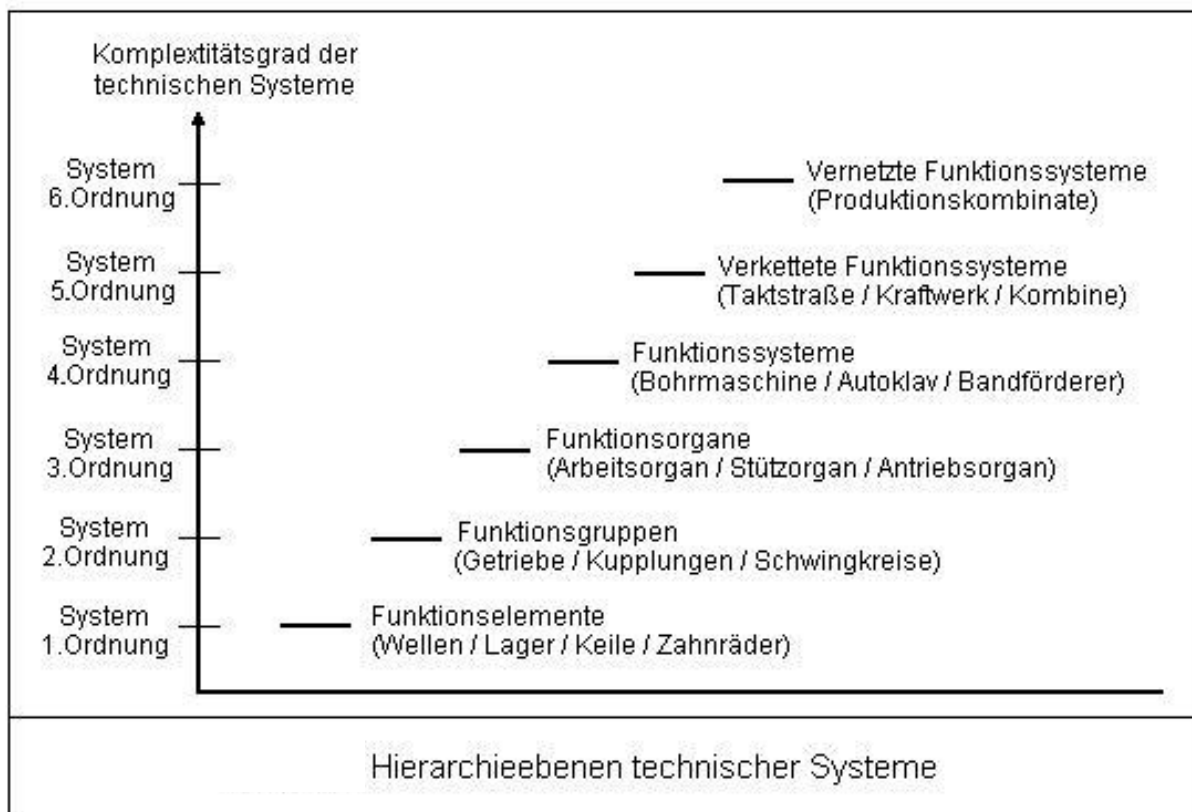
- die Funktion des Systems im Sinne der Verarbeitung der Eingangsgrößen der Glieder des Systems zur entsprechenden Ausgangsgröße;
- die strukturelle Anordnung der Glieder des betrachteten Systems;

- das durch das Verhalten der Glieder und deren struktureller Anordnung bestimmte Gesamtverhalten des Systems;
- den Wirkungsablauf im System.

Im Gegensatz zur funktionellen Betrachtung steht bei der gerätetechnischen Betrachtung das gegenständliche technische Objekt im Vordergrund. Diese Betrachtung ist auf den wirkungsmäßigen Zusammenhang der Baugruppen, Geräte, Einrichtungen oder Anlagen gerichtet. Im Vordergrund dieser Betrachtungsweise stehen die in den Baugruppen, Geräten, Einrichtungen oder Anlagen wirkenden physikalischen und technischen Gesetzmäßigkeiten einschließlich der Stoff- und Energieflüsse, die den wirkungsmäßigen Zusammenhang der Bestandteile herstellen, d.h. die Wirkungsweise des Systems.

HIERARCHIEEBENE	BEISPIELE
Funktionselemente	Wellen, Achsen, Lager, Schrauben, Zahnräder, Ketten, Federn
Funktionsgruppen	Getriebe, Kupplungen, Bremsen, Fliehkraftlager, Spanneinrichtungen
Funktionsorgane	Arbeitsorgan, Positionierungsorgan, Steuerungsorgan, Stützorgan
Funktionssysteme	Werkzeugmaschine, Elektromotor, Pumpe, Kran, Schreibmaschine
Verkettete Funktionssysteme	Taktstraße, Erdölinstallationsanlage, Wärmekraftwerk, Mähdrescher
Vernetzte Funktionssysteme	Komplexe Produktionssysteme

Tabelle : Hierarchieebenen technischer Systeme



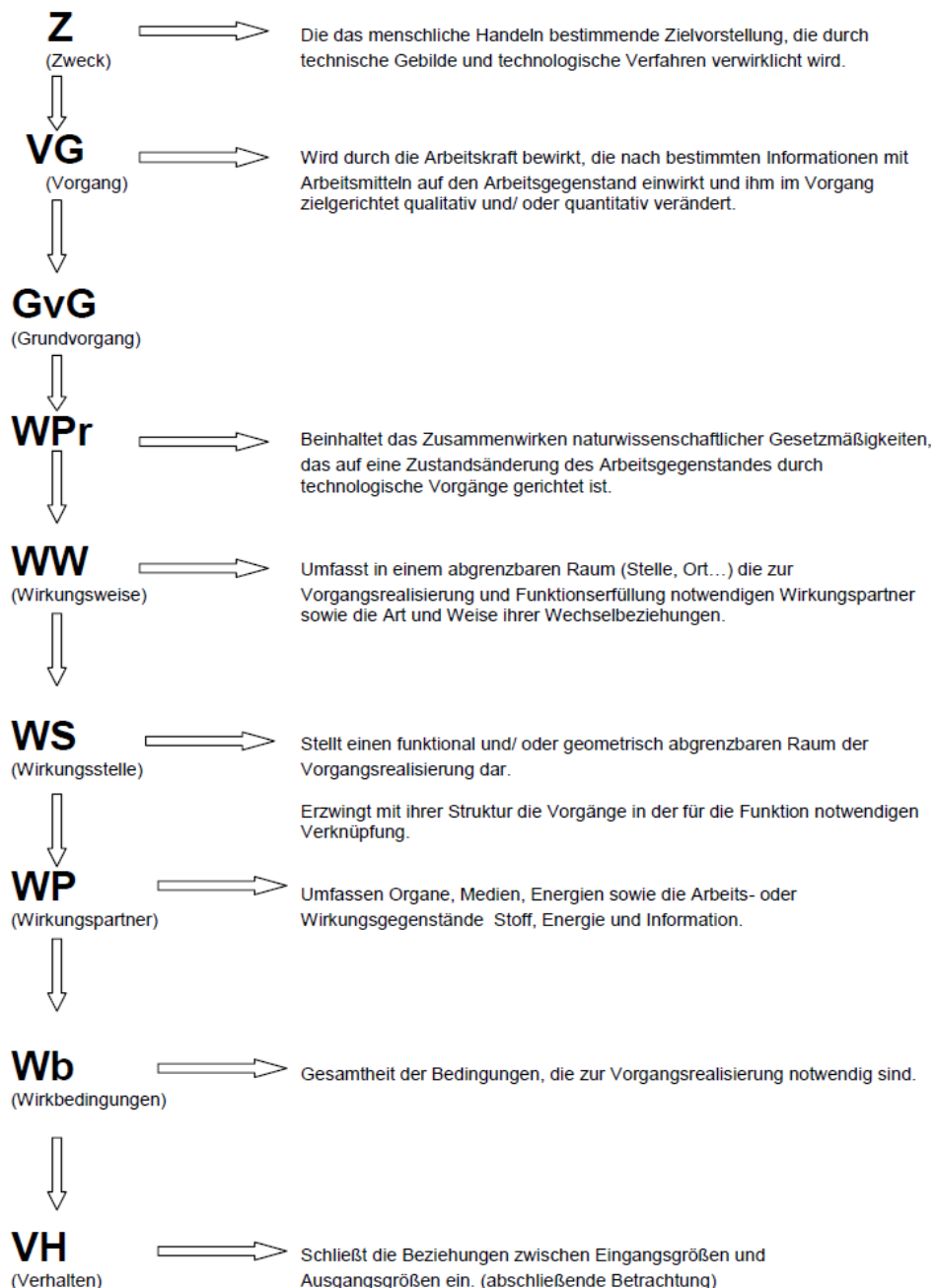
Die Analyse technischer Systeme im Unterricht erfolgt in jedem Fall unter Bezugnahme auf die Systemmerkmale Verhalten, Struktur und Funktion. Ein System erkennen heißt also, sich Klarheit zu verschaffen über

- die Glieder bzw. Teilsysteme des Systems und ihre Beziehungen zueinander, d.h. über die Struktur des Systems;
- die Reaktionen des Systems auf Einwirkungen von außen, d.h. über das Verhalten des Systems;
- Eingabe, Umformung, Transport und Ausgabe von Stoffen, Energien und/oder Informationen, d.h. über die Funktion des Systems.

Diese drei Sachverhalte sind eng miteinander verknüpft. Die Schwerpunktbildung hängt davon ab, welches dieser Merkmale bei der Erkenntnisgewinnung vordringlich interessiert. Struktur, Verhalten und Funktion des Systems können dabei mehr konkret-anschaulich oder mehr abstrakt-formal angegeben werden.

3. Methodisches Vorgehen bei der unterrichtlichen Behandlung technischer Systeme oder Sachverhalte

Hier erinnere ich an Forschungsergebnisse - neben WOLFFGRAMM - von BLANDOW ; SCHNEIDER (1971). Mit ihrer vorgangsorientierten Betrachtungsweise von Z (Zweck) bis VH (Verhalten) (siehe unten) ist es möglich wesentliche Merkmale, Zusammenhänge und somit prinzipielle Lösungen von technischen Systemen selbstständig zu erfassen und auch z.B. experimentell zu überprüfen.



Besonders der Begriff bzw. die Kategorie *Wirkungsprinzip* (WPr) ist von besonderer Bedeutung und von hohem Orientierungswert für den Lernenden. Das *Wirkungsprinzip* erfasst das erzwungene Zusammenwirken natürlicher Vorgänge, Effekte und Gesetze im Zusammenhang eines technisch geschaffenen Bedingungsgefüges zur Realisierung einer technischen Funktion. Es stellt gegenüber den ablaufenden Naturvorgängen eine eigene Qualität im Prozess der Konkretisierung technischer Lösungen dar. Interpretiert man diese Definition, so ist zu ersehen, dass das technische *Wirkungsprinzip*

1. keine einfache Reduzierung des technischen Vorgangs auf Naturvorgänge ist,
2. im Keim bereits die zu konkretisierenden geometrischen Bedingungen der technischen Lösung enthält,
3. eine technische Kategorie ist und das finalorientierte Zusammenwirken natürlicher Effekte beinhaltet.

In diesem Sinne stellt das *Wirkungsprinzip* die Quelle technischer Lösungen dar. Es enthält die generelle qualitative Seite eines technischen und technologischen Vorgangs. Unabhängig von möglichen konkreten Paarungen an der *Wirkungsstelle* (WS) wie fest/fest, fest/flüssig, fest/gasförmig wird das *Wirkungsprinzip* durch vier Merkmale charakterisiert:

- Stoffkenngrößen
- Energie
- Bewegung
- Form.

Die Quantifizierung dieser Merkmale der *Wirkungspartner* (WP) in ihrem Zusammenwirken führt hin zur *Wirkungsweise*. Letztere ist damit die Einheit von qualitativen und quantitativen Beziehungen und die konkrete Fassung des technischen und technologischen *Wirkungsprinzips* für einen technischen und technologischen Vorgang.

4. Zur Anwendung der Systemanalyse im Technikunterricht

Hier zum Abschluss die bewährte Vorgehensweise im Unterricht nach Wolffgramm:

1. Analyse einer bekannten Arbeitsmaschine



2. Reaktivieren des technologischen Vorgangs und der notwendigen Arbeitsbewegungen



3. Bestimmen der wesentlichen Bauteile zur Realisierung des technologischen Vorgangs



4. Vergleichen der Bauteile hinsichtlich der zu erfüllenden Funktion



5. Gruppierung der Bauteile gleicher Funktion



6. Zusammenfassen zu Funktionsorganen (Bestimmen der Funktionsorgane an einer weiteren Maschine)



7. Analyse des Zusammenwirkens der Funktionsorgane



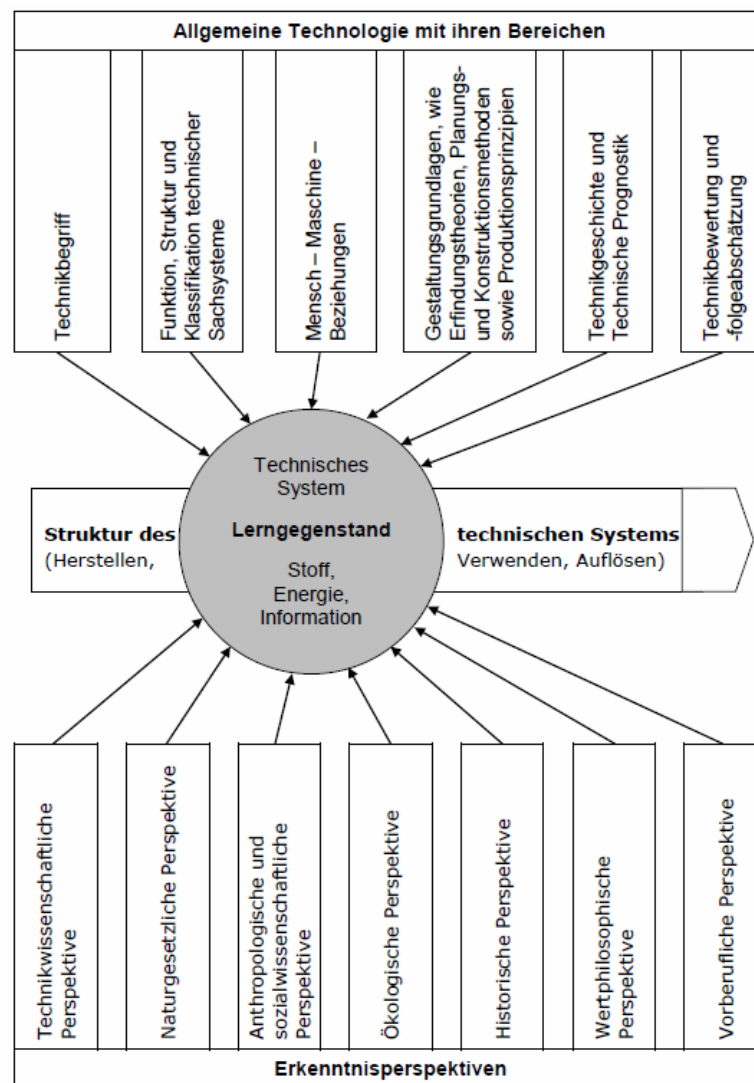
8. Ermitteln z.B. des Energieflusses und Prinzipiendarstellung



9. Abstraktion zur Darstellung im Blockschema

Zum Abschluss möchte ich darauf hinweisen, dass bei den typischen Betrachtungsweisen im Technikunterricht gerade bei Bewertungs-, Beurteilungs- und Entscheidungsprozessen die kulturellen, gesellschaftlichen, ökologischen und ökonomischen Zielsetzungen, Betrachtungsweisen Präferenzen und Restriktionen gleichwertig anzusehen sind und auch in der Praxis zur Geltung kommen. Diese Betrachtungen sind für das allgemeine Technikverständnis genauso bedeutsam, wie die Folgewirkungen von Technik.

Um nicht den Vorwurf der Einseitigkeit im Sinne einer ausschließlichen „Technikwissenschaftlichen Perspektive“ zu erhärten, hier der ganzheitliche Konzeptansatz zur Auswahl und Bearbeitung von Lerngegenständen zum Lerngegenstand Technik in der Übersicht (entnommen BANSE, G. 2002, S. 206):



Literatur

- BANSE, G.; MEIER, B.; WOLFFGRAMM, H.: Technikbilder und Technikkonzepte im Wandel – eine technikphilosophische und allgemeintechnische Analyse. Forschungszentrum Karlsruhe. Karlsruhe 2002
- BLANDOW, D.; SCHNEIDER, G.: Zur Analyse und Synthese Technischer Gebilde für die Ingenieurausbildung im Maschinenbau. Diss. B, TU Dresden 1971. Fakultäten Maschinenwesen und Gesellschaftswissenschaften
- BÖSENBERG, A.; WOLFFGRAMM, H.: Zur Entwicklung der Wissenschaftsdisziplin Polytechnik..., Wiss. Zeitschrift der Universität Halle, XXI/72, Heft 2, S. 33-45
- FRANKE, H.: Zur Theorie des Wirkprinzips als Typ technologischer Gesetze der Stoffbearbeitung; Dissertation Martin-Luther-Universität. Halle (Saale) 1979.
- HILL, B. ; MEIER, B.: Lernstrategien in der technischen Bildung. In: Unterricht: Arbeit+Technik . 7.Jg, Heft 27/2005, S. 4
- KLAFKI, W.: Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. 3. Aufl. Weinheim und Basel 1993.
- MEIER, B.: Zur Funktion, Linienführung und methodischen Gestaltung des technischen Modellbaus. Dissertation (B). Potsdam 1985
- ROPOHL, G.: Didaktik als wissenschaftstheoretisches Problem. In: Technik als Schulfach. Band 3. Düsseldorf 1980
- ROPOHL, G.: Technik als Bildungsaufgabe allgemeinbildender Schulen. In: Technik als Schulfach. Band 1. Düsseldorf 1982
- SCHULTE, H.; WOLFFGRAMM, H.; HARTMANN, E.; HEIN, C.; HÖPKEN, G.: Allgemeine Technische Bildung – Technikunterricht. Stuttgart 1991, S. 9.
- WOLFFGRAMM, H.: Allgemeine Techniklehre. 4 Bde. Hildesheim (Bd. 1 u. 2: Allgemeine Technologie, 1994 u. 1995; Bd. 3 u. 4: Technische Systeme, 1997 u. 1998)
- WOLFFGRAMM, H.: Allgemeine Technologie. Berlin 1978.
- WOLFFGRAMM, H.: Sitzungsprotokoll der Leibniz-Sozietät. Thema: Gegenstandsbereich und Struktur einer Allgemeinen Techniklehre. 2004.

Christian Wiesmüller

Zur ästhetischen Komponente technischer Bildung

Hinführung

Mein Thema legt vielleicht die Frage nahe, ob es überhaupt zur Jahrestagung einer sich modern und zeitgemäß verstehenden Technikdidaktik paßt, die auf der Suche nach einer tragfähigen Inhaltsstruktur ist. Denn diese Technikdidaktik hat doch die systemisch verbundene, hochkomplexe, rational durchorganisierte, technisierte Welt im Auge, für die in systematischer Weise rationale Denkmuster und evaluierbare technische Kompetenzen zu vermitteln sind. All das hat scheinbar wenig mit vagen, schwer faßbaren Vorstellungen von Schönheit zu tun, wird doch Ästhetik gemeinhin mit Schönheit verbunden oder sogar in eins gesetzt. Sie wird bei der Technik nur immer dann thematisiert, wenn es um Design geht, um ihre Erscheinung und sichtbare Gestalt. Sollten Inhalte eines Technikunterrichts zu guter Letzt auch noch einem Schönheitskriterium zu genügen haben?

Daß ich mich zu diesem Beitrag entschlossen habe, hat mehrere Gründe, aber insbesondere den: Es gibt mein Thema betreffend Bemerkenswertes zur Entwicklung und auch Irritierendes zur Beurteilung dessen, was wir technische Bildung und was wir Technikunterricht nennen:

So ist man seitens der wissenschaftlichen Technikdidaktik nicht selten sehr darum bemüht zu betonen, daß die Ahnen bzw. Vorläufer des Technikunterrichts, die etwa mit dem Werkunterricht erklärtermaßen den ästhetischen Aspekten mehr Raum gegeben hatten, nun endgültig überwunden sein sollten. Bedauerlicherweise hinkt die Schulpraxis in Bewusstsein und Tun vielfach noch immer diesem vor gut 40 Jahren vollzogenen Abschied hinterher. Technikunterricht habe gesellschaftliche Bezüge herzustellen und Technik sei auch kritischen Bewertungen zu unterziehen. Den theoretischen Anteilen sei demnach ein sehr hoher Stellenwert zuzumessen.

Es gibt auffallende Diskrepanzen zwischen dem, was auf der operativen Ebene, also in der Schule tatsächlich getan wird, und dem, was eine theoretisierende Technikdidaktik an den Hochschulen konzipiert. Techniklehrer halten ihren Unterricht und treiben darin Dinge, die sich nicht mit didaktischen Idealvorstellungen decken. Denn neben dem Herstellen sollte sehr viel reflektiert, analysiert, experimentiert und systematisiert werden. Als Chiasmus formuliert: Es sollte nicht überwiegend mit den Händen „gedacht“, sondern mit dem Denken „hantiert“ werden.

Ich unterstelle, daß man sich auf beiden Seiten redlich bemüht. Und tatsächlich gelingt es doch immer wieder, in einem Unterricht, der sich auf das Herstellen verlegt, zumindest Freude und Werkstolz auf den Gesichtern der Kinder hervorzurufen.

Es gibt freilich sehr gute Gründe für unterschiedliche Formen des Technikunterrichts, an denen auch Kritik anzubringen ist. Nur ist die Abwehr gegenüber manchen Ausprägungen von Technikunterricht manchmal reflexhaft, manchmal überheblich, manchmal verspannt, manchmal pauschal, manchmal auch opportun.

Es steckt m. E. ein tiefer Konflikt im fachlichen Bewusstsein. Vielleicht muss man hier mögliche und unvermeidbare Qualitätsunterschiede überhaupt zur Kenntnis nehmen, wie sie die Schulsituation zwangsläufig kennzeichnen. Und eine derartige Varianz könnte quer durch die didaktischen Lager gehen, aber auch quer durch so manche Lehrerpersönlichkeit selbst.

Wohl in keinem anderen Fach dürfte das Auseinanderklaffen so belastend sein zwischen dem, was der Lehrer kann und zu vermitteln im Stande ist, und dem, was die Technik weltweit hervorbringt und zur Tatsache macht. Der Lehrer käme der Verzweiflung nahe, würde er nicht auch auf die ästhetische Komponente bei seinem Vermittlungsbemühen zwischen Schüler und Sache vertrauen können – soviel soll an der Stelle schon angedeutet sein.

Eine negativ pessimistisch stimmende Tatsache ist auch die relative Erfolglosigkeit der Technikdidaktik in der Schullandschaft. Zumindest hat man diesen Eindruck. Man beklagt eine mangelnde Anerkennung in Pädagogenkreisen, die Ignoranz gegenüber dem, wovon man als Technikdidaktiker zutiefst überzeugt ist. Man klagt durchaus zurecht, weil die Allgemeine Pädagogik oder die Schulpädagogik auch anno 2010 noch nicht zur Kenntnis genommen hat, daß Technik ein wesentlich allgemeinbildender und dabei unersetzlicher Gegenstand für den Schulunterricht ist. Die Analyse einflussreicher Schultheorien der letzten Jahrzehnte etwa hat ergeben, daß in der Schulpädagogik kein hinreichender Technikbegriff existiert, der wiederum Voraussetzung wäre, um Technik in ihrem tatsächlichen Wesen und ihrer Bildungsbedeutsamkeit wahrnehmen und begreifen zu können (vgl. WIESMÜLLER 2006).

Ich will nun nicht die Selbstwahrnehmung der Technikdidaktik und den Stand technischer Bildung in der Schule ausführlich behandeln. Beides ist nicht Thema dieser Tagung hier in Potsdam. Aber die eben angesprochenen Aspekte spielen in mein Thema hinein: Mir ist es um Diskrepanzen zu

tun zwischen Sein und Seinsollen und dies vor dem Hintergrund einer wechsellvollen Fachgeschichte.

1. Als Geistwesen will der Mensch sich und die Welt erkennen

Wer über pädagogische Probleme nachdenkt und dazu Aussagen trifft, der sollte sich immer wieder seiner Grundlagen versichern und diese auch offen legen, gerade in einer Zeit großer Beliebtheit. Es wird im Laufe des Gedankengangs deutlich werden, an welchen Stellen meine Position, die sich auf die geisteswissenschaftliche Pädagogik stützt, gegen den Zeitstrom steht.

Die Menschheit ist trotz vielem Auf und Ab auf eine Höherentwicklung hin angelegt. Die Höherentwicklung zeigt sich u.a. in dem, was wir Kultur nennen. Die kulturelle Höherentwicklung ist eine Leistung des freien menschlichen Geistes, dessen Denken damit einsetzt, daß der Mensch sich als Ich erfährt und eine Welt außer sich wahrnimmt, die als Kultur gestaltbar ist.

Der Geist und das Denken bedürfen immerwährend der Bildung. Die Anstrengung der Bildung, um die Kultur zu überliefern und fortzuentwickeln, findet im gesellschaftlichen Leben statt, kann aber auf eine institutionalisierte Form, die Schule, nicht verzichten. Ab dem Moment in der Menschheitsgeschichte wurde sie notwendig, da das „kulturelle Band“ (vgl. DIEDERICH ; TENORT 1997, S. 11) zwischen den Generationen drohte abzureißen.

Weil die Kultur vielfältig und umfänglich ist, der menschliche Geist diesen geschichtlich gewordenen Reichtum nicht auf einmal zu erfassen vermag, muss man segmentieren, exemplarisch vorgehen und Fächer mit Abgrenzungen schaffen, in denen systematisch, inhaltlich strukturiert und kohärent gelehrt und gelernt werden kann. Erst wenn das zur Genüge geschehen ist, kann man ans Vernetzen gehen. Auch ist die Vernetzung letztlich eine individuelle Leistung der einzelnen Person, sie wird gleichsam manifest in der Person selbst. Wollten wir jedes Fach mit jedem Fach unterrichtlich stets vernetzen, wie es der Komplexität und Verflochtenheit der tatsächlichen Welt ja entspräche, würde ein undurchdringliches Dickicht für jeden Lernbeflissenen entstehen.

Innerhalb der Fächer haben die erwähnten Theoreme Geist, Kultur und Bildung Orientierungsfunktion. Wird der Bezug darauf nicht hergestellt, schwebt die Didaktik in der Luft und treibt wie ein Ballon je nach Windrich-

tung einmal in die und einmal in die andere Richtung, wird zum Spielball ganz fremder Kräfte und Interessen (vgl. dazu u.a. SCHMAYL 2010). Technik kann ob dieser Beziehungslosigkeit gar nicht zum anerkannten Fach werden.

Was sind die weiteren Leitbegriffe oder Prinzipien, die auch für Technikunterricht Geltung haben müssen? Sie können hier nur leider ohne große Diskussion in den Raum gestellt werden.

Da ist erstens die Annahme, daß das Sein in verschiedenen Dimensionen einen Sinn hat: Jeder einzelne Mensch hat einen berechtigten Eigensinn, aber auch das Gesamte, in das die Individuen eingebunden sind, ergibt einen Sinn. Und was immer wir – vor allem pädagogisch – unternehmen, muss in solche größeren Zusammenhänge eingebunden sein, muss Bedeutsamkeit für das Subjekt selbst, aber auch – bewusst hoch gegriffen – für die Höherentwicklung der Menschheit, und damit der Kultur haben. Technik ist also, wenn wir sie nicht binnenrational und binnenfunktional betrachten, als Kultur anzusehen und sie gehört in einen Sinnzusammenhang.

Nicht alles aber, was der Mensch hervorbringt, sollten wir als Kultur bezeichnen. Es gibt sogar ihr Gegenteil. Um hier zu Abwägungen kommen zu können, sind weitere Begriffe erforderlich: Werte und Prinzipien, an denen wir Kultur messen können. Der Neukantianer HÖNIGSWALD hat hierbei den Begriff der Geltungswerte wahrscheinlich am deutlichsten herausgearbeitet. Und wenn ich nun ihm folge, dann gerate ich in Gegensatz zur derzeit weithin propagierten diskursverliebten und stets diskursoffenen Pädagogik. Da sie keine Geltungswerte kennt, hält sie den Wirren der Zeit nicht stand.

Geltungswerte erheben Anspruch auf Gültigkeit ohne die Zustimmung des Subjekts. „Geltung und Geltungswerte haben, heißt nicht, von irgend jemand als geltend anerkannt zu sein oder gar von irgend jemandes Anerkennung und Zustimmung abhängen“ (HÖNIGSWALD 1918, S. 20). Dies zeigt sich, und damit bin ich beim letzten Begriff, den ich für meine spätere Argumentation brauche, am Beispiel der Wahrheit, die nicht von der Zustimmung abhängt, sondern Anerkennung im Sinne von Geltung fordert, weil es sie gibt (vgl. TSCHAMLER 1983, S. 159). Wahrheitsliebe wäre dem gemäß dann ein Wert, der unser Handeln leiten sollte, der prinzipiell Geltung hat. Wahrheit ist ein Wert, der nicht verhandelbar ist.

Anmerkung 1 dazu: Wie sähen unsere Schule und unsere Gesellschaft wenigstens in Teilen aus, hätten wir es geschafft, die Geltung dieses Wertes besser zu vermitteln?

Anmerkung 2 dazu: Wo tritt uns Wahrheit vermittelt in ihrer Geltung mehr gegenüber als schon in der einfachsten technischen Funktion?

Anmerkung 3 dazu: Um Missverständnisse zu vermeiden, ich würde nie sagen, ich kenne die Wahrheit. Aber ich anerkenne ihre Existenz und Geltung, versuche mich ihr anzunähern und mich ihr zu verpflichten, weil ihre Leugnung und Missachtung z.B. schon unser aller Miteinander hier bei der Tagung belasten, ja zerstören würde. Für uns als Geschöpfe gilt trotzdem der weise Satz: Nichts ist sicher, aber auch das ist nicht sicher. Das dürfte der Wahrheit sehr nahe kommen.

Im Raume bleibt die Frage: Wie nähern wir uns grundsätzlich der Wahrheit, nehmen das Werthafte wahr. Wie erkennen wir das Werthafte, das schließlich – weil Wahres in ihm durchscheint – Geltung beanspruchen darf?

2. Wahrnehmen und Erkennen – Gegenstand der Ästhetik

Diejenige Disziplin, die sich der Wahrnehmung und Erkenntnis annimmt, ist nominell von BAUMGARTEN 1735 bzw. 1750 gegründet worden: die Ästhetik. Nach Erkenntnis strebt der Mensch natürlich schon viel länger. Entscheidendes hat, bis heute gelesen und wirksam, PLATO beigetragen. Ich erwähne ihn, weil er zusammen mit ARISTOTELES das christliche Abendland geprägt hat und uns immer noch herausfordert (vgl. SCHMITT 2003). A.N. WHITEHEAD meinte sogar, alles Philosophieren nach PLATO wären nur Fußnoten zu seinem Werk.

Das Besondere der Ästhetik ist nun eine Zweigesichtigkeit (vgl. dazu u.a. WELSCH 1996). Sie ist tatsächlich einerseits eine Art Kunde oder Lehre des Schönen, wie wir es mit unseren Sinnen wahrnehmen. Sie wird vielfach dann jedoch mit einer Kunsttheorie gleichgesetzt, weil sich die Kunst immer wieder um das Schöne bemüht hat. Es hat sich eingebürgert, von den schönen Künsten zu sprechen. So gesehen hat die Ästhetik auf den ersten Blick wirklich nur oberflächlich, also z.B. mit dem schönen Blechkleid eines Automobils und damit nicht wesentlich mit Technik zu tun.

Die zweite Seite der Ästhetik aber ist die erkenntnistheoretische. Neben anderen Denkern gab KANT der ästhetischen Wahrnehmung, von ihm ästhetische Urteilskraft genannt, innerhalb der Erkenntnis einen unumstößlichen und unersetzlichen Rang (Kritik der Urteilskraft) (vgl. WIESMÜLLER 2008, S. 8). Außer der Empirie und dem Geist haben wir es bei unserer ästhetischen Wahrnehmung also mit einem eigenständigen dritten Erkenntnisweg zu tun, der durch nichts zu ersetzen ist (vgl. dazu auch WILBER 1998). Dieser Erkenntnis ist eigen, daß wir sie je zu versprachli-

chen versuchen, sie sich aber der exakten Beschreibung entzieht. Sie hat immer transverbale Anteile, ist in ihren letzten Winkeln sogar translogisch; die aus ihr resultierenden Erkenntnisse sind transzendent. Mit anderen Worten: sie sind auch über-sinnlich, auch raum- und zeitlos, letztlich metaphysisch und mutmaßlich mehr über die Seele als über den Verstand zu gewinnen.

Inwiefern spielt dieser Erkenntnisweg, der sich einer Methodisierung – wie sie beim Erfahrungswissen oder beim vernunftgeprägten Verstandesgebrauch möglich ist – entzieht, inwiefern spielt also dieser Erkenntnisweg für den homo technicus eine Rolle?

Technik ist präzise, nutzgerichtet, erfahrungsgesichert, rational, algorithmisiert usw. Und je mehr sie all das ist, desto besser und zuverlässiger funktioniert sie; darin liegt ihr Erfolgsgeheimnis. Und das Funktionieren ist ihr primärer Zweck. Würde ein Ingenieur translogisch vorgehen, er würde wohl im Berufsalltag scheitern. Die Frage ist, ob das schon das Wesentliche der Technik, das Identisch-Bleibende vor der Mannigfaltigkeit des Zeitlich-Wechselnden ist (vgl. HALDER/MÜLLER 1988, S. 344)? Mit ein paar Einschränkungen muss man das sicherlich bejahen, so daß der ästhetische Erkenntnisweg wie ein Fremdkörper bei allem wirken muß, was wir mit Technik tun: ein Störfaktor. Dieser Störfaktor, ein nichtrationaler Rest bleibt allerdings auch beim Ingenieur, dann nämlich, wenn er sich intuitiv einer Lösung nähert, wenn ihm etwas zufällt, womit er gar nicht „gerechnet“ hat (vgl. dazu u.a. WILKENS 2000). Und mancher Maschinenführer spürt intuitiv, daß seine Maschine nicht ganz rund läuft, noch bevor es Sensoren erfassen. Betriebe schätzen inzwischen wieder mehr das „Gespür“ ihrer erfahrenen älteren Mitarbeiter, das allein durch jugendliche Kraft und Dynamik nicht ersetzt werden kann.

Im pädagogischen Zusammenhang jedenfalls geht es nur teilweise darum, Technik in ihrer nackten Zweckrationalität zu erkennen und anzuwenden. Darüber hinaus und wahrscheinlich noch dringlicher geht es um die Wechselwirkung zwischen Technik und dem Menschen als ihrem Schöpfer. Für den Didaktiker ist die Frage: Worauf kommt es an in diesem Verhältnis, wenn der Mensch die Technik als sein Werk wahrnehmen und erkennen und damit sich selbst in dieser Welt erkennen will?

3. Technik – die Wahrnehmung und das Erkennen von Wirksamkeit und Zuverlässigkeit im Dasein

Ich setze zunächst eine These: Jede Technik, jeder richtungsgeleitete technische Denktakt und jede Werkstat, ob erfindend, herstellend, anwendend, instandhaltend, pflegend, auch in festgelegter Form und selbst als Routine, und jedes daraus entstehende Produkt, also jedes Artefakt haben eine mehr oder weniger ausgeprägte ästhetische Komponente. In ihr wirken die beiden Funktionen des Ästhetischen, das Gestaltempfinden und das erkennende Erfassen, zusammen.

Um das verständlich zu machen, will ich kurz in die Scholastik zurückgehen, weil der neuere Ästhetikdiskurs die von der Pädagogik aufgenommenen geisteswissenschaftlichen Begriffe und Prinzipien weitgehend dekonstruiert hat, ohne sie aber adäquat ersetzen zu können (vgl. dazu u.a. NAUMANN-BEYER 2000, S. 211 bzw. WIESMÜLLER 2003, S. 6).

THOMAS VON AQUIN bestimmt die *pulchritudo*, die Schönheit, in seiner Lehre der Transzendentalien durch eine Kombination der Charakteristika des Wahren und Guten. Als Transzendentalien gelten die Seinseigenschaften (Seinsattribute), die den Gegenstand als Gegenstand der Erkenntnis kennzeichnen, d.h. allen vorkommenden Gegenständen des Erkennens gleichermaßen zugesprochen werden müssen: *ens*, *unum*, *verum*. Der Gegenstand des Erkennens ist überhaupt also ein Seiendes, er ist einer und er ist ein wahrer, d.h., er ist ein auf Erkenntnis prinzipiell angelegter Gegenstand.

Im Kern bedeutet diese Dreiheit, daß Schönheit mit dem Guten und damit mit Wahrheit verbunden sei. Das ist ein idealistischer Standpunkt, der durch die ganze Geistesgeschichte Gegenstand leidenschaftlichen Denkens war und es bleiben wird. Er wird bejaht oder abgelehnt. Er ist ein Standpunkt, der nicht auszulöschen ist, der übrigens auch nur deshalb absurd erscheinen kann, weil der Mensch in einem falschen Verständnis von Wissenschaft und Technik darauf verfallen ist, irgendwann einmal manipulativen Zugriff auf Letzt-Kategorien bekommen zu können. BERDJAJEW etwa spricht vom Ersatz der christlichen Eschatologie durch eine technische Eschatologie (vgl. BERDJAJEW 1933, S. 22ff.).

Mit THOMAS jedenfalls kann also zunächst gefordert werden, den ganzen Bewandniszusammenhang des Menschen, also die gesamte Technik als Erkenntnisgegenstand aufzunehmen.

Nun muss noch bedacht werden, was ich oben vorangestellt habe. Zeichnet sich eine Richtung und ein Ziel in der Menschheitsgeschichte ab, dann

ist daraus ein Sinn abzuleiten, der uns über alle drei Erkenntniswege, insbesondere aber eben über die ästhetische Erfahrung – natürlich innerhalb der unübersteigbaren prinzipiellen Begrenzungen – offenbar werden kann: Sinn-Erfahrung als Erfahrung des Schönen, kann als das von HEGEL gemeinte sinnliche Erscheinen der Idee anerkannt werden. Womit wir wieder weit zurück bis auf PLATOS Ideenreich verwiesen sind.

Bisher können wir sagen, das Ästhetische, also das sinnliche Erfahren und Erkennen, ist auch im technischen Objekt oder im technischen Prozedere eingeschlossen. Darum darf ein allgemeinbildendes Fach, das stets den Menschen in der Ganzheit seiner Anlagen und Potentiale im Blick haben muss, diesen Erkenntnisweg nicht außer Acht lassen. Anders formuliert: Ein Fach würde sich um eine wichtige Erkenntnismöglichkeit beschneiden, und würde sein Gegenstand noch so nüchtern und steril daherkommen – also oberflächlich unattraktiv.

Gibt es aber noch Tieferes bei der Frage nach dem Bildungssinn der Technik? Tiefer im Hinblick auf die Unterschiede zu anderen Fächern, so daß sich ein Eigensinn der Technik im Bildungsprozess abzeichnet. Wirtschaftssprachlich: Gibt es ein Alleinstellungsmerkmal der Technik?

Ich bin – angeregt von GEORG SCHERER, einem Theologen und Philosophen – auf die sogenannte „*Es-geht-Erfahrung*“ gestoßen. Sie ist die Erfahrung von Konvenienz. Damit ist gemeint, daß Sein und personaler Geist in Übereinstimmung gelangen. Konvenienzerfahrungen kennt man aus der Naturbegegnung und aus der Begegnung von Menschen. In der Technik nun hat diese Erfahrung etwas Eigenartiges. Das „*Es-geht*“ ist auch, aber nicht nur die Freude, daß wir einen Funktionszusammenhang entdeckt haben, dadurch die Natur in Dienst nehmen können und eine Erfahrung unseres eigenen Könnens gemacht haben – das ist die Wirksamkeit, die sich auf das sich erkennende Ich bezieht und insofern ein Beleg für die Selbstwirksamkeit ist.

Das eigentliche Glücksgefühl technischer Erfahrung liegt aber in der Wahrnehmung einer Welt, die Antworten auf Fragen gibt, welche wir mit Erkenntnis- und Gestaltungsinteresse an sie richten. Wir erfahren, daß sich diese Welt unserem Dienst fügt, wenn wir uns an die Gesetze halten, denen sie untersteht. Sie ist darin verlässlich, so daß es möglich wird, aufgrund von Theorien über die Natur in eine Übereinkunft zu treten, die sich tagtäglich bewährt – das ist die Erkenntnis der Zuverlässigkeit.

Ich will kein zu schönes Bild an die Wand malen: Die Gefahren, die Probleme der Technik sind gewaltig und werden wohl immer bedrängender. Nur kann kein Schulfach auf die Dauer zur Lernanstrengung motivieren, das

nicht das Gute, den besseren Zustand als Möglichkeit sinnstiftend in den Raum stellt.

Daß Technikunterricht selbstverständlich die Schüler mit einer Vielzahl technisch zu lösender Probleme konfrontieren soll, für die im kleinen Maßstab Lösungsgestalten zu finden sind, ist ein großer Vorzug in unserem Fach. Die daraus resultierenden beglückenden Momente dürfen Kindern nicht vorenthalten werden. Aber die Probleme der Welt können im Klassenzimmer nicht gelöst werden. Hier dürfen die Maßstäbe nicht zu früh zu groß gewählt werden, sonst lehrt man das permanente Scheitern.

Jedenfalls ist es die Technik des Menschen, die bei all ihrer Ambivalenz diese „*Es-geht-Erfahrungen*“ im Kleinen, Schulwoche für Schulwoche, vermitteln kann. Dazu wird ebenso vermittelt, was nicht geht, also der Typus der „*Es-geht-nicht-Erfahrung*“.

Gerade auf den negativen Typus bezogen möchte ich noch eine interessante Literaturstelle erwähnen, die wiederum bei einem Neukantianer zu finden ist und die Frage nach dem spezifischen Bildungssinn der Technik ergänzt, wenn es nämlich um Verhalten geht: PAUL NATORP sieht, daß sich der Fortschritt der Technik auf Erfahrung gründet, zugleich aber auf die Gesetzmäßigkeit in der Natur. Und er kommt zu der Aussage: „So viel hängt daran, daß man die Beziehungen des Technischen zum Sittlichen richtig erfasst. Sittlichkeit vermag nicht anders konkret zu werden als durch Technik“ (NATORP, 1974, S. 89). „Denn technisch verfahren heißt nach einer Regel verfahren, und zwar einer empirischen, also notwendig aus Naturerkenntnis schöpfender. Ist nun die Regel überhaupt Voraussetzung der Vernunftregel, so wird damit notwendig die Technik zur Vorstufe der Sittlichkeit“ (ebd. S. 88).

Abschließende Hinweise

Was folgt aus dem Gesagten für die Inhaltsfrage des Technikunterrichts? Ausgangspunkt ist für mich der *mehrperspektivische Ansatz* mit seinem Modell der technikgeprägten Problem- und Handlungsfelder. Vermutlich teilen nicht alle Vertreter uneingeschränkt die hier vorgetragene Position. Gemeinsame Basis dürfte aber sein, daß der *mehrperspektivische Ansatz* in der Bildungstheorie verankert ist. Auch wird die aus der Richtung des *mehrperspektivische Ansatz* betriebene Technikdidaktik von den meisten ihrer Vertreter als fachbezogene Erziehungswissenschaft ausgeübt (vgl. dazu u.a. SACHS 1999, S.39). Übereinkunft dürfte zudem darüber beste-

hen, daß man das Ideal des Technikunterrichts in der fachlichen Eigenständigkeit sieht.

In der Sicht des *mehrperspektivische Ansatz* bauen sich Menschen Häuser und wohnen darin, sie müssen sich mit Dingen versorgen und diese auch wieder entsorgen, sie informieren sich und kommunizieren, sie stellen etwas her und gebrauchen es, sie transportieren und nutzen Verkehrseinrichtungen (vgl. u.a. BIENHAUS 1995, S. 143); sie entwickeln in all den Bereichen Kultur. Sie können all das gut oder weniger gut tun, bewerkstelligen Wertvolles oder weniger Wertvolles. Das ist das reale Sein des Wechselwirkungsgeschehens Mensch, Gesellschaft, Natur und Technik. Es sind Tatsachen, die niemand bestreiten kann und die relevant für jeden Menschen sind.

Menschen tun natürlich noch mehr: Sie bewahren und schützen, greifen an und verteidigen sich, sie verletzen und heilen usw. - all dies auch mit technischen Mitteln. Diese Liste ließe sich fortführen: Frage ist, ob diese inhaltliche Reihe jemals vollständig sein kann? Wer sich prinzipiell mit der Frage der Vollständigkeit von Inhalten auseinandersetzen möchte, sei auf ein kulturgeschichtliches Buch UMBERTO ECOS verwiesen, sein monumentales Werk: „Die unendliche Liste“. Er beschreibt darin, wie der Mensch, besonders in Zeiten der Verunsicherung und Identitätssuche, nach Strukturen und Ordnungen Ausschau hält und dabei zu von Epoche zu Epoche unterschiedlichen „Listen“ gelangte. Ein ähnlich gelagertes Kulturphänomen, bei dem es um Ordnung, Struktur und Vollständigkeit von Sachen geht, hat der Pädagoge LUDWIG DUNCKER aufgegriffen. In seiner Schultheorie kommt dem Sammeln als kulturelle Praxis und universelle Methode eine Bedeutung zu. Das Sammeln gelte es auch in der Schule selbst zu berücksichtigen (DUNCKER 1994). Es wäre sicherlich ein lohnenswerter Versuch, der Frage nach der qualitativen Vollständigkeit des Lehrplans (vgl. NICKLIS 1980, S.118 ff.), auch dem der Technik, unter den anthropologischen, kulturgeschichtlichen und pädagogischen Prämissen der angedeuteten Richtungen nachzugehen.

Zur weiteren Klärung der Inhaltlichkeit des Technikunterrichts jedenfalls greift auch SCHLAGENHAUF in seinem grundlegenden Beitrag „Inhalte technischer Bildung“ auf das Problem- und Handlungsfeldermodell zurück (SCHLAGENHAUF 2009). Er sieht, wie andere auch, in der vorliegenden Struktur noch keinen Endzustand. Welchen Weg schlägt er vor? Er gibt die Anregung, bei den Bedürfnissen des Menschen anzusetzen. Dies scheint ein möglicher Weg, der neben den zu Beginn geäußerten Irritationen ein weiterer Anstoß für mich war, mich über den Zusammenhang Technik und

Ästhetik der Inhaltsfrage zu nähern. Meine These ist immerhin, daß es ein grundlegendes ästhetisches Bedürfnis des Menschen gibt.

SCHLAGENHAUF weist allerdings darauf hin, daß es nahezu unmöglich wäre, generell klare Zuordnungen bei den Bedürfnissen des Menschen vorzunehmen, z.B. zwischen geistigen und körperlichen. Er weist nachdrücklich darauf hin, daß Menschen das je gleiche Produkt, z.B. das Automobil, einmal für den schlichten Transport, das andere Mal zur Selbstdarstellung benutzen. Die Frage ist ähnlich wie bei der Vollständigkeit der Inhalte, ob man überhaupt eine eindeutige Zuordnung zwischen Bedürfnissen und Inhaltsfeldern und Inhalten braucht.

Meine Überlegungen führen dahin, daß das Menschsein durch ein permanentes Bedürfnis nach Erkenntnis, insbesondere nach Selbsterkenntnis gekennzeichnet ist. Es will auch in der technisch geprägten Eigenexistenz befriedigt sein und zwar in dem Doppelsinn der Ästhetik, des Wahrnehmens und des Erkennens. Die ästhetische Komponente technischer Bildung ist auf den Punkt gebracht Weltgewahrwerdung über die Erfahrung von Wirksamkeit, Selbstwirksamkeit und übertragener Wirksamkeit. Sie ist das Erkennen von Zuverlässigkeit in einer ansonsten recht kontingenten Welt, also einer Welt der inneren Endlichkeit des Seienden, wo uns die Differenz von Wesen und Sein entgegentritt (HALDER/MÜLLER 1988, S. 159).

Gerade auch in der Technik gehen beide Seiten der Medaille ineinander über. Der Mensch kann mit der Technik feststellen, daß er etwas bewirken kann, über verschiedene Reichweiten hinweg. Von der ganz nahen Selbstwirksamkeit bei der Unterstützung bei den simpelsten Verrichtungen bis hin zu einem Steuerbefehl an ein fernes Raumschiff, den jedes Kind ausführen könnte, wäre sein PC mit dem Konzernrechner des betreffenden Raumfahrtunternehmens verbunden.

Der Mensch umreißt einen Raum, innerhalb dessen er sich dank seiner zuverlässigen Technik relativ und zudem relativ sicher bewegen kann. Diesen Raum kann er auch gestalten. Es war und ist der Raum seiner Gestaltungsmöglichkeiten, der Raum des real Möglichen, wo auch ERNST BLOCH, von HEGEL ausgehend, mit seiner Utopie ansetzt (vgl. BLOCH 1980). Selbst der Marxist BLOCH, es mag manchen überraschen, äußert dabei für das moderne Bewußtsein ungewohnte Überzeugungen: „Kein Ende der Kunst und kein Ende der Wissenschaft, sondern neue partiische Wissenschaft. Parteilichkeit für das wirklich Wahre, Schöne, Gute, das es nicht gibt, noch nicht gibt; daß es aber vor der Geburt steht, kann durch historisches Bewusstsein in einer ganz unmusealen Art erschlossen oder als

Aufgabe hingestellt werden“ (BLOCH 1980, S. 215). Mögen Ursprung, Akteure, Umstände, Ort und Zeitpunkt der Geburt ungewiß sein, das Ideal ist formuliert. Dabei wäre die Geburt, genau genommen eine Wiedergeburt, denn schon die antike Philosophie kannte neben der *theoría* und der *prâxis* die *poiesis*. Nach Aristoteles handelt es sich bei ihr um eine Tätigkeit, die ihr Ziel außerhalb ihrer selbst hat, im Gegensatz zur Praxis (vgl. Brockhaus Philosophie). Die *poiesis* war damals zwar nicht unbedingt im Vergleich zur Theorie und Praxis gesellschaftlich hoch angesehen, jedoch war dieser Gestaltungsraum der Möglichkeiten philosophisch grundsätzlich schon früh erkannt.

Diesen Möglichkeitsraum wahrzunehmen und zu erkennen und in ihm werkpraktisch zu agieren, im Maßstab des eigenen Lebens und im Maßstab überschaubarer gesellschaftlicher Praxis, das sollte der Technikunterricht u.a. leisten. In so fern leisten auch die handwerklichen Ausformungen des Technikunterrichts schon Wesentliches, ja sie legen im Sinne eines genetischen Lernens die Grundlage, derer sich die Menschen jedoch immer wieder versichern. Pädagogisch formuliert heißt das, auch ein Gymnasiast der höheren Jahrgangsstufe will sich werkgestaltend, also *poietisch* beweisen und sich nicht lediglich theoretisch mit den Inhalten der Technik auseinandersetzen. Auch das Handeln, das seinen Zweck in sich selbst hat, die Praxis, befriedigt nicht in Gänze. Dies ist daran abzulesen, welch hohen Stellenwert die Studentinnen und Studenten u.a. dem Herstellen eines sinnhaltigen Produkts in ihrer eigenen Biographie zumessen. Zur vollen Reife kommt die Persönlichkeit des Techniklehrers im ausgewogenen Zusammentreffen von Theorie, Praxis und *poiesis*.

Wie weit eine Kompetenzpädagogik, wie sie derzeit das Denken beherrscht, damit in Einklang stehen kann, soll an der Stelle offen bleiben. Es ist wünschenswert, wenn die nachrückende Generation einen gewissen Standard beim Lesen, Schreiben und Rechnen erfüllt, wenn neben formalen Fähigkeiten auch eine materiale Bildung bis zu einem gewissen Grad kanonisiert vermittelt wird, um eine kulturelle Identität zu ermöglichen. Wobei Letzteres von der heutigen Pädagogik zunehmend vernachlässigt wird. Postuliert wird an dieser Stelle jedenfalls, daß es in einer allgemeinbildenden Schule primär um die breit angelegte Förderung der Anlagen individueller Personen geht, die später auf je unterschiedliche Weise ihren speziellen positiven Beitrag zum gesellschaftlichen Miteinander leisten. Und hier jedoch scheint die Outputorientierung im Gegensatz zur Inputorientierung kontraproduktiv zu sein. Eine Lehrkraft, die ihre vornehmste Aufgabe darin sieht, individuelle, dabei gemeinschaftsfähige (kleine) Persönlichkeiten zur Entfaltung zu bringen, die ihr Leben selbst bestimmen und in die Hand nehmen können, will gerade nicht die konkrete Gestalt in

all ihren Einzelheiten vor Augen haben oder planen: „Bildung kann nichts Endgültiges sein. Sie muss Halt geben, darf aber den Menschen nicht verfestigen. Sie erfordert Offenheit im Konkreten“ (SCHMAYL 1989, S. 154). Diese Offenheit zuzulassen, ja sie dem Anvertrauten soweit möglich zu garantieren, verlangt ein großes Maß an Zuversicht, die der Lehrer Tag für Tag aufbringen können sollte.

Überhaupt ist eine grundlegende Voraussetzung für den Erfolg jeden Unterrichts Optimismus und eine positive Gestimmtheit. Das sollte auch seine Entsprechung in der Diktion unseres Faches haben. Ich würde das Problem- und Handlungsfeldermodell strukturell – weil bewährt – beibehalten, jedoch sollten die Felder m. E. technikgeprägte Wahrnehmungs-, Erkenntnis- und Gestaltungsfelder heißen. Etwas überspitzt formuliert: Wollte man Technik in der Schule nur über die Beschäftigung mit vom Dasein aufgezwungenen Problemen und deren Lösungen vermitteln, würde man dem schöpferischen Geist des Menschen, der Kultur hervorbringt, nicht voll gerecht.

Auf den im Technikunterricht zu behandelnden Feldern begegnen wir guter und schöner Technik und weniger guter und weniger schöner Technik im vorher dargelegten Sinne von Ästhetik. Im Zusammenspiel der drei Erkenntnisweisen können wir zu tragfähigen Bewertungen gelangen. Daraus könnte eine Art technikästhetisches Auffassen, Verhalten und Handeln resultieren, das einen selbst, den Mitmenschen und die Umwelt in der Balance hält.

Literatur

BERDJAJEW, N.: Mensch und Technik. Von der Würde des Christentums und der Unwürde der Christen. In: SIKOJEV, A. (Hg.): Schriften zur Philosophie. Mössingen-Thalheim 1989

BIENHAUS, W.: Inhalte des Technikunterrichts. In: Schmayl/Wilkening: Technikunterricht. Klinkhardt 1996

BLOCH, E.: Abschied von der Utopie? Vorträge. Herausgegeben von HANNA GEKLE. Frankfurt am Main 1980

BROCKHAUS Philosophie. Ideen, Denken und Begriffe. 2. erw. Auflage. Mannheim

DIEDERICH ; TENORT: Theorie der Schule. Ein Studienbuch zu Geschichte, Funktionen und Gestaltung. Berlin 1997

DUNCKER, L.: Lernen als Kulturaneignung. Schultheoretische Grundlagen des Elementarunterrichts. Weinheim und Basel 1994

- ECO, UMBERTO: Die unendliche Liste. München 2009
- HALDER/MÜLLER: Philosophisches Wörterbuch. Freiburg 1988
- HÖNIGSWALD, R.: Über die Grundlagen der Pädagogik. München 1918
- NATORP, P.: Sozialpädagogik, besorgt v. Richard Pippert. Paderborn 1974
- NAUMANN-BEYER, W.: Anschauung. In: Ästhetische Grundbegriffe 1. Weimar 2000
- NICKLIS, W. (Hg.): Hauptschule. Erscheinung und Gestaltung. Bad Heilbrunn 1980
- SACHS, B.: Zum Stand der Technikdidaktik in Deutschland. In: HARTMANN, E. ; HEIN, C. u.a. (Hg.): Technikdidaktik – Entwicklungsstand – Theorien – Aufgaben. Zielona Góra 1999, S.29-45
- SCHERER, G.: Sinnerfahrung und Unsterblichkeit. Darmstadt 1985
- SCHLAGENHAUF, W.: Inhalte technischer Bildung. Überlegungen zu ihrer Herkunft, Legitimation und Systematik. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 133/2009
- SCHMAYL, W.: Pädagogik und Technik. Bad Heilbrunn 1989
- SCHMAYL, W.: Didaktik allgemeinbildenden Technikunterrichts. Baltmannsweiler 2010
- SCHMITT, A.: Die Moderne und Platon. Stuttgart und Weimar 2003
- TSCHAMLER, H.: Wissenschaftstheorie. Eine Einführung für Pädagogik. Bad Heilbrunn 1983
- WELSCH, W.: Grenzgänge der Ästhetik. Stuttgart 1996
- WIESMÜLLER, C.: Anschauung und Technik. Anmerkungen zu einer vernachlässigten Kategorie allgemeinbildenden Technikunterrichts. In: tu - Zeitschrift für Technik im Unterricht. Heft 107/2003
- WIESMÜLLER, C.: Schule und Technik. Die Technik im schultheoretischen Denken. Baltmannsweiler 2006
- WIESMÜLLER, C.: Die Ästhetik in der Perspektive technischer Bildung. In: tu - Zeitschrift für Technik im Unterricht. Heft 129/2008.
- WILBER, K.: Naturwissenschaft und Religion. Frankfurt am Main 1998
- WILKENS, S. W.: Die Quadratur der Philosophie und die konstruktive Präambel der Metaphysik. Über die Funktion des Konstruktionshandelns. In.: BANSE, G. ; FRIEDRICH, K. (Hg.): Konstruieren zwischen Kunst und Wissenschaft. Berlin 2000

Gabriele Graube

Ein systemischer Ansatz technischer Bildung

Aspekte zur inhaltlichen Strukturierung Technischer Bildung

1. Einleitende Bemerkungen

Ausgangslage zur Techniksozialisation in der Schule

Die Einflussfaktoren zur Entwicklung von Technikinteresses und zur Entdeckung eigener Begabungen zu einem technischen Beruf liegen in a) einer frühen Begegnung und einer spielerischen Auseinandersetzung mit Technik, b) in einzelnen Schlüsselerlebnissen, in denen Technik punktuell als interessant und herausfordernd erlebt wird sowie c) in einer kontinuierlichen und didaktisch gut aufbereiteten Technikbildung in der Schule (ACATECH 2009). Dabei kommt insbesondere der Techniksozialisation in der Schule eine besondere Bedeutung zu: „Die Schule ist der zentrale Ort der Informationsvermittlung über Technik und vor allem über Naturwissenschaften (ACATECH 2009, S. 57)“.

Die Stellung und Bedeutung eines Technik-Faches oder Technik-Bereichs ist jedoch in Deutschland sehr unterschiedlich und nicht unumstritten. HARTMANN U.A. (2008) zeichnen hier eine Landkarte mit vielen weißen Flecken und Beliebigkeiten. So findet sich nicht nur ein Fach Technik in der Schule, sondern auch die Zusammenführung mit anderen Bereichen (z.B. Wirtschaft und Arbeit, Wirtschaft und Technik, Natur und Technik), die Integration technischer Inhalte (Arbeitslehre) bzw. die technische Ausrichtung anderer Fächern (z.B. Werkunterricht). Zum „Flickenteppich“ in Deutschland tragen zusätzlich die unterschiedliche Zuordnung als Pflicht- oder Wahlpflichtfach und die unterschiedliche Zuordnung zu Schulstufen und Jahrgängen bei. Diese höchst unterschiedlichen schulischen Rahmenbedingungen führen zu ungleichen Chancen bei der Auseinandersetzung mit technisch gestalteter Welt und einer damit verbundenen Persönlichkeitsentwicklung, was zu unterschiedlich entwickelten Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler führt, was wiederum Einfluss auf deren berufliche Orientierung haben kann. Für Gymnasien ist, von wenigen Ausnahmen abgesehen, Technik der „blinde Fleck“ der Allgemeinbildung. Bestimmte Schülergruppen bleiben in manchen Bundesländern so von technischer Bildung ausgeschlossen oder erhalten nur eingeschränkte Bildungsmöglichkeiten. Das heißt letztendlich, dass eine technische Allgemeinbildung nicht für alle Schülerinnen und Schüler erreicht werden kann, was sich beispielsweise deutlich in der Problematik der Gewinnung eines akademischen und beruflichen Technik-Nachwuchses niederschlägt. Damit verbun-

den existieren unterschiedliche Vorstellungen zum Ziel, zur Bedeutsamkeit und auch zur didaktischen Ausrichtung dieses Bildungsbereiches, was auch zu den vorher beschriebenen Implementierungsschwierigkeiten beiträgt. Insofern ist das Ergebnis der Studie der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) nicht überraschend, in der konstatiert wird, dass es weiterhin „... an der technischen Allgemeinbildung mangelt [...]“ (ACATECH 2009, S. 29).

Neue Entwicklungen und Empfehlungen für Technische Bildung in der Schule

Neben dieser beschriebenen Entwicklungslinie sind aber auch neue Entwicklungen zu erkennen. So wurden in unterschiedlichen Bundesländern in der jüngsten Vergangenheit neue Fächer mit Technik als Element (z.B. Natur und Technik) sowie entsprechende neue Studiengänge für eine entsprechende Lehrerausbildung eingeführt.

Desweiteren liegen Empfehlungen der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech) vor (z.B. ACATECH 2009, MILBERG 2009) vor, die sich zur Technischen Bildung in der Schule äußern und die unbedingt zur Kenntnis zu nehmen sind. Da heißt es u.a., dass eine kontinuierliche Technikbildung notwendig wäre, diese könne aber sowohl als eigenes Fach als auch als selbständige Lehreinheiten in Sach- und Naturwissenschaften erfolgen. Technik wird als integrativer Bestandteil von natur- und gesellschaftswissenschaftlichem Unterricht verstanden. Die Einbeziehung von Technik würde die Attraktivität dieser Fächer für den Schüler erhöhen. Dem Fach Physik wird dabei die Schlüsselrolle für den Zugang zur Technik zugewiesen, es käme aber darauf an, den Physik-Unterricht mit Hilfe von technischen Themen alltagsnah, interdisziplinär und gendergerecht zu gestalten und mit technik-/technologiebezogene Fragestellungen und Arbeitsweisen zu ergänzen. Technikinteresse könne so gefördert werden. Auch BUHR/HARTMANN (2008) fordern eine stärkere Einbindung technischer Themen im naturwissenschaftlichen Unterricht und sehen darin eine didaktische Innovation des naturwissenschaftlichen Unterrichts, mit der auch die Situation der Technischen Bildung verbessert werden könne.

Gleichzeitig fordert ACATECH (2009) eine Erhöhung der Attraktivität des Technikunterrichtes. Dazu gehöre die Auflösung stereotyper Vorstellungen und Erwartungen in Bezug auf Frauen in technischen Berufen, die stärkere Thematisierung des gesellschaftlichen Kontextes von Technik mit Potentialen und Risiken für Alltag, Wirtschaft, Gesellschaft, Kultur, Politik und Berufsleben, mehr Gestaltung und kreative Problemlösung und weniger Erläuterungen von Funktionsweisen.

Die fachdidaktischen Fragen, die sich aus solchen Empfehlungen ableiten lassen, müssen dringend diskutiert werden. Welchen Platz Technik und Technikwissenschaften in den Naturwissenschaften einnehmen sollen und im Unterricht einnehmen können, soll und muss unter Einbeziehung der Technikdidaktiker beantwortet werden. Wenn wir das Feld nicht den Didaktikern der Naturwissenschaften überlassen wollen, müssen wir uns darüber hinaus fragen, was ein attraktiver Technikunterricht ist – hier lässt sich der Kreis wieder zum Thema der Tagung schließen. Wenn es um die Zukunft von Technik in der Schule geht - egal ob als eigenständiges Fach, als eigenständiger Gegenstand oder als Kontext -, muss es letztendlich geklärt werden, was Spezifika und Alleinstellungsmerkmale von Technik als Bildungsgegenstand sind und worin die Grenzen und die Überschneidungsbereiche zu den Natur- und Gesellschaftswissenschaften liegen.

2. Grundzüge des systemischen Ansatzes

Ein systemischer Ansatz ist dadurch gekennzeichnet, dass man die Teile eines Ganzen in Wechselwirkungen zueinander und im Zusammenhang mit dem größeren Ganzen sieht. Der systemische Ansatz von GRAUBE (2009) soll im Folgenden in seinen Prämissen und Grundzügen vorgestellt werden.

2.1 Prämisse I: System-Wechselwirkungen

Die erste Prämisse liegt in der Betrachtung von Welt unter systemtheoretischer Sicht. Systeme unterschiedlicher Art sind unterscheidbar, sie sind zur Umwelt abgegrenzt und können in Wechselwirkung zueinander stehen. Systeme bilden eine Ganzheit, die aus miteinander in Beziehung stehenden Elementen bestehen, wodurch sich die Ganzheit konstituiert. ULRICH & PROBST (1988) unterscheiden beispielsweise technische Systeme, soziale Systeme, Ökosystem, kulturelle Systeme. Wesentlich in Bezug zur Technik bzw. technischen Systeme sind insbesondere die Wechselwirkungen zwischen den Systemen: „Technische Systeme machen nur Sinn, wenn sie als Elemente in soziale Systeme eingegliedert sind. Ihre Funktion ist es, im sozialen System bestimmte Operationen auszuführen und damit Menschen von diesen Tätigkeiten zu entlasten. Da Menschen natürliche Lebewesen und damit Teile von Ökosystemen sind, bestehen aber auch zwischen allen kulturellen Systemen und der Natur unlösbare Wechselwirkungen.“ (ULRICH & PROBST 1988, S. 99)

Für den systemischen Ansatz sollen im Weiteren soziale, psychische, technische und natürliche Systeme betrachtet werden, da sie die Grundka-

tegorien der Wechselwirkungen zwischen Natur, Mensch, Technik und Gesellschaft widerspiegeln.

2.2 Prämisse II: Prozesshaftigkeit

Die zweite Prämisse beruht auf der Dualität zwischen Struktur und systembestimmenden Prozessen in nicht statischen Systemen. In natürlichen Systemen finden dementsprechend natürliche Prozesse statt (z.B. Wachstumsprozesse, Schmelzen von Stoffen bei Erreichen ihrer Schmelztemperatur), in technischen Systemen technische Prozesse (z.B. Roheisengewinnung), in psychischen Systemen Denk- und Handlungsprozesse (z.B. Bedienen einer Maschine) und in sozialen Systemen Kommunikationsprozesse (z.B. dialogische Kommunikation). Das heißt, es wird davon ausgegangen, dass unterschiedliche Systeme nicht nur miteinander über Wechselwirkungen in Beziehungen treten, sondern dass in ihnen auch systembestimmende Prozesse stattfinden und sich die Prozesse gegenseitig beeinflussen können.

2.3 Prämisse III: Varianten und Invarianten von Technik

Die Welt, die unsere Lebenswirklichkeit darstellt, ist geprägt durch die von Menschen gemachte Technik. Diese Technik manifestiert sich beispielsweise in einfachen Werkzeugen, technisch hergestellten Gegenständen, Maschinen, Robotern, technischen Anlagen oder auch bau- oder verkehrstechnischen Systemen. Ausgangspunkt dieser Ausformungen von Technik bilden menschlichen Bedürfnisse unterschiedlichster Art (individuell/sozial, Grundbedürfnisse, Sicherheitsbedürfnisse u.a.), die mittels Technik zur Bedürfnisbefriedigung beitragen können. Somit ist jedes technische Artefakt ein Spiegel menschlicher Bedürfnisse, menschlichen Fähigkeiten, diese zu befriedigen sowie darüber hinaus der Werte und Normen einer Gesellschaft.

Jedes technische Artefakt kann in diesem Zusammenhang als technisches Produkt angesehen werden, das im Zentrum eines Produktlebenslaufes steht: Aufgabe bzw. Problem definieren, Ideen und Lösungen finden, Muster herstellen und optimieren, Produkt herstellen, Produkt verteilen, Produkt nutzen, Produkt entsorgen (vgl. DIN ISO 15226). Diese Phasen sind durch die eben genannten spezifischen Handlungen, die unabhängig vom technischen Produkt sind, gekennzeichnet: Daher gilt der Produktlebenslauf „mit geringen Abweichungen oder Ausprägungen in allen Branchen“ (SCHEER u.A, 2006, S. 141).

Der Produktlebenslauf ist also durch invariante Handlungen verknüpft, in dessen Zentrum unterschiedliche technische Produkte stehen.

Die dritte Prämisse des systemischen Ansatzes liegt also im Produktlebenslauf begründet: Technische Produkte stellen Varianten zur Befriedigung menschlicher Bedürfnisse dar. Bedürfnisse sind der Ausgangspunkt des technischen Handelns im Produktlebenslauf. Das technische Handeln in den Phasen des Produktlebenslaufes wird als invariant angesehen.

2.4 Prämisse IV: Verknüpfung über verteiltes Handeln

Die phasenspezifischen invarianten Handlungen sind mit technischen Systemen verknüpft, die bestimmte Arbeiten ermöglichen, erleichtern oder ersetzen (z.B. CAD-Systeme in der Konstruktion, Konstruktionsbüros, Informations- und Kommunikationssysteme). Diese Zuordnung soll als technisch verteiltes Handeln bezeichnet werden. Demgegenüber wird im Produktlebenslauf auch von einem sozial verteilten Handeln ausgegangen, dass heißt, dass in der Regel ein arbeitsteiliges Handeln erfolgt. Die damit entstehenden sozialen Systeme (z.B. Entwicklungsteams, Projektgruppen) werden im Sinne von LUHMANN (2000) durch Kommunikation „verleimt“ – und zwar untereinander und miteinander. Diese soziale „Verleimung“ bildet eine Grundvoraussetzung für die Arbeitsteilung im Produktlebenslauf.

Jede Phase im Produktlebenslauf kann daher infolge des technisch und sozial verteilten Handelns in der Verknüpfung unterschiedlicher Systemebenen betrachtet werden, so dass ein erweitertes Modell des Produktlebenslaufes entsteht.

2.5 Prämisse V: Verknüpfung zur Umwelt

In Anlehnung an das St. Galler Management-Modell (vgl. RÜEGG-STÜRM 2003) sind unterschiedliche Umweltsphären, die als Kontext des Produktlebenslaufes zu verstehen sind, sowie Anspruchsgruppen, die vom Produktlebenslauf und darin stattfindenden Aktivitäten betroffen sind, zu berücksichtigen. Zu den Umweltsphären zählen nach RÜEGG-STÜRM (2003) Gesellschaft, Natur, Technologie und Wirtschaft sowie die in ihnen ablaufenden Diskurse, die sich auch gegenseitig beeinflussen. Die Umweltsphäre Gesellschaft beeinflusst nicht unerheblich den Produktlebenslauf (z.B. staatliche Normen und Rahmenbedingungen). Die Umweltsphäre Natur ist ebenso ein bedeutsamer Kontext (z.B. Ressourcenreichtum, Kontamination). Auch die Umweltsphäre Technologie prägt den Produktlebenslauf (z.B. Technologieentwicklungen, -diffusion, Risikowahrnehmung). Nicht zuletzt bildet die Umweltsphäre Wirtschaft mit Beschaffungs-, Absatz-, Arbeits- und Finanzmärkten den Rahmen für Produktlebensläufe (z.B. volkswirtschaftliche Rahmenbedingungen, Verkehrsinfrastruktur). Besondere Bedeutung für die Verknüpfung des Produktlebenslaufes zu den Umweltsphären und den in ihnen eingebetteten Anspruchsgruppen (z.B. Staat,

Lieferanten, Konkurrenz, Öffentlichkeit, Medien, Mitarbeitende, Kunden, Kapitalgeber) kommen, wie schon im Produktlebenslauf gezeigt, den kommunikativen Prozessen als „verleimende“ Instanz zu. Interaktions- bzw. Kommunikationsthemen sind nach RÜEGG-STÜRM (2003) einerseits personen- und kulturgebundene Elemente wie Anliegen, Interessen, Normen und Werte und andererseits objektgebundene Elemente (Ressourcen).

2.6 Systemischer Ansatz

Ausgehend vom erweiterten und kontexteingebetteten Modell des Produktlebenslaufes können mit dem systemischen Ansatz in Abhängigkeit vom Erkenntnisinteresse Systemgrenzen gezogen werden, um bestimmte Zusammenhänge, Prozesse, Wirkungen und Wechselwirkungen zu betrachten. In Tabelle 1 sind die so gewonnenen Erkenntnisebenen dargestellt und spezifische Inhalte exemplarisch zugeordnet.

Erkenntnisebene		Exemplarische Inhalte
Umweltsphären	Gesellschaft	Interessen, Normen, Werte, Bedürfnisse, Bildungsstand
	Natur	Ressourcen-, Artenreichtum, Kontamination, Klima, Topografie
	Technologie	Material-, Energiegewinnungs-, Verkehrs-, Kommunikations- und Informationstechnologien, Technik- und Produktgeschichte
	Wirtschaft	Volkswirtschaftliche Rahmenbedingungen, Zugang zu Märkten, Verfügbarkeit von Kapital, Netzwerk von Produktlebensläufen
Produktlebenslauf	Komplett	Verknüpfung der Phasen im Produktlebenslauf
	Produkt	Bedürfnisse, Beschaffenheit, Wirkung und Wirkungsweise
	Phase	Vertikale Verknüpfung zwischen Systemen über das Handeln
Technisches System	Hypersystem	Horizontale Verknüpfung von technischen Systemen und technischen Prozessen
	System	Bau-, Funktions- und Prozessstruktur
	Teilsysteme /Elemente	Systeminterne Bau-, Funktions- und Prozessstruktur
Naturgesetzlichkeit		Naturgesetzliche Phänomene und deren Wirkungsstruktur

Tabelle 1: Unterschiedliche Erkenntnisebenen in dem systemischen Ansatz

3. Aspekte einer didaktischen Verortung

Der systemische Ansatz, der zunächst die Sache, den Inhalt oder den Gegenstand der Auseinandersetzung mit Technik beschreibt, ist in mehrfacher Hinsicht geeignet, sich didaktischen Fragestellungen zu nähern. Das betrifft die Auseinandersetzung mit dem inhaltlichen Kern technischer Bildung sowie die Verknüpfung bzw. die Grenzen zu Fächern der Natur- und Gesellschaftswissenschaften. Ebenso wichtig erscheint es, die Lernenden in den Blick zu nehmen und zu prüfen, welche Potentiale des Lernens dem Ansatz innewohnen können.

Nach EDELMANN (1996) erfolgt das Lernen auf Grundlage von Emotionen, Motivation und Interesse auf drei Wegen: Lernen durch Handeln, Lernen durch Beobachten und Lernen durch Kommunizieren. Gelernt wird dabei nur, wenn der Lernende das Handeln, das Beobachten und das Kommunizieren reflektiert bzw. reflektieren kann. Da, wie oben gezeigt, das Handeln eine herausgehobene Bedeutung besitzt, weil es eine Invariante im Produktlebenslauf darstellt, soll dem Handeln auch im technikdidaktischen Ansatz ein wesentlicher Platz eingeräumt werden. Der systemische Ansatz ist also daraufhin zu prüfen, welche Möglichkeiten des Lernens durch Handeln, aber auch durch Beobachten und Kommunizieren einschließlich der für den erfolgreichen Lernprozess notwendigen Reflexion gegeben sind. Dazu werden im Folgenden drei Lernerrollen definiert: a) der Teilnehmer am Produktlebenslauf, b) der Beobachter und c) der Kommunikator (vgl. Tabelle 2).

Die Teilnehmerrolle weist alle Lernwege aus, worin die besondere Bedeutung dieser Rolle liegt: Der Lernende lernt auf der Basis des Handelns im Rahmen realisierbarer Handlungsmöglichkeiten im Produktlebenslauf bzw. in ausgewählten Phasen. Er lernt aber gleichzeitig auch auf der Basis des Beobachtens des eigenen Handelns und des der Mithandelnden sowie durch Kommunizieren des Beobachteten. Die Grenzen dieser Rolle liegen u.a. in der begrenzten und teilweise veralteten technischen Ausstattung von Schulen, in Sicherheitsvorschriften und nicht ausreichenden Fachkompetenzen von Lernenden und Lehrenden.

Der Lernende in der Beobachterrolle lernt durch Beobachten und durch Kommunizieren. Grenzen werden gesetzt durch die eingeschränkte bzw. fehlende Beobachtbarkeit selbst gesetzt (z.B. Dimensionen, Zeitspannen, interne Prozesse). Dem Lernenden in der Kommunikatorrolle stehen hingegen alle Erkenntnisebenen offen. Die Grenze des Wissenserwerbs liegt in ihm selbst. Dieser Rolle kommt eine besondere Bedeutung zu, ist sie

doch die Ebene, in der die für das Lernen erforderliche Reflektion auf das Handeln und das Beobachten stattfinden sollte.

		Teilnehmer	Beobachter	Kommunikator
Lernen durch	Handeln	technische Handlungsmöglichkeiten		
	Beobachten	eigenes Handeln und das der Mithandelnden	beobachtbare Erkenntnisebenen	
	Kommunizieren	eigenes Beobachten und das der Mitbeobachter	eigenes Beobachten und das der Mitbeobachter	alle Erkenntnisebenen
Unterrichts-Methoden		Planungs-, Konstruktions-, Herstellungsaufgabe, Montage, Demontage, Remontage, Technisches Experiment, Projekt, Planspiel, Prozess-, Produktanalyse	dto. + Lehrerexperiment, Erkundung, Exkursion, Besichtigung, Prozess-, Produktanalyse	dto. + Experteninterview, Lehrbuch, -film, Referate, Poster, Dokumentationen, Fallbeispiele, Prozess-, Produktanalyse

Tabelle 2: Lernerrollen, -wege und zugeordnete Unterrichtsmethoden

Aus den Grenzen, die jede Lernerrolle in sich trägt, ist es geboten, dass die Lernenden durch Rollen- und Perspektivenwechsel, die mit der Wahl der Unterrichtsmethoden verbunden sind, in die Lage versetzt werden, zum einen alle Lernwege zu beschreiten und zum anderen andere und neue Erkenntnisebenen zu betreten. Erst dadurch wird es möglich sein, die Komplexität und Vielschichtigkeit von Technik zu durchdringen, Vernetzungen, Wirkungen und Wechselwirkungen zu erkennen. Diese Fähigkeit zum Perspektivenwechsel soll als systemische Kompetenz bezeichnet werden und sollte in die vorliegenden Kompetenzmodelle Technischer Bildung (vgl. VDI (2006) sowie OBERLIESEN & ZÖLLNER (2007) ergänzend aufgenommen werden.

Tabelle 3 zeigt die Zuordnung der Lernerrollen in die Erkenntnisebenen des systemischen Ansatzes. Bedeutsam im Sinne einer Allgemeinbildungsanspruches scheint zu sein, dass sich die Lernenden, beispielsweise ausgehend von technischen Produkten ihrer Lebenswirklichkeit (andere

Zugänge sind entsprechend Tabelle 3 möglich), die o.g. Prämissen erschließen können.

Erkenntnisebene				
Umwelt-sphären	Gesellschaft			Kommuni-kator
	Natur			
	Technologie			
	Wirtschaft			
Produkt-lebens-lauf	Komplett	Teilnehmer		
	Produkt			
	Phase			
Technisches System	Hypersystem		Beobachter	
	System			
	Teilsysteme /Elemente			
Naturgesetzlichkeit				
		Handeln	Beobachten	Kommunizieren

Tabelle 3: Verortung der Lernerollen in die Erkenntnisebenen

4. Zusammenfassung und Fazit

Der systemische fachdidaktische Ansatz kann als integrativer Rahmen verstanden werden, der unterschiedliche fachdidaktische Ansätze oder Elemente dieser Ansätze aufnehmen, erweitern, anders akzentuieren oder neu ordnen kann. Damit bietet der Ansatz Anknüpfungspunkte zu bereits bestehenden Ansätzen (vgl. GRAUBE 2009). Der systemische Ansatz ermöglicht aber nicht nur eine Einordnung bestehender Ansätze, sondern darüber hinaus eine Entfaltung einer Sinn- und Wertperspektive, die SCHMAYL & WILKENING (1995) in bestehenden Ansätzen vermissen oder nur für ungenügend entfaltet sehen. Das heißt, Handlung und Handlungsplanung sind ebenso wie Kommunikation bezogen auf das Individuum und damit abhängig von dessen Wertvorstellungen. Diese wiederum entstehen und verändern sich im Sozialisierungsprozess. Nicht zuletzt ist die in der technischen Entwicklung vorzufindende Widerspruchsproblematik zwi-

schen Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft und Individuum bzw. die Einschätzung dessen, was wirtschaftlich, sozial und ökologisch verträglich ist sowie von Individuum und der Gesellschaft gewünscht wird, immer ein Ausdruck von Werten, von Interessen und von Sinngebung.

Der systemische Ansatz bietet eine Reihe weiterer Vorteile: Er ermöglicht in Abhängigkeit davon, ob der Blick sich öffnet oder verengt, eine unterschiedliche Ausdifferenzierung von Lerninhalten. Damit werden Abgrenzungen und Überlappungen zu den Natur- und Geisteswissenschaften deutlich. Die unterschiedlichen Erkenntnisebenen erlauben Wissenserwerb durch Handeln, Beobachten und Kommunizieren und erfordern Lernszenarien mit Perspektiven- und Rollenwechsel der Lerner. Damit wird es möglich, eine didaktische Breite vom handlungspraktischen bis hin zu wissenschaftspropädeutischen Lernen zu erreichen. Nicht zuletzt besitzt der systemische Ansatz ein didaktisches Potential, um Antworten auf die eingangs formulierten Empfehlungen und auch Fragestellungen zu geben. Das betrifft die Erhöhung der Attraktivität von Technik im Unterricht durch Gestaltung, kreative Problemlösung, alltagsnahe Anwendungsbeispiele durch Produkte der unmittelbaren technischen Lebenswirklichkeit, durch Bezüge zu Alltag, Wirtschaft, Gesellschaft, Politik, Berufsleben.

Nichtsdestotrotz bleiben Fragen offen, die es zu diskutieren gilt: Welche Bedürfnisse mit welcher theoretischen Grundsetzung sind zugrunde zu legen? Welche Produkte sind auszuwählen? Wofür stehen diese Produkte exemplarisch? Auf welcher Erkenntnisebene sollte der technikdidaktische Schwerpunkt liegen? Welche Phasen im Produktlebenslauf bieten möglichst großen Erkenntnis- und Kompetenzgewinn? Wie kann eine Verknüpfung zu vorhandenen fachdidaktischen Ansätzen erfolgen?

Der systemische Zugang bietet letztendlich eine Möglichkeit zur inhaltlichen und methodischen Neustrukturierung und Orientierung im Rahmen Technischer Bildung.

Literatur

ACATECH: Ergebnisbericht Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. Acatech und VDI München/Düsseldorf 2009

DIN ISO 15226: Technische Produktdokumentation - Lebenszyklusmodell und Zuordnung von Dokumenten

BUHR, REGINA; HARTMANN, ERNST ANDREAS (Hg.): Technische Bildung für Alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik. Berlin 2008

EDELMANN, W.: Lernpsychologie 5. Auflage: Weinheim 1996

GRAUBE, GABRIELE : Technik und Kommunikation – ein systemischer Ansatz technischer Bildung (Habilitationsschrift). Göttingen 2009

HARTMANN, E.; KUSSMANN, M.; SCHERWEIT, S.: Technik und Bildung in Deutschland - Technikunterricht in den Lehrplänen allgemeinbildender Schulen. Eine Dokumentation und Analyse (VDI-Report 38). Verein Deutscher Ingenieure e. V. Düsseldorf 2008

LUHMANN, N.: Organisation und Entscheidung. Opladen 2000

MILBERG, JOACHIM (Hg.): Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft. Beiträge zu den zentralen Handlungsfeldern. Berlin Heidelberg 2009

OBERLIESEN, R. ; ZÖLLNER Z. : Kerncurriculum "Beruf-Haushalt-Technik-Wirtschaft/ Arbeitslehre", ein interdisziplinäres curriculares Reformprojekt - Leitideen, Entwicklung, Konzeption. In: OBERLIESEN, R. ; SCHULZ, H.-D. (Hg.): Kompetenzen für eine zukunftsfähige arbeitsorientierte Allgemeinbildung. Baltmannsweiler 2007

RÜEGG-STÜRM, J.: Das neue St. Galler Management-Modell. Grundkategorien einer integrierten Managementlehre, der HSG-Ansatz. Bern [u.a.] 2002. (Paul Haupt), 2., durchges. Aufl. 2003.

SCHEER, AUGUST-WILHELM; BOCZANSKI, MANFRED; MUTH, MICHAEL; SCHMITZ, WILLI-GERD ; SEGELBACHER, UWE: Prozessorientiertes Product Lifecycle Management. Berlin [u.a.] 2006

SCHMAYL, W.; WILKENING, F.: Technikunterricht. 2. Auflage. Bad Heilbrunn 1995

ULRICH, H.; PROBST, G.J.B.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. Ein Brevier für Führungskräfte. Bern 1988

VDI : Bildungsstandards Technik für den Mittleren Bildungsabschluss. Düsseldorf 2006

Walter E. Theuerkauf; Helmut Meschenmoser

Perspektiven Technischer Bildung im internationalen Kontext – Wo wir stehen und wo wir hin wollen.

Einleitung

Eine Auseinandersetzung mit den Perspektiven der technischen Bildung erfordert es, die Vergangenheit und die Gegenwart kritisch zu analysieren und Wege aufzuzeichnen, wohin die Chancen einer technischen Bildung in der Zukunft liegen mögen. Denn nur, wenn diese Analyse bei der jetzigen unzureichenden Situation schonungslos erfolgt, können Folgerungen für richtungsweise Wege für die Zukunft angedacht und aufgezeichnet werden.

Die technische Bildung ist wie die Technik in den Industrieländern als global anzusehen, denn u. a. wird die Produktion mit analoger Technologie in ähnlicher Weise durchgeführt. Insofern ist eine Bestandsaufnahme der technischen Bildung nicht nur auf die nationale Sichtweise zu verkürzen, da die Bezugswissenschaft, die Ingenieurwissenschaft, quasi überall einen analogen Entwicklungsstand aufweist.

Die Naturwissenschaften entwickeln ihre curriculare Ausrichtung zwar national fungieren aber im Rahmen PISA auch international, denn die Kompetenzen und die damit verbundenen Testaufgaben werden international generiert. Diese Vorgehensweise ist deshalb von Bedeutung, da mit dieser Vorgehensweise auch ein globaler Kompetenzlevel in den Naturwissenschaften geschaffen wurde, der insbesondere Vergleiche zwischen den Ländern ermöglicht. Leider muss nun festgestellt werden, dass eine eigenständige technische Bildung überhaupt keine Rolle bei *PISA*, also im Ländervergleich, spielt, wenn davon abgesehen wird, dass technische Inhalte als Kontext in den Naturwissenschaften angesiedelt sind. Man muss daher die Frage stellen, warum es nicht gelungen ist, ein eigenständiges und bedeutendes Unterrichtsfach in allen Sekundarstufen zu implementieren, was im Gegensatz zu Technik beim Unterrichtsfach Wirtschaft in der Bundesrepublik gelungen ist,

1. Historische Reflexion

Zur Beurteilung der technischen Bildung ist eine Reflexion, welche Ursprünge das Unterrichtsfach Technik besitzt, angebracht. Hierzu ist die Abbildung 1 heranzuziehen, in der PETRINA (*Petrina* 2007) zeigt, dass der Ur-

sprung des Faches im *manual training* liegt, was von besonderer Bedeutung ist, da dieser Bereich damals in vielen Ländern implementiert wurde, auch wenn die Bezeichnungen teilweise unterschiedlich waren. Dabei ist hervorzuheben, dass dieses Fach seit 1880 bis ca. 1920 und darüber hin-

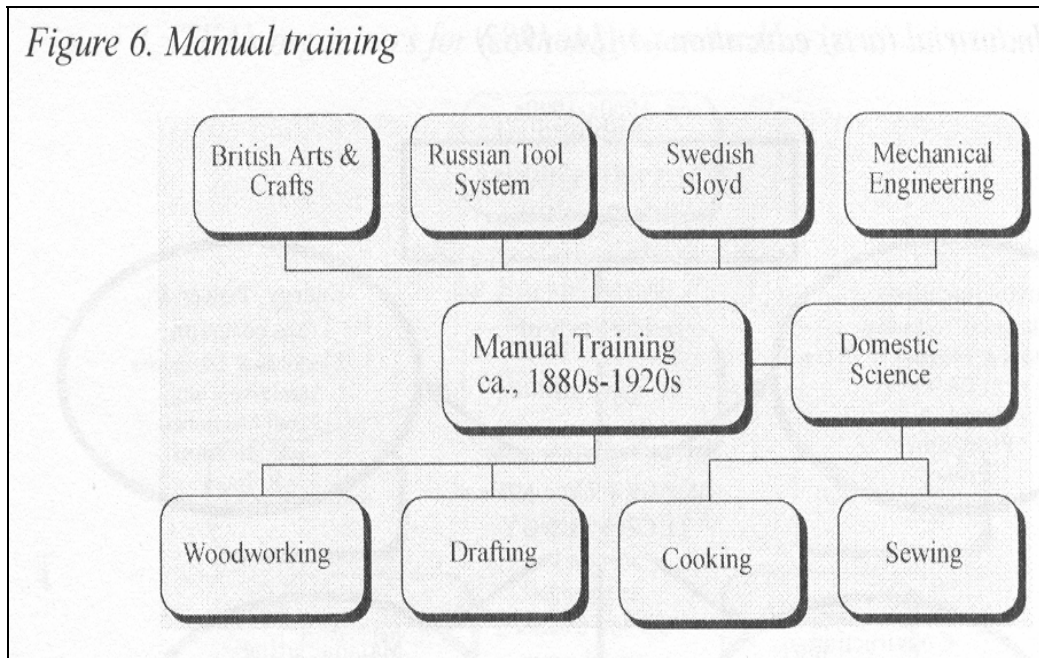


Abb. 1: Implementierung des Manual Training (Quelle S. PETRINA)

aus eine Tradition im handwerklich ausgerichteten Werkunterricht gepflegt hat. Gleichsam ist ferner festzustellen, dass eine Verbindung zu der Hauswirtschaft sowie der Textiltechnik in der allgemeinbildenden Schule bestand, eine Verbindung, die man heute noch in der *Arbeitslehre* oder auch im *Lernfeld Arbeit/Wirtschaft/Technik (AWT)* vorfindet. Dabei ist auch anzumerken, dass die Inhalte sich auf das Zeichnen und die Holzverarbeitung konzentrierten. Um aber nun von dem *manual training* zu Inhalten einer holistischen Betrachtung von Technik zu gelangen, war eine fachwissenschaftliche und didaktische Neuorientierung erforderlich, also ein Weg, der international als notwendig angesehen wurde.

Das Ergebnis dieser Neuorientierung in Deutschland kann wie folgt beschrieben werden. Der Ausgangspunkt war in dem westlichen Teil der Bundesrepublik der Werkunterricht, der durch die drei Richtungen, dem Technikunterricht, der Arbeitslehre und einer quasi systemtheoretischen Ausrichtung von Technik gekennzeichnet ist. In der ehemaligen DDR hat das Unterrichtsfach *Polytechnik* Technik vermittelt, die ihren Kern die *Allgemeinen Technologie* als Bezugspunkt sah. Ohne näher auf die einzelnen Richtungen einzugehen, ist sicherlich zu konstatieren, dass diese vier Richtungen die technische Bildung im Wesentlichen bestimmt haben. Obwohl

es insbesondere ideologisch geprägte Unterschiede auch heute noch gibt, können sie alle eine pädagogische sowie gesellschaftlich begründete Legitimation nachweisen, wenn auch aus unterschiedlicher Sichtweise. Das gilt auch für die Naturwissenschaften, die Technik im Kontext für die Vermittlung ihrer Phänomene nutzen.

Wendet man sich der internationalen Situation zu, so finden wir eine Reihe unterschiedlicher Vorstellungen, die natürlich insbesondere durch das länderspezifische Bildungssystem, wie Technik im Sek I und Sek II vermittelt wird, vorgegeben sind. So besitzen viele Länder keine duale Berufsbildung wie in der Bundesrepublik, so dass Inhalte einer vorberuflichen Ausbildung in der allgemeinbildenden Schule vermittelt werden müssen (s. auch *Career & Technology Education (CTE)* - USA). Die Vermittlung von Technik als *vocational education* kann gleichsam auch als eine Berufsvorbereitung bezeichnet werden.

Betrachtet man die Vermittlung einer allgemeinen technischen Bildung international, so können vier Richtungen hervorgehoben werden. Inhaltlich und methodisch vergleichbar sind dem Technikunterricht *Technological Literacy*, dem systemorientierten Ansatz *Science and Technology* sowie *Engineering Education*. Die Arbeitslehre mit der *Career and Technology Education* in den USA. Die in vielen Ländern in Europa und Übersee bedeutende Richtung des *Design and Technology*, vielleicht zu vergleichen mit dem *Gestaltenden Werken*, spielt zunehmend in der Bundesrepublik keine Rolle mehr.

Für die mit der technischen Bildung nicht vertrauten Personen stellt sich allerdings bei der Vielfalt der Bezeichnungen natürlich die Frage, was wird und wo über Technik eigentlich vermittelt und welches ist der Kern oder das Bezugsfach? Bei dem Unterrichtsfach Physik oder den Lernbereich Naturwissenschaften braucht diese Frage nicht gestellt werden, so dass es dringend notwendig sein wird, für die Vermittlung von Technik fachliche und fachdidaktische Eindeutigkeit insbesondere auch für die Entscheider in der Bildungspolitik zu schaffen.

2. Kompetenzen technischer Bildung

Wenn man sich schon nicht über eine Fachbezeichnung national und international einigen kann, so muss man jedoch Fixpunkte finden die gleichermaßen von allen Konzepten akzeptiert werden können. Es ist festzustellen, dass dies nicht über eine Bezugswissenschaft wie u. a. die Ingenieurwissenschaften möglich zu sein scheint. Da sowohl eine Reihe von Organisationen wie KECAL (OBERLIESEN 2007), VDI (HARTMANN 2007) oder die ITEA

(DUGGER 2000) sowie die *American Society for Engineering Education* (ASSE) in den Staaten Kompetenzen und Standards festgelegt haben, die in der Zielsetzung kaum Unterschiede aufweisen, erscheint es sinnvoll, eine Orientierung daran vorzunehmen. Ein Vorgehen, das auch in dem PISA-Konsortium auf internationaler Ebene praktiziert wird. Für die technische Bildung ist hervorzuheben, dass generell auch die in Tabelle 1 in Anlehnung an KECAL aufgeführten Kompetenzen mit ihrer Beschreibung im weitesten Sinne sogar von dem Konzept des *Design and Technology* mit dem Fokus

<i>Technische Prozesse und Sachsysteme analysieren</i> (Fachwissen)	Dies erfordert Fachwissen über der Prozesse und Systeme zum Stoff-, Energie- und Informationsumsatz sowie deren Verkettung zu technischen und nicht technischen Technologien
<i>Technisch Handeln</i> (Erkenntnisgewinnung)	Dies erfordert ein Verständnis für Strukturen technischen Handelns, die Beherrschung von konstruktivem Gestalten sowie fachpraktisches Handeln
<i>Technisch Kommunizieren</i> (Erkenntnisgewinnung)	Dies erfordert den fachgerechten Umgang mit der technischen Fachsprache, der normgerechten Beschreibung von technischen Sachverhalten sowie zielgerichtetes Kommunizieren
<i>Technische und soziotechnische Prozesse bewerten</i> (Erkenntnisgewinnung)	Dies erfordert die Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen Technik, Mensch, Natur und Gesellschaft unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Gesichtspunkte

Tabelle 1: Kompetenzen Technischer Bildung

auf Entwicklung der Kreativität eingelöst werden.

Nach WEINERT (2001) wird „...als Kompetenz die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen...“ definiert. Mit der Kompetenzorientierung soll der Blick aber auch auf die Vermittlung von anwendungsfähigen Wissen und ganzheitlichem Können gerichtet werden, welche reflektierte und selbstregulative Prozesse berücksichtigt. Der Kompetenzbegriff zeichnet sich darüber hinaus nach BRÖDEL (BRÖDEL 2002) dadurch aus, „...dass er den professionellen Blick für Vorgänge des Lernens in Ernstfallsituationen gesellschaftlichen Lebens und Arbeitens öffnet.“ was auch mit der bildungspolitischen Zielsetzung der technischen Bildung korreliert. Bezogen auf die technische Grundbildung in der allgemeinbildenden Schule ist als übergeordnete Kompetenz zu fordern, „...dass technische und soziotech-

nische Systeme und Prozesse, auch in ihrer Wechselwirkung mit Natur und Gesellschaft sachgerecht zu nutzen, zu beurteilen und verantwortlich mitzugestalten sind.“ (KECALL).

Dieser Zieldefinition entsprechen die für das Fach leitenden Kompetenzen, die einerseits Fachwissen und Erkenntniswissen abfordern, wobei andererseits auch der KLAFFKI'schen Vorstellung über kategoriale und formale Bildung entsprochen wird.

Die Kompetenzen sind durch Standards zu untersetzen, um sie schließlich einer Validierung unterziehen zu können. Im Rahmen der Formulierung von Kompetenzen sind daher gleichzeitig auch Standards ausgewiesen worden, die sich jeweils empirisch erfassen lassen und die den Kern technischer Bildung aufzeigen. Vergleicht man die formulierten Standards von KECALL, vom VDI und der IETA sowie ASEE, so ist eine weitestgehende Übereinstimmung zu finden. Unter Berücksichtigung von Kompetenzmodellen wäre eine Basis für internationale Vergleichsuntersuchungen geschaffen, die sich dann auf globale Gemeinsamkeiten von Anforderungen für einen definierten Jahrgang unter Berücksichtigung jeweiliger kultureller Bedingungen in der technischen Bildung stützen kann.

3. Schlüsselthemen Technischer Bildung

Wenn man nach einem verbindenden Element für Themen über die Kulturgrenzen hinweg sucht, also einer globalen Ausrichtung, dann ist es in dem ständigen Abgleich von theoretisch-normativen und empirisch-praktischen internationalen Überlegungen und Analysen zu sehen. Es geht vor allem um das Verstehen der intellektuell-kulturellen Verknüpfung, und damit um das Verstehen von Technik und Lebenswelt in unterschiedlichen Kulturen. Das bedeutet gleichsam

- Grundlegendes Verständnis von aktuellen Problemen in Zusammenhang mit europäischen und außereuropäischen Traditionen.

Der auf dieser Zielsetzung von Bildung bestehende universelle Gedanke ist eine europäische Idee, aus der sich auch unser Bildungssystem in der Bundesrepublik entwickelte. Er hat nicht nur an den Universitäten seine Tradition sondern auch in der Schulbildung und gilt als eine der Voraussetzungen für das forschende Lernen, das die Urteilskraft schärft und die Selbständigkeit entwickelt, da sie Sorgfalt, Argumentation, Rationalität und Skepsis in sich vereint. Damit wird ein Beitrag zur sogenannten *Mündigkeit des Bürgers* geleistet. Dieser ist sicher eine Grundlage für eine durch Ver-

nunft und Verantwortungsbewusstseins geleitete Toleranz gegenüber Kulturen und den durch sie beeinflussten sozialen Wandel, der fast immer mit dem *Technischen Wandel* und den umgesetzten Innovationen einhergeht.

Technik ist heute als universell anzusehen und nicht mehr nur unter nationalen Aspekten. Die Themen der technischen Bildung haben sich deshalb, wie gefordert, mit an gesellschaftlichen Problemen des Zusammenlebens und Überlebens der Bewohner der Erde auszurichten. Die folgenden Themenbereiche, die eine neue Ausrichtung bisheriger Auswahlgesichtspunkte in der Allgemeinbildung darstellen, könnten diesen Ansprüchen genügen, da sie das gestörte Gleichgewicht in unserem Zusammenleben auf dieser Welt beschreiben. So insbesondere durch

- ungebremste Industrialisierung und Automatisierung,
- überproportionales Wachstum der Bevölkerung,
- weltweiter Mangel an Nahrungsmittel und an Krankenversorgung,
- Ausbeutung der Reserven von Energie und Grundstoffen,
- Zerstörung der Umwelt.

Damit wären zentrale Inhalte, die man auch als *Schlüsselthemen* benennen kann, aufgezeigt, die wesentlich von Technik beeinflusst werden und damit inhaltlich ihre Berücksichtigung finden sollten. Sie entsprechen auch der Forderung von acatech/VDI/VDE (ACATECH/VDI 2009), wonach Anwendungsbeispiele von technischer Bildung im Sinne einer Allgemeinbildung über Bezüge zur Wirtschaft und zur Politik sowie Relevanz für Kultur und Alltag verstärkt aufweisen sollen. Es wurde ferner von der NATIONAL SCIENCE FOUNDATION (NSF) eine Delphi Befragung über relevante Themen, die im Rahmen einer technischen Bildung vermittelt werden sollten, herangezogen. Dabei wurden insbesondere auch Teilnehmer an dieser Befragung um ihre Meinung gebeten, die mit Technik beruflich nicht befasst waren. Das Ergebnis (siehe Tabelle 2) zeigt die Rangfolge der Themen in ihrer Bedeutung bei den Befragten auf. Neben der Energietechnik, die sicherlich die Vielzahl Menschen auch individuell berührt, stehen Themen der Biotechnologie oder der Medizintechnik weit vor der Produktion von Gütern. Die technische Bildung hat den ausgewiesenen Themen schon aus Motivationsgründen, da sie auch bei Schülerinnen auf Interesse stoßen, einen entsprechenden Stellenwert einzuräumen, was gleichsam zur Folge haben muss, dass bisher liebgewonnene Inhalte, insbesondere aus einer handwerklich orientierten Fertigungstechnik, zu substituieren sind.

Nr.	Context	Description
1	Energy in society	Includes generation, use, and storage of energy.
2	Biotechnology	Technology based on biology especially when used in agriculture, food science and medicine
3	Sustainable Technology	Sustainable use of resources, environmental stewardship, and recycling.
4	Transportation Mobility	Includes all forms of traveling by people, and the transportation of goods. Concerns both the vehicles and the infrastructure.
5	Medical technologies	Includes going to the doctor or hospital, medical diagnostics, receiving medicine, undergoing an operation, technologies for disabled etc.
6	Food	Includes production, processing and preservation of food and includes global food issues.
7	Industrial Production	Includes working in an industrial company, commerce, marketing, and manufacturing.
8	Water resource Management	Includes water harvesting, storage, distribution, quality, use and conservation.

Tabelle 2: Ergebnis einer Befragung über zu behandelnde Themen (NSF)

4. Authentizität in der Technischen Bildung

Die pädagogische Forderung der Auseinandersetzung mit realen Problemen und damit einer Orientierung an derzeitigen und zukünftigen Lebenssituationen verlangt nach MANDL (MANDL 1997) zwangsläufig die Auseinandersetzung mit realen und nicht trivialisierten Problemen des Alltags. Um diese Forderung einlösen zu können muss auf wissenschaftlich legitimierte Modelle zurückgegriffen werden, die Lebenswirklichkeit zu beschreiben in der Lage sind, um insbesondere Authentizität zu gewährleisten.

Modelle sind das Abbild von Realität auf unterschiedlicher Ebene der Konkretisierung. Sie sind deshalb im besonderen Maße als Basis für Vermittlungsprozesse geeignet. Darüber hinaus repräsentieren sie quantitative und qualitativ beschreibbare Strukturen der Prozesse sowie deren Operationen, die insbesondere in der Fachdidaktik zur Gestaltung von Lernpro-

zessen als auch zum Denken und Handeln in Modellen/Strukturen herangezogen werden können.

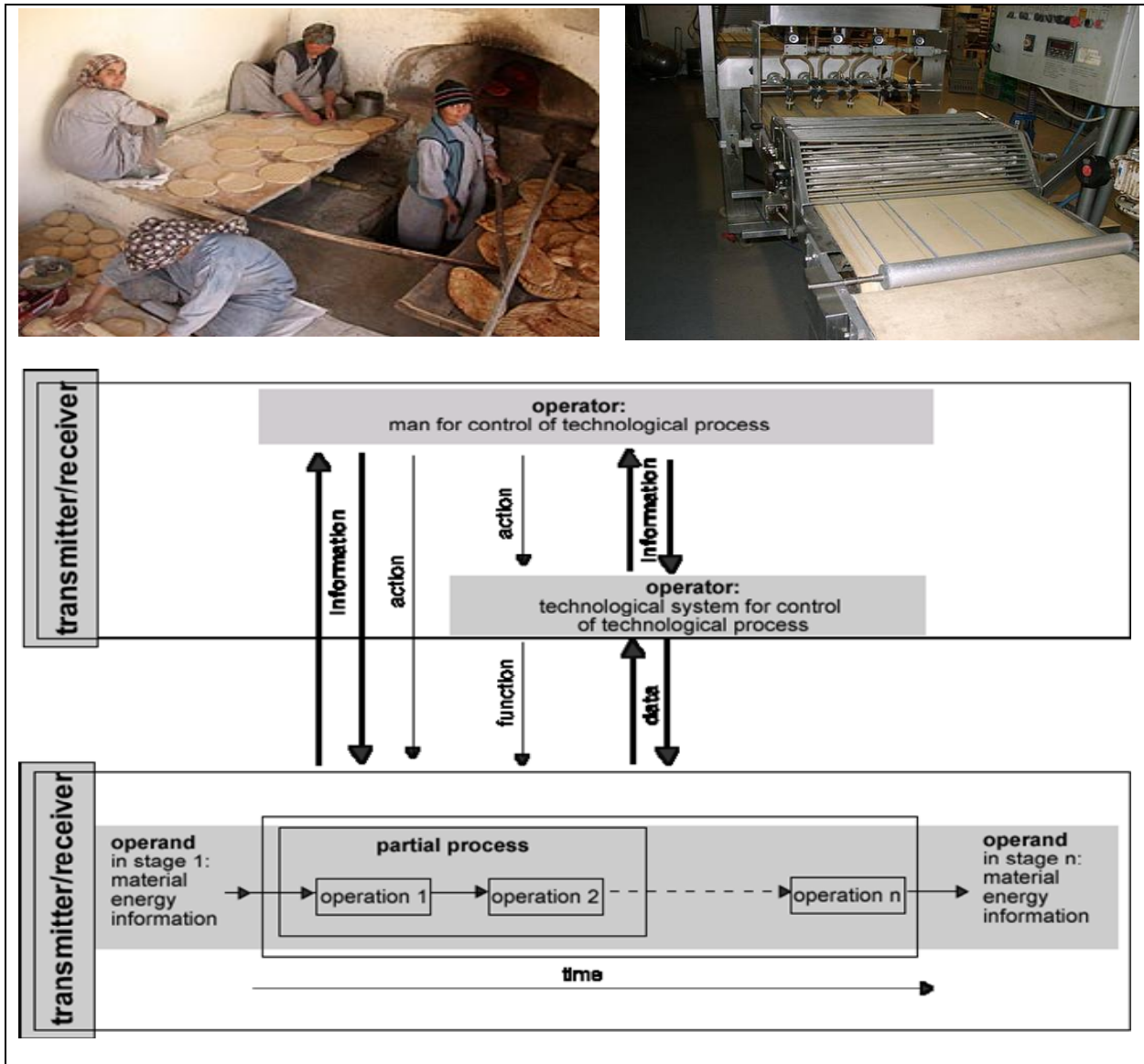


Abb. 2 Technischer Wandel am Beispiel der Nahrungsmittelherstellung (Brot)

Wenn nach BRÖDEL der professionelle Blick für Vorgänge des Lernens auf Ernstfallsituationen des gesellschaftlichen Lebens und Arbeitens gelegt werden soll, so sind Verständnis- und Handlungsmodelle für die in Tabelle 2 aufgeführten Themen zu generieren. Da es sich um prozessuale Vorgänge handelt, ist der Prozess mit der Kette der Operationen als die Grundlage anzusehen (THEUERKAUF 2009). So wird beispielsweise die Operation des Formens eines Brotteiges mit einem mechanischen Verfahren und des Aufgehen des Teiges mit einem chemischen Verfahren realisiert. Beide Operationen sind in ihrer Wirkungsweise disziplinentorientiert, die

mit dem Einsatz von technischen Hilfsmitteln z. B. eines Rührwerks als Operator durchgeführt werden. Zur Herstellen des Brotes wird also eine Vielzahl unterschiedlicher Operationen benötigt, die unter logischen und strukturellen Gesichtspunkten mit einander vernetzt sind und den Gesamtvorgang des Herstellens des Nahrungsmittels darstellen. Mit der Summe der Operationen, u. a. zur Steuerung und Regelung des Prozesses, entsteht ein ganzheitliches Abbild, das unter Bezug auf die Themen in Tabelle 2 als transdisziplinär oder auch hybrid angesehen werden kann. Didaktisch gesehen ist die Analyse von Prozessen ein strukturierendes Erklärungs- und mit seiner Gestaltung auch ein allgemeines Handlungsmodell (WEHLING u. a., 2009). Es wird bei diesen Modellen oder auch Abbildern ein holistisches Verständnis von einfachen und komplexen Prozessen generiert und gleichzeitig ein auf die Prozesse bezogenes unterrichtliches Zusammenwirken mit den Natur- oder Wirtschaftswissenschaften ermöglicht.

Massive Veränderungen der Prozesse sind im Rahmen des *Technischen Wandels* erfolgt, die in den letzten Jahrzehnten durch die Digitalisierung hervorgerufen wurden. Die Abbildung 2 zeigt den Einfluss der Operatoren auf die Operationen, deren Verhältnis sich in dem Automatisierungsgrad ausdrückt. Die Abbildung 2 zeigt ferner die soziale Dimension der Automatisierung, die gleichsam Ausgangspunkt für weitere politische, ökonomische Betrachtungen usw. sein kann, um Chancen und Risiken möglicher Folgen von technischen Innovationen, die den technischen Wandel beeinflussen, abschätzen zu können.

5. Qualitätssicherung

Die Notwendigkeit, sich der Erfassung individueller Lernprozesse und der Bilanzierung von Bildungsprozessen bei der Vermittlung von Technik zu zuwenden, besteht darin, kontextspezifische Leistungsdispositionen, die sich funktional auf Situationen und Anforderungen der Technik beziehen, für alle Altersbereiche zu erfassen. Mit der vorgenommenen Operationalisierung von Standards sowie der Feststellung der Erreichbarkeit bzw. der Performanz wird ein Beitrag zur Qualitätssicherung und –verbesserung in Schule, einschließlich der Entwicklung der Kompetenzen bei den Schülern geleistet. Da die Kompetenzen richtungsweisenden Charakter für die Qualität des Vermittlungsprozesses besitzen, ist eine Validierung durchzuführen, wobei diese zur Transparenz, Objektivität und zu der gesellschaftlich notwendigen Erkenntnis führen muss, welchen Beitrag die technische Bildung für die individuelle Entwicklung der Lernenden und der Gesellschaft leistet.

Als Grundlage für die Erfassung von Qualität kann die Untersuchung von DUISMANN und MESCHENMOSE (DUISMANN; MESCHENMOSE 2006) herangezogen werden. Ziel der Untersuchung war die Feststellung des technischen Verständnisses von Schülerinnen und Schülern. An der Untersuchung waren 4.084 Schülerinnen und Schüler aus Berlin verschiedener Schultypen beteiligt waren. Die Skalierung wurde auf der Basis des *Rasch-Modells* vorgenommen, welches durch die folgende Gleichung beschrieben werden kann.

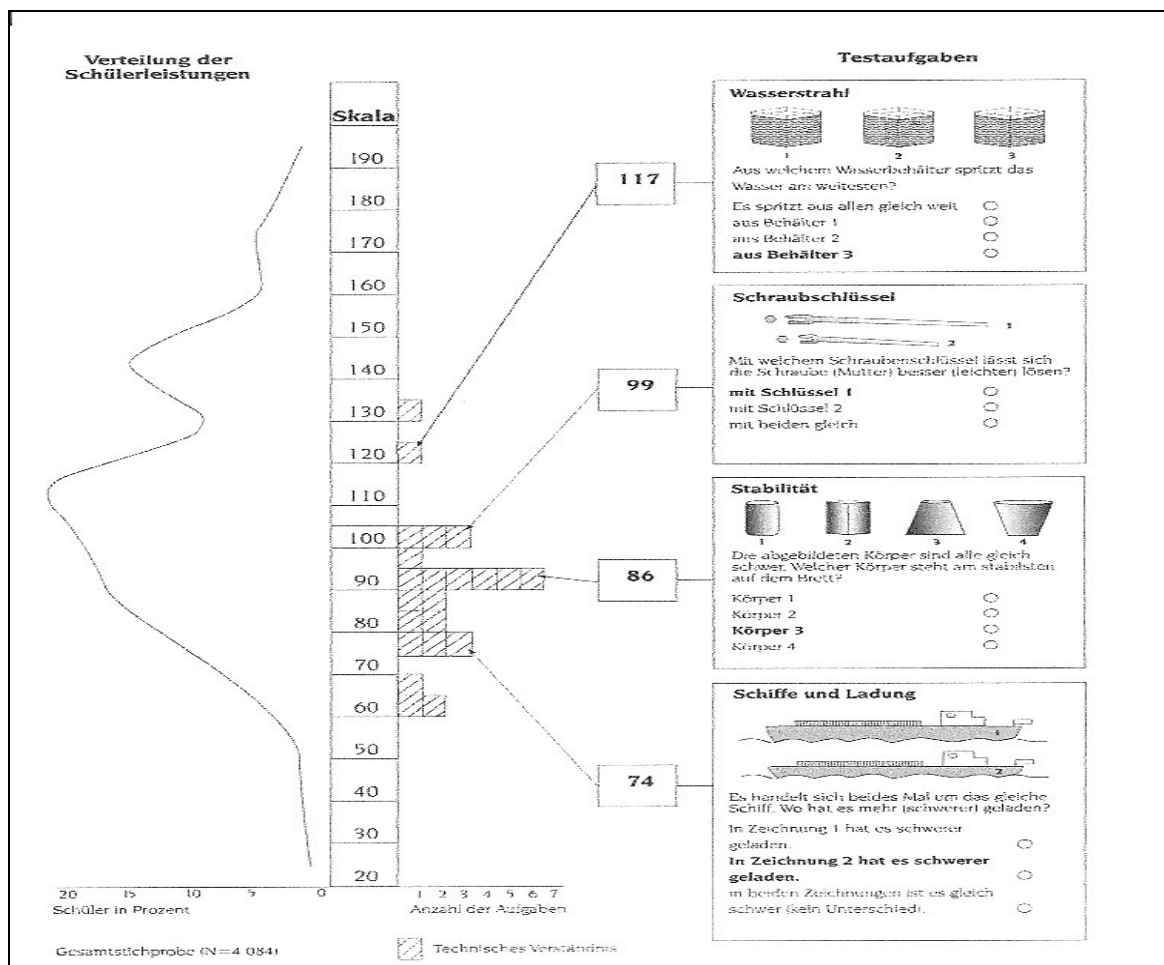


Abb. 3: Verteilung der Schülerleistungen zum technischen Verständnis im Vergleich zum Schwierigkeitsgrad

$$p(X_{vi} = 1) = \frac{\exp(\theta_v - \sigma_i)}{1 + \exp(\theta_v - \sigma_i)}$$

Bei einer Lösungswahrscheinlichkeit von $p=0.5$ der Testaufgaben ließen sich für die Zielgruppe einerseits der Leistungsstand und andererseits ein Kompetenzmodell, also der Differenzierung der Schwierigkeiten der Testitems ableiten. Begleitet wurde die Untersuchung durch eine Erfassung der Schülerdaten.

Diese Untersuchung mit ihrem festgestellten Leistungsstand ist nun überregional und international durchzuführen. Die notwendigen Voraussetzungen sind mit der Orientierung an internationalen Kompetenzen und Standards geschaffen. Die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen geben nicht nur curriculare und unterrichtliche Hinweise für eine wissenschaftlich begründete Gestaltung von Unterrichtsprozessen in der technischen Bildung, sie sind darüber hinaus richtungsweisend für bildungspolitische Entscheidungen.

6. Zusammenfassung und Fazit

Bei einer Auseinandersetzung mit der technischen Bildung und insbesondere mit einem eigenständigen Unterrichtsfach Technik ist in der Bundesrepublik leider festzustellen, dass eine kontinuierliche Reduzierung an Stunden in diesem Fach stattfindet. Gleichsam wird dieser Vorgang auch im Bereich der Lehrerbildung durch Umwidmung der Stellen des Faches in andere Disziplinen fortgesetzt wird, so dass die fachlich ausgebildeten Lehrenden für die Schule nicht mehr im hinreichenden Maß zur Verfügung stehen werden.

Daher sind neue Wege zur Profilierung einer Technischen Bildung zu beschreiten, was aber bedingt, dass

- eine globale Verständigung über Kompetenzen und Standards sowie deren Level in definierten Altersgrenzen erfolgt,
- eine Prozessorientierung stattfindet, um daraus quantitative sowie qualitative Erklärung-/Erkenntnis-/Handlungsmodelle zur Erschließung von Lebenswirklichkeit zu erhalten,
- eine Basis für disziplinbezogene und transdisziplinäre Themen der Lebenswirklichkeit durch authentische und fachwissenschaftlich legitimierte Abbilder geschaffen wird,
- ein problemorientierter Unterricht in Verbindung mit verschiedenen Schulfächern, zusammengefasst zu Lernfeldern, im Vordergrund der Vermittlung von Technik stehen muss,

- Lerndiagnosen zur Qualitätssicherung durchgeführt werden, um letztlich Kompetenzen evaluieren und Kompetenzentwicklungsmodelle generieren sowie Nachhaltigkeit von technischer Bildung sichern zu können.

Die aufgeführten Aspekte sind als Vorschlag mit der Zielsetzung zu sehen, um in der technischen Bildung ein fachwissenschaftliches und fachdidaktisches Niveau analog zu den Naturwissenschaften zu erreichen.

Literatur

ACATECH/VDI/VDE: Nachwuchsbarometer Technikwissenschaften. München Düsseldorf 2009

BRÖDEL, R.: Relationierungen zur Kompetenzdebatte. In: Literatur- und Forschungsreport Weiterbildung, Jg. 49/2002, S. 39-47

DUGGER JR., WILLIAM: Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology. Technology Teacher. n° 59/2000, vol. 5, pp. 8 - 13.

HARTMANN, ELKE: Bildungsstandards für das Fach Technik. Empfehlungen des Vereins Deutscher Ingenieure. In: Unterricht – Arbeit und Technik, 33/2007, S. 45 – 48

KLIEME, ECKHARD; HARTIG, JOHANNES: Kompetenzkonzepte in den Sozialwissenschaften und im erziehungswissenschaftlichen Diskurs. In: Prenzel, Manfred; et. al. (Hg.): Kompetenzdiagnostik. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 10 Jg., Sonderheft 8/2007

MESCHENMOSER, HELMUT: Es kommt darauf an, was man daraus macht. – Problemlösefähigkeit als Basiskompetenz. In: Unterricht - Arbeit+Technik Heft 29/2006

OBERLIESEN, ROLF; ZÖLLNER, HERMANN: Kerncurriculum für den Lernbereich Beruf-Haushalt-Technik-Wirtschaft/Arbeitslehre. Ein lernbereichsspezifisches Referenzmodell. In: Unterricht - Arbeit+Technik. 9 Jahrg. Heft 33/2007, S.49-52

PETRINA STEPHEN: Advanced Teaching; Methods for the Technology Classroom. Information Science Publishing Hershey. London, Melbourne, Singapore 2007

THEUERKAUF, WALTER, E.: Prozessorientierung in der technischen Bildung am Beispiel der Mechatronik. In: Unterricht - Arbeiten+Lernen. Jahrg. 9 Heft 34/2009, S. 57-61

WEINERT, F. E.: Concept of Competence: A conceptual clarification. In: RYCHEN, D. S.; Hersh Salganic, L. (Eds: Defining and Selecting key competencies). Seattle 2001

WEHLING, JÜRGEN; THEUERKAUF WALTER E.; KRONBERGER KLAUS: Regelung als Kern der Automatisierung verfahrenstechnischer Prozesse. Vortrag DGTB Karlsruhe 2009 (erscheint in Kürze).

Olaf Czech

Bildung nachhaltiger Entwicklung im Technikunterricht

Vorbemerkung

Will man über Inhalte technischer Bildung diskutieren, ist es von Vorteil, eine begriffliche Standortbestimmung vorzunehmen. Es ist bis heute ebenso ungeklärt, welche Fächer und welche Inhalte zur Allgemeinbildung zuzuordnen sind, wie die bildungspolitischen Diskussionen im Allgemeinen und die Beiträge der Gesellschaft für technische Bildung 2009 in Karlsruhe im Speziellen zum Thema „Inhaltsfelder und Themen zeitgemäßen Technikunterrichts“ und 2010 in Potsdam unter der verheißungsvollen Thematik „Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts – Strukturierung und Präzisierung“ zeigen. Das Tagungsergebnis wird an dem Nachsatz – Strukturierung und Präzisierung – zu werten sein.

Zur Begrifflichkeit schließe ich mich dem weiten Inhaltsbegriff von Meier/Jakupec an, der in seinen Thesen zu dieser Tagung den Unterrichtsinhalten auch Denk- und Arbeitsweisen sowie Normen und Werte zuordnet (vgl. Meier; Jakupec 2010).

In diesem Sinn ist auch der vorliegende Beitrag gedacht, in dem einige Probleme der Nachhaltigkeit aufgegriffen und in den Fokus des Technikunterrichts gestellt werden sollen. Es wird folgenden Fragen nachgegangen:

- Werden die Initiativen des Nationalkomitees für die UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ und der untergeordneten Arbeitsgruppen für die Arbeit im Technikunterricht genutzt?
- Welchen Beitrag kann der Technikunterricht leisten, nachhaltiges Denken und Handeln bei den Schülern zu entwickeln?
- Warum werden nicht mehr Möglichkeiten genutzt, sich an Ausschreibungen von Dekade-Projekten zu beteiligen? Werden dadurch nicht Chancen vertan, die Wahrnehmung des Technikunterrichts durch die Öffentlichkeit zu fördern?

1. Ausgangssituation UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“

Zu Beginn soll die Initiative, die vom Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg ausging und eine Weiterführung der Agenda 21 darstellt, vorgestellt werden.

Nachhaltigkeit, nachhaltige Entwicklung und Bildung für nachhaltige Entwicklung sind Begriffe, die mitunter zu Verwechslungen führen können, liegen sie doch begrifflich und in ihrer Definition nahe beieinander. Die weiteren Aussagen gehen von nachfolgenden Begriffen aus. Der Begriff *Nachhaltigkeit* kommt ursprünglich aus der Forstwirtschaft, bezog sich auf den Holzeinschlag und forderte, nur so viel Holz zu schlagen, wie nachwachsen kann (Wikipedia).

Von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung wurde *nachhaltige Entwicklung* wie folgt definiert: „Nachhaltig ist eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen (Brundlandt-Report 1987).

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Diese Formulierung stammt von der UNO zur Bezeichnung der UN-Weltdekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung (2005-2014).

Bildung für nachhaltige Entwicklung befähigt Kinder, Jugendliche und Erwachsene zum nachhaltigen Denken und Handeln. Sie versetzt Menschen in die Lage, Entscheidungen für die Zukunft zu treffen und dabei abzuschätzen, wie sich das eigene Handeln auf künftige Generationen oder das Leben in anderen Weltregionen auswirkt. Denn eine lebenswerte und intakte Umwelt bleibt Voraussetzung für das Wohlergehen jetziger und künftiger Generationen. Unser Handeln muss in allen Lebensbereichen, nicht nur beim Umgang mit Ressourcen, auf der Basis einer integrierten Betrachtung von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten ausgerichtet sein. Nachhaltige Entwicklung verbindet umweltgerechte Lösungen mit wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und sozialer Gerechtigkeit.

Ziel sollte es sein, BNE an allen Schulen zu verankern. Alle Schülerinnen und Schüler sollten Kompetenzen für eine nachhaltige Entwicklung erwerben. Sie sollten besonders Probleme erkennen und bewerten können, sowie Wissen und Können zur nachhaltigen Entwicklung anwenden (Empfehlung KMK 2007).

Die Generalversammlung der Vereinten Nationen hat für die Jahre 2005 bis 2014 die Weltdekade Bildung für nachhaltige Entwicklung ausgerufen. Darauf hin werden in Deutschland die Aktivitäten durch das von der Deutschen UNESCO-Kommission berufene Nationalkomitee für die UN-Dekade Bildung für nachhaltige Entwicklung koordiniert.

Das Nationalkomitee veranlasste für die verschiedenen Bildungsbereiche die Bildung folgender Arbeitsgruppen:

- Elementarpädagogik
- Schulische Bildung
- Hochschule
- Berufliche Aus- und Weiterbildung
- Außerschulische Bildung und Weiterbildung

Dem Nationalkomitee ist der ‚Runde Tisch‘ untergeordnet, der einmal im Jahr tagt und die Ergebnisse der Arbeitsgruppen, die zwei bis dreimal im Jahr tagen, koordiniert.

Im nationalen Aktionsplan werden die Hauptziele der Dekade benannt:

- Weiterentwicklung und Bündelung der Aktivitäten sowie Transfer guter Praxis in die Breite
- Vernetzung der Akteure der Bildung für nachhaltige Entwicklung
- Verbesserung der öffentlichen Wahrnehmung von Bildung für nachhaltige Entwicklung
- Verstärkung der internen Kooperation

2. Was ist bisher geschehen?

Aus der Perspektive von Schule und Hochschule ist nach der Hälfte der Dekade diese Frage berechtigt. Im Jahr 2007 gab die Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) gemeinsam mit der Deutschen UNESCO-Kommission (DUK) eine Empfehlung zur Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule heraus. Hier einige Auszüge aus den Empfehlungen:

- In den Jahren 2002 und 2005 legte das Bundesministerium für Bildung und Forschung auf der Grundlage eines Bundestagsbe-

schlusses den 1. und 2. Bericht der Bundesregierung zur Bildung für eine nachhaltige Entwicklung vor.

- Um den Gedanken der nachhaltigen Entwicklung in allen Bereichen der Bildung in Deutschland zu verankern, wurde auf der Grundlage eines Antrags, der mit den Stimmen aller Fraktionen im Bundestag angenommen wurde, 2005 für Deutschland ein Nationaler Aktionsplan der Weltdekade entwickelt. Ziel ist es, BNE in alle für die nachhaltige Entwicklung relevanten Politikbereiche zu integrieren und als Querschnittsthema zu etablieren. Einige Bundesländer haben bereits eigene Aktionspläne zur Unterstützung der Weltdekade auf den Weg gebracht, etliche andere bereiten dieses vor (Empfehlung KMK 2007).

Aktivitäten der Länder:

- NRW: Entwicklung einer Rahmenvorgabe Bildung für nachhaltige Entwicklung für die Lehrpläne im Schulbereich des Landes
- Schleswig-Holstein: Zertifizierung von außerschulischen Bildungseinrichtungen im Bereich Umweltbildung und Globales Lernen
- Bayern: Etablierung eines Landesnetzwerkes zur BNE im Elementarbereich
- Hamburg: Verankerung des Leitbildes der Nachhaltigkeit in den Ordnungen der beruflichen Aus- und Weiterbildung durch das Bundesinstitut für Berufsbildung in Form der Initiative Hamburg lernt Nachhaltigkeit
- Hessen: Bildung eines Netzwerkes Bildung für nachhaltige Entwicklung.
- Brandenburg: hat seit 2009 einen Aktionsplan zur Bildung nachhaltiger Entwicklung
- Baden-Württemberg: hat das Netzwerk Nachhaltigkeit lernen, eine Plattform für zahlreiche Aktivitäten, ins Leben gerufen. Im Aktionsplan des Landes Baden-Württemberg werden Pädagogische Hochschulen benannt, die Forschungsprojekte zur Praxis einer BNE in schulischen Kontexten sowie zur Kommunikation über zukunftsfähige Lebensstile bearbeiten.

Eine Konkretisierung für das Handlungsfeld Schule bietet die im Rahmen des BLK-Programms Transfer-21 erstellte Orientierungshilfe BNE in der

Sekundarstufe I. Hier werden die Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte darin unterstützt, der Komplexität von BNE mittels eines systematischen Kompetenzerwerbs gerecht zu werden. Eine KMK- Arbeitsgruppe erstellte einen Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung, wie Kompetenzen in einem wichtigen Lernbereich der BNE curricular verankert und in verschiedenen Fächern sowie in fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterrichtsformen erworben werden können.

Alle Aktivitäten sind auf das Ziel gerichtet, „...dass Schülerinnen und Schüler Kompetenzen für eine nachhaltige Entwicklung erwerben. Dabei geht es darum, Probleme nicht-nachhaltiger Entwicklung erkennen und bewerten zu können und Wissen über nachhaltige Entwicklung anzuwenden.“ (Empfehlung KMK 2007)

Aus allen Bildungsbereichen bzw. kommunalen Vorhaben können Projekte als Dekade-Projekte angemeldet werden. Ausgezeichnete Projekte tragen den Namen Offizielles Projekt der UN-Dekade Bildung für nachhaltige Entwicklung für zwei Jahre.

3. Bildung für nachhaltige Entwicklung und allgemeine technische Bildung

Vor dem Hintergrund schulpolitischer Entwicklungen in verschiedenen Bundesländern bezüglich des Lernfeldes Arbeitslehre in eine teilweise unbefriedigende Richtung, sollten wir die Gelegenheit nutzen und den Zug BNE nicht ohne technische Bildung fahren lassen, zumal auf dem Weg und am Ziel, dem Ende der Dekade, die Mitfahrenden von außen wahrgenommen werden. Wenn unser Unterrichtsfach nicht noch auf den fahrenden Zug aufspringt, sind wir wieder nicht dabei, wenn er ankommt. Uns holt keiner ins Boot (in den Zug), wenn wir es nicht selbst tun. Solche Gelegenheiten sind zu nutzen, die Existenz allgemeiner technischer Bildung in den Schulen, in welcher Fächerbezeichnung auch immer, zu dokumentieren.

Nachfolgend wieder eines von vielen Beispielen – es kann nachgelesen werden in einem Paper zur gemeinsamen Tagung der Kommissionen, Vergleichende und Internationale Erziehungswissenschaft und Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaften (DGfE) zum Thema Globales Lernen und Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule. Hierin heißt es, dass das Ziel verfolgt wird, „...den Lernbereich Globale Entwicklung in Schule und Unterricht zu verankern bzw. zu stärken. Der Lernbereich wird dabei in den Kontext der BNE eingeordnet. Inhaltlich zeichnet sich der Orientierungsrahmen durch die Fokussierung auf den Kompetenzerwerb als Ziel des Lernbereichs und

durch die Integration des Lernbereichs in den Fachunterricht unterschiedlicher Fächer (Biologie, Geographie, Politische Bildung, Religion/Ethik, Wirtschaft) aus.“ Es muss angenommen werden, dass Wirtschaft hier nicht im Zusammenhang mit allgemeiner Bildung gemeint ist. Wo ist das Lernfeld Arbeitslehre oder der Technikunterricht?

Ausgehend von den Gegenstandsbereichen der Arbeitslehre/Wirtschaft-Arbeit-Technik ist zu konstatieren, dass bei Verknüpfung der Definitionsschwerpunkte von BNE, umweltgerechte Lösungen, wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und soziale Gerechtigkeit zielführend und komplex im Lernfeld behandelt werden können. Die Bedingungen dafür sind bei einer entsprechenden schulischen Umsetzung gegeben. Man muss fragen, in welchem Fach Technik entwickelt, Technik bewertet und Technik in technologische und ökonomische Zusammenhänge gebracht wird. Der Fokus auf Arbeit wird durch die Berufsorientierung und das soziale Netzwerk in der Gesellschaft in den Bereich der sozialen Gerechtigkeit einbezogen.

Selbstverständlich ist die Zusammenarbeit mit anderen Unterrichtsfächern wichtig, möglich und notwendig, zum Beispiel über das Schulcurriculum in fächerübergreifenden oder fächerverbindenden Projekten. Es sollte als schulische Gemeinschaftsaufgabe verstanden werden, die die Kommunikationsformen und Strukturen innerhalb der Schule und ebenso mit dem schulischen Umfeld verändert.

4. Perspektiven des Technikunterrichts und BNE

Aus heutiger Sicht ist allgemeine technische Bildung (Technikunterricht), besonders auf der Grundlage der Allgemeinen Technologie, unabdingbar mit Bildung nachhaltiger Entwicklung verbunden. „Die Technisierung mit ihren wachsenden Ambivalenzen schreitet fort, doch niemand verantwortet sie!“ (Ropohl 1996). Daran hat sich bis heute nicht wesentlich etwas geändert. Erst in den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts haben Technikbewertung und Technikfolgeabschätzung in der Politik angefangen, gesellschaftspolitisch eine Aufwertung zu erfahren. Vielleicht ist das auch ein Grund dafür, dass technische Bildung bisher in den Schulen eine untergeordnete oder keine Rolle spielt - ein gesellschaftlicher Widerspruch aus folgender Sicht:

- Es wird der Mangel an Bewerbern in den ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen und in der beruflichen Bildung festgestellt, was in den Unternehmen in Zukunft zu erheblichen Stellenbesetzungsproblemen führen wird.

- Dem mündigen Bürger werden Möglichkeiten genommen, sich auf sachkundiger Grundlage an demokratischen Meinungsbildungsprozessen im Zusammenhang technischer Entwicklungen zu beteiligen und gemeinsam eine technikorientierte Kultur zu gestalten.
- Mithilfe der Allgemeinen Technologie und ihren verschiedenen Dimensionen und Perspektiven der Technik, kann der Technikunterricht wesentliche definitorisch festgelegte inhaltliche Positionen der BNE abdecken, wie folgende Übersicht zeigt.

Technik Entstehung, Sachsysteme, Verwendung, Auflösung		
Humane Dimension - ästhetisch - ethisch - anthropologisch - psychologisch - physiologisch	Soziale Dimension - politologisch - soziologisch - ökonomisch - historisch - juristisch	Naturale Dimension - technikwissenschaftlich - physikalisch - chemisch - biologisch - ökologisch

Tab. 1 Dimensionen der Technik (vgl. Ropohl, 2001, S. 18)

Für die Berücksichtigung von *BNE* bei der Planung und Gestaltung des Unterrichts können folgende Kriterien hilfreich sein:

- Mögliche Auswahlkriterien für Unterrichtsthemen und Projekte
- Für die Schülerinnen und Schüler sollte ein lebensweltlicher Bezug und eine globale Weltsicht ermöglicht werden.
- Das Thema / das Projekt sollte einen klaren Bezug zu Kompetenzen der BNE aufweisen.
- Die Bearbeitung des Themas sollte günstige Voraussetzungen für selbstorganisiertes Lernen und Perspektivenwechsel bieten.
- Bei der Themenbearbeitung sollte das Zusammenwirken von technischer Lösung, umweltgerechter Herstellung, Gebrauch und Entsorgung sowie ökonomischer Vertretbarkeit und sozialer Gerechtigkeit Beachtung finden.

- Die Lernenden sollten selbst eine Relevanz für ihre Lernziele erkennen.
- Die im Unterricht erworbenen Fachkompetenzen sollten Anwendung finden.

Die im Rahmen des BLK-Programms entwickelte Orientierungshilfe „Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Sekundarstufe I – Begründungen, Kompetenzen, Aufgabenbeispiele“ geben Anregungen für eigene Themen (DGE, 2004).

5. Lehrerbildung

Die Umsetzung von *BNE* in der Schule erfordert die Entwicklung entsprechender Kompetenzen in der Lehrerbildung. Bei der Gestaltung von Studienordnungen ist aus diesem Grund *BNE* ein stärkeres Gewicht einzuräumen. Es ist vorgesehen, *BNE* künftig zum Bewertungskriterium bei der Akkreditierung von Studiengängen zu nutzen. Studierende sollten schon frühzeitig Kompetenzen erwerben, die sie befähigen, das Thema *Nachhaltige Entwicklung* inhaltlich wie methodisch professionell im schulischen Kontext zu vermitteln. Dabei ist der interdisziplinären Perspektive nicht erst in der didaktischen Ausbildung Geltung zu verschaffen, sondern auch in der fachwissenschaftlichen Durchdringung relevanter Themenbereiche.

Im Rahmen der *Arbeitsgruppe Hochschulen* haben Voruntersuchungen zu Angeboten von *BNE* an der Universität Potsdam stattgefunden. Sie basierten auf der Grundlage von Recherchen von Studienordnungen (auch Ordnungen) und kommentierten Vorlesungsverzeichnissen für die Sommersemester 2007 und Wintersemester 2007/2008 sowie Interviews. Die Kritik an den Untersuchungen besteht darin, wenig Aussagen über Qualität und Quantität von *BNE* ableiten zu können. Zur Klassifizierung wurden drei Hauptgruppen definiert:

- Lehrveranstaltungen, die in ihrer Beschreibung den Schwerpunkt Nachhaltigkeit aufweisen.
- ..., die in ihrer Beschreibung den Schwerpunkt der Nachhaltigkeit nicht direkt ausweisen, aber indirekt einen Bezug zu *BNE* abgeleitet werden kann.
- ..., die in der Beschreibung den Schwerpunkt der Nachhaltigkeit nicht ausweisen, dieser aber dennoch sachorientiert vermutet

werden und hinterfragt werden muss oder aus eigener Sachkenntnis beschrieben werden kann.

Die Häufigkeit der inhaltlichen Anlehnung an *BNE*, entsprechend der Hauptgruppen in den damaligen Instituten, kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

	Institut für Wirtschafts- wissenschaf- ten (Stu- diengang Betriebswirt- schaftslehre)	Institut für Chemie	Institut für Ernährungs- wissenschaf- ten	Institut für Arbeitsleh- re / Tech- nik (Angaben auf Mo- dulbasis)
Haupt- gruppe 1	6	10	11	3
Haupt- gruppe 2	3	7	8	7
Haupt- gruppe 3	-	5	2	10

Tab. 2: Häufigkeit der inhaltlichen Anlehnung an *BNE*, entspr. Hauptgruppen

Um die Potentiale technischer und ökonomischer Allgemeinbildung für *BNE* zu verdeutlichen, soll in diesem Zusammenhang die Ergebnisse des ehemaligen *Instituts für Arbeitslehre/Technik*, jetzt *Lehrstuhl für Technologie und berufliche Orientierung*, auszugsweise in einer etwas detaillierteren Form dargestellt werden.

So steht beispielsweise unter Inhalt und Ziel des Studium in der Ordnung für das Bachelor- und Masterstudium im Lernfeld Arbeitslehre: „Im Mittelpunkt steht die Durchdringung der engen Wechselbeziehungen zwischen den technischen, wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Veränderungen der Arbeitswelt“ (ORDNUNG, 2004).

Der Hauptgruppe 1 sind folgende Module zugeordnet worden:

- Technologie und Innovation
- Umwelt- und Bautechnik

- Regenerative Energie

Der Hauptgruppe 2 sind folgende Module zugeordnet worden:

- Grundlagen von Arbeitssystemen
- Grundlagen ökonomischer Systeme
- Grundlagen sozioökonomischer Systeme
- Systeme des Stoffumsatzes
- Systeme des Energieumsatzes
- Konsumökonomie
- Kfz- und Antriebstechnik

Es ist sich sicher unschwer vorzustellen, im Modul *Kfz- und Antriebstechnik* Inhalte von *BNE* ableiten zu können.

Der Hauptgruppe 3 sind folgende Module zugeordnet worden:

- Grundlagen technischer Systeme
- Projektstudium I
- Lernfelddidaktik
- Systeme des Informationsumsatzes
- Arbeits- und Gesellschaftsökonomie
- Projektstudium II
- CNC – Technik
- Kommunikationstechnik
- Fachdidaktik Oberseminar

Punktuelle weiterführende Untersuchungen durch Interviews und Analysen von Vorlesungsmitschriften bestätigten die eingangs erwähnte Kritik der Methode, wenig aussagefähige Ergebnisse über Inhalte zur *BNE* in einzelnen Modulen formulieren zu können. Beruhigend ist die Feststellung, dass in Ansätzen *BNE* in allen untersuchten Modulen nachgewiesen werden

konnte, die Ansätze und Schwerpunkte aber sehr verschieden genutzt wurden.

6. Bildung nachhaltiger Entwicklung als Inhalt in Lehre und Unterricht - am Beispiel Kraftfahrzeugtechnik

Das nachfolgend dargestellte Beispiel kann in der Aus- und Weiterbildung der Lehrer und ebenso im Unterricht (Transport und Verkehr - Sek. I, Stoff-/Energieumsetzende Systeme – Sek II, Land Brandenburg) bearbeitet werden.

Geht man dabei von den Phasen des technischen Handelns aus (siehe Abb. Technisches Handeln), sind für die drei Phasen, Herstellung, Verwendung und Auflösung möglichst konkrete Beispiele in den Fokus zu stellen.

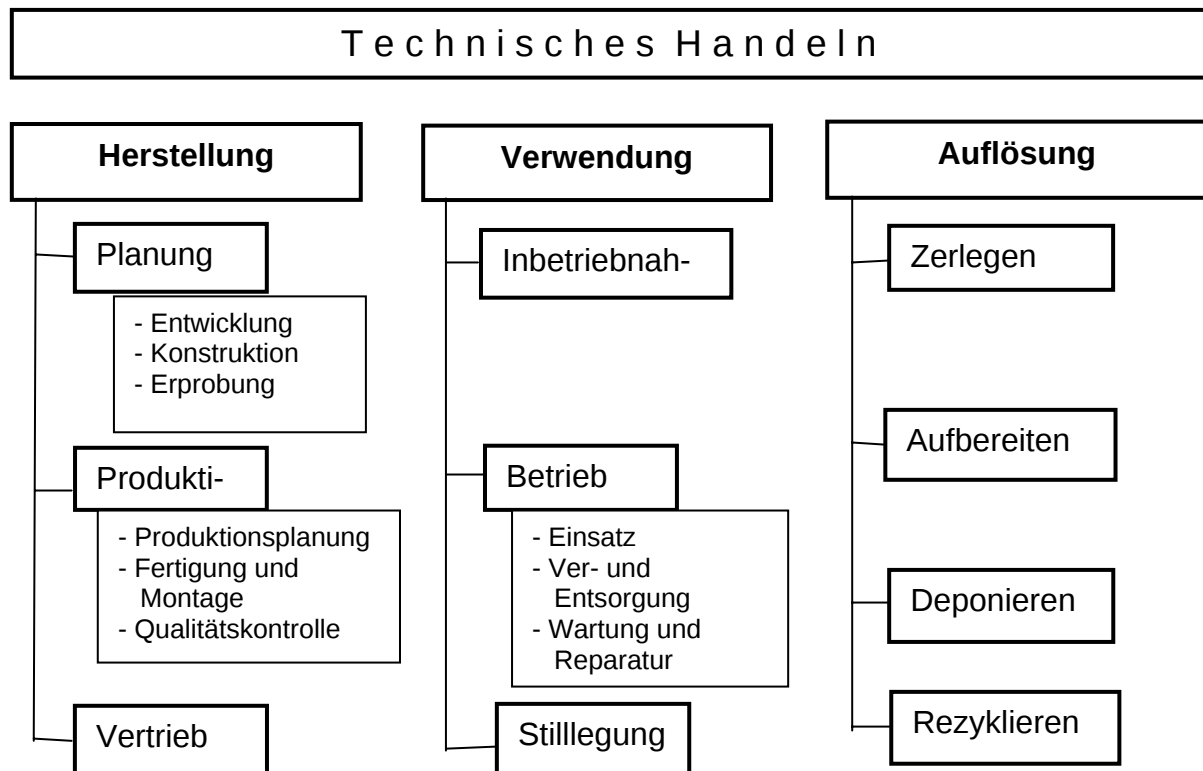


Abb. Technisches Handeln (vgl. ROPOHL 1996, S. 90)

Herstellung - Durch Recherchen im Internet können beispielsweise Ressourcen sparende Herstellungsverfahren in Unternehmen der Automobilindustrie ermittelt werden.

Verwendung – Die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs ist eines der wichtigsten Forschungsbereiche auf unterschiedlichen Ebenen in der Fahr-

zeugindustrie wie die Reduzierung des Luftwiderstandsbeiwertes, des c_w -Wertes, die Gewichtsreduzierung der Fahrzeuge und die Optimierung der Antriebsorgane. Bei Letzteren werden zurzeit unterschiedliche Wege bestritten. Die Automobilindustrie bietet unter anderem weitere Kraftstoff sparende Lösungen bei traditionellen Verbrennungsmotoren, die Hybridtechnik oder gar reine Elektrofahrzeuge an. Bei entsprechender Sachkompetenz kann über mittel- oder langfristige Lösungen für effektive Antriebsorgane mit den Lernenden diskutiert werden. Jedoch liegt der individuelle Beitrag bei der Verwendung eines Kraftfahrzeuges bezüglich der Einsparung von Kraftstoff, verbunden mit einer Minderung des CO_2 Ausstoßes, im Wesentlichen im Fahrverhalten des Fahrzeugführers. Mithilfe des Durchschnittsverbrauchs und vorgegebenen Faktoren kann die Emission von CO_2 des eigenen Fahrzeugs ermittelt werden. Es gilt

- für Benzinmotoren der Faktor 23,69
- für Dieselmotoren der Faktor 26,85

Multipliziert wird die Menge des verbrauchten Kraftstoffes mit dem entsprechenden Faktor und man erhält den Ausstoß an CO_2 in Gramm für einen Kilometer.

Auflösung – Die Einbeziehung von Nachhaltigkeit in die Phasen des technischen Handelns bezieht sich oft stark auf die Herstellung und gegebenenfalls Verwendung. Doch Nachhaltigkeit ist vor allem in der Phase der Auflösung ausschlaggebend für Ressourcen und Umweltschädigung, denn hier kann nachhaltiges Denken und Handeln viel erreichen. Schon lange sind Altfahrzeuge wertvolle Rohstoffquellen. Nicht immer wurden sie aber effektiv genutzt und belasteten dadurch mehrfach die Umwelt. Die EU-ALTFahrzeug-Richtlinie schreibt jetzt den Herstellern vor, dass sie ihre ab 2002 hergestellten Fahrzeuge von 2007 an kostenfrei zur Auflösung zurücknehmen müssen. Weiter heißt es in der Richtlinie, bis 2015 müssen 95% des einzelnen Fahrzeuges wiederverwendet oder verwertet werden. Es bleibt ein Rest von 5 %, der beseitigt werden darf, also in Müllverbrennungsanlagen verbrannt oder in Deponien eingelagert wird (vgl. EU-ALTAUTO-Richtlinie 2000). Wenn dieser Richtlinie in der EU entsprochen wird und die Altfahrzeuge nicht in Drittländer ausgeführt werden, um dort weiter genutzt oder entsorgt zu werden, hat das u. a. auch Auswirkungen auf den Materialeinsatz für Neufahrzeuge und die Entwicklung der Recyclingtechnologie. Daher spielt die Möglichkeit zum Recycling des eingesetzten Materials eine immer größere Rolle in der Phase der Herstellung. Es schließt sich der Materialkreislauf. Ropohl spricht in diesem Zusammenhang von der innovativen Technikbewertung (ROPOHL 1996, S.262).

In den Unternehmen hat sich eine vergleichbare Recycling-Technologie entwickelt, die am Beispiel der BMW GROUP dargestellt wird:

- Fahrzeugannahme: Begutachtung des Fahrzeuges
- Fahrzeugerfassung: Erfassen der Fahrzeugdaten und Speicherung, Festlegen der Demontageumfänge, Erstellen der Fahrzeugbegleitscheine, Ausgabe des Verwertungsnachweises
- Neutralisation der pyrotechnischen Einheiten: Airbags und Gurtstraffer
- Fahrzeugtrockenlegung: Entnehmen der Betriebsflüssigkeiten wie Motoröl, Getriebeöl, Kühlwasser, Kältemittel der Klimaanlage
- Schadstoffentfrachtung: Entfernen der Batterie, Halogenlampen etc.
- Demontage: unter Berücksichtigung verkaufsfähiger Gebrauchtteile und Materialien
- Entnahme des Kernschrotts: dazu gehören Motor, Getriebe und Achsen
- Kompaktierung: Pressen der verbleibenden Teile
- Schredder-Prozess: Zerkleinern, Sortieren, Klassifizieren
- Post Schredder Technologien: Sortenreine Wertstoffaufbereitung

Dieses Beispiel aus dem Bereich Kraftfahrzeugtechnik soll nicht allein dazu dienen, Bildung für nachhaltige Entwicklung in diesem Teilgebiet in den Fokus zu stellen. Es ist gleichzeitig ein Vorschlag für Strukturen, auf der Basis der Phasen des technischen Handelns, zur Auswahl und Anwendung von Inhalten für einen zeitgemäßen Technikunterricht.

Schlussbemerkungen

Die gegenwärtigen und künftigen Korrekturen zur Reform der Lehrerbildung sollten auch auf Themenbereiche der *BNE* gerichtet sein und sie zum bewussten Gegenstand, zum Inhalt zeitgemäßen Technikunterrichts erheben. Es könnte ein Beitrag sein, Lehrerbildung und Schule so zu verändern, dass durch Bildung für nachhaltige Entwicklung unsere Welt ein Stück zukunftsfähiger wird – ein lohnender Beitrag technischer Allgemeinbildung.

Literatur

CZECH, OLAF: Bildung für nachhaltige Entwicklung – Bildung für Heute und Morgen, In: Forum Arbeitslehre. April 2010, S 14-17

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERZIEHUNGSWISSENSCHAFTEN: Kommission „Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“. Memorandum zur Lehrerbildung für eine nachhaltige Entwicklung (BfnE), Februar 2004

EMPFEHLUNG DER STÄNDIGEN KONFERENZ DER KULTUSMINISTER DER LÄNDER IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (KMK) und der DEUTSCHEN UNESCO-KOMMISSION (DUK) vom 15.06.2007 zur „Bildung nachhaltiger Entwicklung in der Schule.

EU-ALTAUTO-RICHTLINIE (2000/53/EG), Oktober 2000

MEIER, BERND; JAKUPEC, VIKTOR: Thesen zum Referat „Inhalte zeitgemäßen Technikunterrichts – Strukturierung und Präzisierung“, Stand: 12.07.2007

ORDNUNG FÜR DAS BACHELOR- UND MASTERSTUDIUM im Lernfeld Arbeitslehre für die Bildungsgänge der Sekundarstufe I und der Primarstufe an allgemein bildenden Schulen sowie das Lernfeld Arbeitslehre und das Fach Technik für das Lehramt an Gymnasien in Lehramtsstudiengängen sowie in Erweiterungs- und Ergänzungsstudiengängen an der Universität Potsdam 2004

RAHMENLEHRPLAN WIRTSCHAFT-ARBEIT-TECHNIK. Pflicht- und Wahlpflichtbereich. Sekundarstufe I. Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Land Brandenburg. Potsdam 2002

RAHMENPLAN TECHNIK. Gymnasiale Oberstufe Sekundarstufe II. Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Land Brandenburg. Potsdam 1994.

ROPOHL, GÜNTER: Ethik und Technikbewertung. Frankfurt am Main 1996

ROPOHL, GÜNTER: Das neue Technikverständnis. In: Erträge der Interdisziplinären Technikforschung. Berlin 2001, S. 11-30

Tagungsmaterial zum Thema „Globales Lernen und Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule“ an der Universität Göttingen, 9.-10. Oktober 2008

Link

www.bmw.de/recycling_flyer.de

Anja Fischer, Dr. Angelika Liermann

Wasser – Elektrizität – Wärme

Kein Vortrag über die Stadtwerke

Im Erkenntnisprozess neigen wir dazu, Modelle zu erstellen, insbesondere von dem, was wir nicht direkt sehen können, z.B. Modelle zur Bewegung der Erde und der Planeten um die Sonne, das Atommodell (nach BOHR) usw.

Schaffen wir uns ein Modell, sind Sachverhalte fassbar, im wahren Sinne des Wortes greifbar. Die Krönung des Modellbildungsprozesses sind mathematische Modelle, die auf abstrakter Ebene Zusammenhänge beschreiben. Mathematische Modelle sind die Voraussetzungen für die Umsetzung bzw. Nutzbarmachung von Naturgesetzen in der Technik. Für die Konstruktion technischer Artefakte ist heutzutage eine mathematische Beschreibung vielfach zwingend.

Darum soll es in diesem Beitrag aber nicht vordergründig gehen. Im Lernprozess sind für das Verständnis komplizierter Sachverhalte Modelle für die Schüler besonders wichtig. Sie erleichtern das Verstehen, knüpfen an Erfahrungen an, fördern die Fähigkeit zu Verallgemeinern, Schlussfolgerungen zu ziehen und helfen, durch die Nutzung von Analogiebetrachtungen Wissen zu erwerben und besser zu speichern. Das soll hier an einem konkreten Beispiel näher betrachtet werden.

Schülern fällt es erfahrungsgemäß schwer, die Gesetzmäßigkeiten, die im elektrischen Stromkreis gelten, zu verstehen. Wir können Strom weder sehen, noch riechen oder hören. Wenn wir ihn fühlen, ist das zumindest eine sehr unangenehme Erfahrung, wenn nicht sogar die letzte, die wir machen.

Um den Sachverhalt für Schüler anschaulich zu machen, wird sehr gern auf einen Vergleich mit dem Wasserkreislauf zurückgegriffen (Abb. 1).

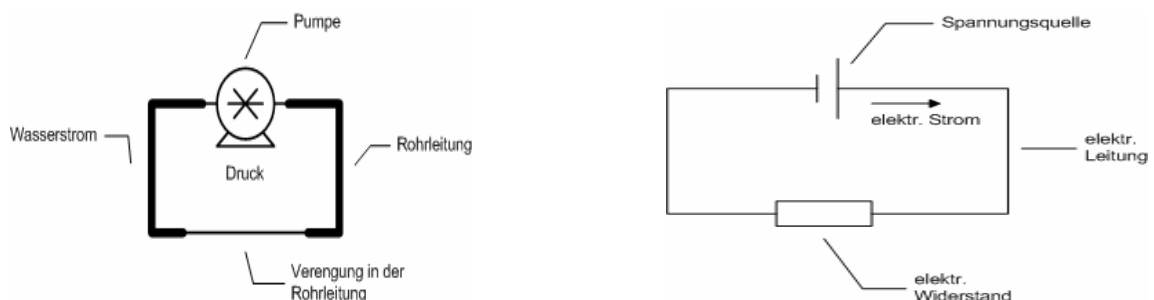


Abb. 1 Vergleich zwischen Wasser- und elektrischem Stromkreis

Oft kommt es dabei zu *Verniedlichungen* mit der Absicht, die Sache noch anschaulicher zu machen. Dazu kann man geteilter Meinung sein, aber wenn es hilft, dass Schüler sich kleine blaue Kügelchen oder sogar Männchen vorstellen, die sich durch elektrische Leitungen drängeln, warum nicht.

Beim Vergleich zwischen Wasserkreislauf und elektrischem Stromkreis entspricht die Pumpe, die den Druck erzeugt, der elektrischen Spannungsquelle, die die elektrische Spannung erzeugt. Der Wasserfluss (Wassermenge pro Zeit) entspricht der elektrischen Stromstärke (elektrische Ladung pro Zeit). Die Wassermenge, die transportiert wird, ist abhängig vom Druck und dem Leitungsquerschnitt und der Leitungslänge. Analog ist im elektrischen Stromkreis die elektrische Stromstärke abhängig von der Spannung der Spannungsquelle und der Länge und dem Querschnitt des Leiters, außerdem spielt das verwendete Leitermaterial eine Rolle.

Wie sicherlich bekannt ist, hat OHM diesen Sachverhalt in dem nach ihm benannten Gesetz zusammengefasst und die Größe des elektrischen Widerstands eingeführt. Die Spannung U und die Stromstärke I sind proportional zueinander, der Widerstand R ist der Proportionalitätsfaktor.

$$U \sim I \rightarrow U = R \cdot I$$

$$R \sim l, \quad R \sim \frac{1}{A}$$

$$R = \frac{l}{\kappa \cdot A} \quad \text{bzw.} \quad R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

l – Leiterlänge ρ – spezifischer elektrischer Widerstand
 A – Leiterquerschnitt κ – spezifische elektrische Leitfähigkeit

Hier soll darauf hingewiesen werden, dass der Vergleich von Wasser- und Stromkreis auch Nachteile aufweist:

Vergleichsprobleme bei Wasserentnahme $\rightarrow$ elektrische Ladungen *verschwinden* nicht im Stromkreis, können nicht *abgelassen* werden.

Verhalten der Flüssigkeit (innere Reibung) $\rightarrow$ nicht auf Elektronenbewegung übertragbar, Elektronen *stauen* sich nicht im Leiter.

Eine exakte mathematische Übertragbarkeit von Analogien ist nur bedingt möglich und an einigen Stellen sogar fragwürdig. Ist man sich der Grenzen bewusst und kann die Anwendbarkeit klar abgrenzen, stellt sie eine große Hilfe dar. Bekannte Betrachtungsweisen, Verfahren, Berechnungsmethoden können übertragen und genutzt werden.

Jeder kennt aus der Schule die Gesetze des unverzweigten und verzweigten Stromkreises bzw. von Reihen- und Parallelschaltung. Im Physikunterricht haben wir gelernt:

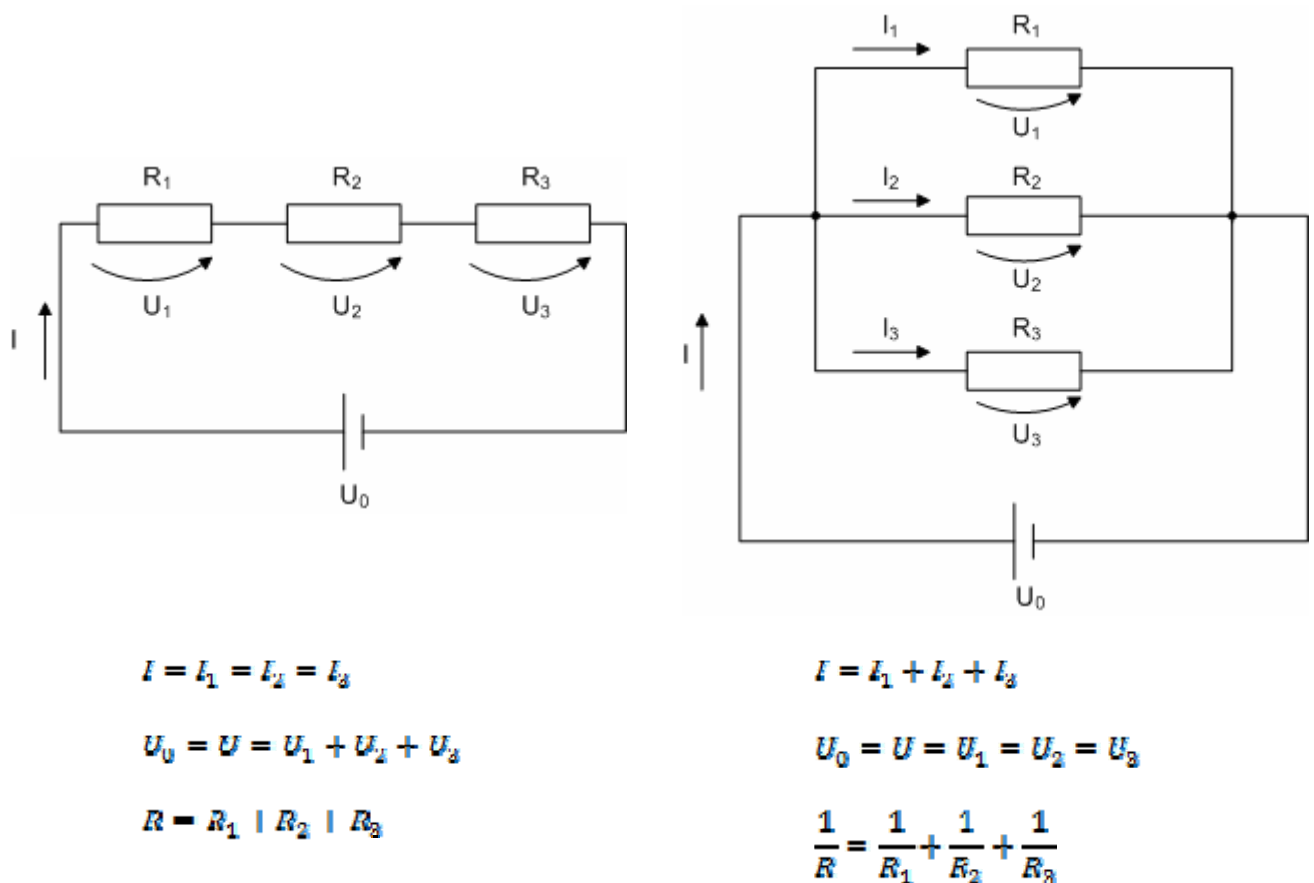


Abb. 2 Reihen- und Parallelschaltung

Während der Sachverhalt, dass der Gesamtwiderstand in einer Reihenschaltung größer ist als der größte Teilwiderstand ($R_{\text{ges}} > R_{\text{max}}$) für die meisten noch leicht nachvollziehbar ist, ergeben sich beim Gesamtwiderstand der Parallelschaltung oft Verständnisprobleme. Wieso ist der Gesamtwiderstand bei der Parallelschaltung kleiner als der kleinste Teilwiderstand ($R_{\text{ges}} < R_{\text{min}}$)? Hier hilft zur Veranschaulichung der Vergleich mit dem Wasserkreislauf: Die Gesamtwassermenge, die transportiert werden kann, wird bei parallel verlaufenden Leitungen maßgeblich durch das Rohr mit

dem größten Querschnitt (mit dem kleinsten Widerstand) beeinflusst. Alle weiteren parallelen Rohre vergrößern die transportierte Wassermenge, der Gesamtwiderstand wird kleiner.

Wer es noch anschaulicher möchte und noch näher am Erfahrungsschatz der Schüler, stelle sich einen Kino- oder Theatersaal (vielleicht auch einen Kongresssaal) vor. An den Seiten befinden sich mehrere Türen nebeneinander (parallel). Beim Betreten des Saals passiert man mehrere Türen hintereinander (in Reihe). Bricht Panik im Saal aus, stellen die Türen beim Verlassen des Saals Widerstände dar. Durch die parallel liegenden Türen können insgesamt mehr Menschen den Saal verlassen als durch die in Reihe liegenden. → Der Gesamtwiderstand bei parallelen Türen ist geringer als bei in Reihe liegenden.

Aus den Grundregeln für die Reihen- und Parallelschaltung lassen sich beliebig geschaltete Widerstände in Netzwerken zusammenfassen und berechnen. Abb. 3 zeigt ein Beispiel.

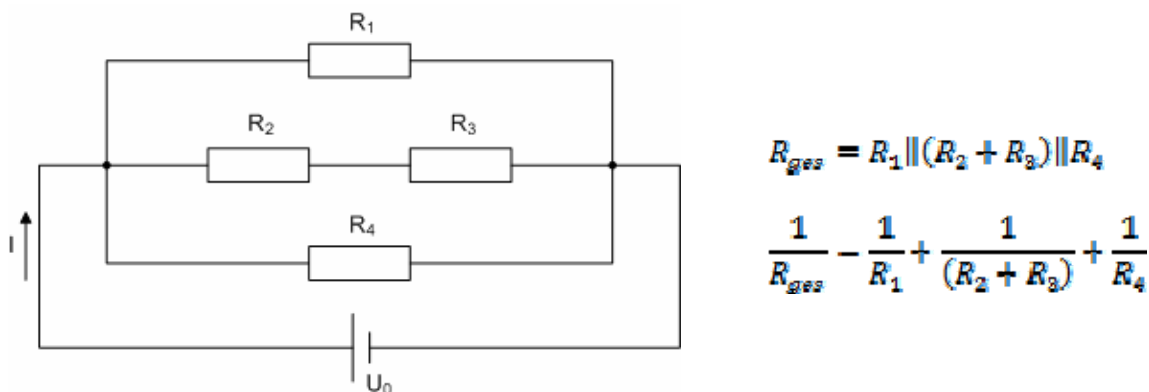


Abb. 3 Schaltung mit vier Widerständen und Formel für den Gesamtwiderstand

Die Berechnung solcher Schaltungen ist keine Beschäftigungstherapie für Schüler oder Studenten, sondern hat einen realen technischen Hintergrund, hier als Anwendungsbeispiel die Schaltung der Heizungs-widerstände im Backofen (Abb. 4).

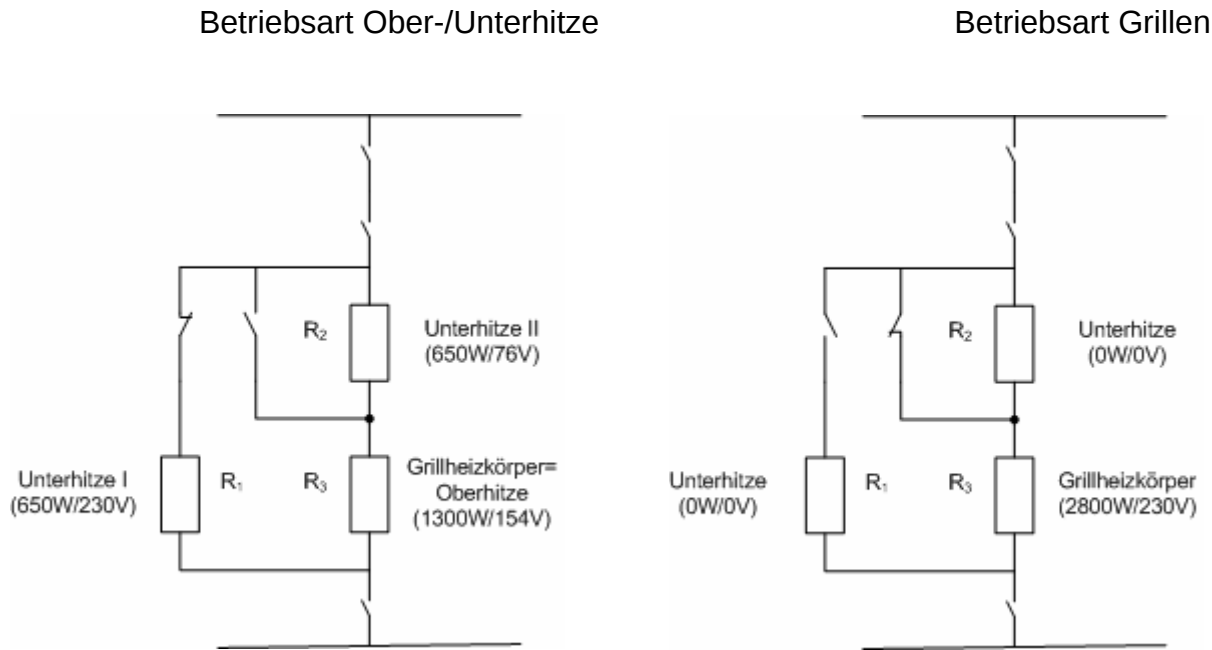


Abb.4 Schaltung der Heizwiderstände im Backofen

Gehen wir also davon aus, dass die Schüler die Gesetze elektrischer Grundschaltungen im Physikunterricht behandelt haben und kommen wir zur nächsten Stufe unserer Betrachtungen.

Was haben elektrische Stromkreise und Wärme miteinander zu tun?

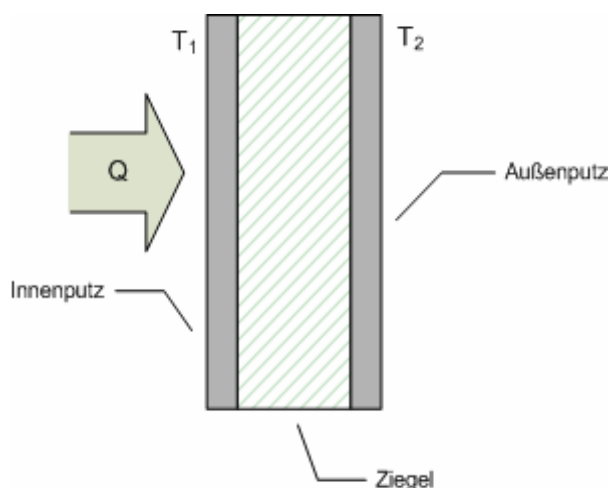


Abb.5 Hauswand mit Schichtung

In letzter Zeit haben Wärmedämmmaßnahmen eine immer größere Bedeutung. Für Gebäude werden Energiepässe ausgestellt und vom k-Wert haben viele schon einmal gehört.

Es hat sich gezeigt, dass für die Berechnung von Wärmetransportvorgängen Berechnungsverfahren für elektrische Stromkreise übertragen und genutzt werden können. Beispielsweise können die Wärmeverluste von Gebäuden, die Wirksamkeit von Wärmedämmungen und der

Wärmetransport durch Wände berechnet werden.

Das soll hier an einem einfachen Beispiel (Abb. 5) gezeigt werden.

Abb. 5 zeigt eine Hauswand aus Ziegelmauerwerk mit Innen- und Außenputz. In Analogie zum elektrischen Stromkreis stellt die Hauswand eine thermische Reihenschaltung dar. Der durch die Wand transportierte Wärmestrom (analog zum elektrischen Strom) ist abhängig von der Temperaturdifferenz (analog zur Potentialdifferenz bzw. elektrischen Spannung) und dem thermischen Widerstand der Wand. Der thermische Widerstand ist abhängig von der Wandfläche, Wanddicke und von den Materialeigenschaften der verbauten Stoffe (analog zum elektrischen Widerstand).

thermisches Ersatzschaltbild



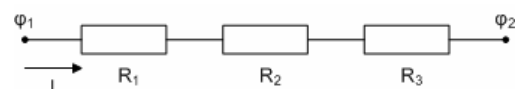
$$R_{th} = \frac{d}{\lambda \cdot A}$$

d – Wanddicke

A – Wandfläche

λ – Wärmeleitkoeffizient

elektrisches Ersatzschaltbild



$$R = \frac{l}{\pi \cdot A}$$

thermisch		elektrisch	
Q	Wärmemenge	Q	Ladung
$\Phi = Q/t$	Wärmestrom	$I = Q/t$	Stromstärke
ΔT	Temperaturdifferenz	$U = \Delta \varphi$	Spannung, Potentialdifferenz
R_{th}	thermischer Widerstand	R	elektrischer Widerstand

Thermische Berechnung:

$$\Phi = \frac{Q}{t} = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

$$\Phi = \frac{T_2 - T_1}{R_{th_{ges}}}$$

$$\Phi = \frac{T_2 - T_1}{R_{th1} + R_{th2} + R_{th3}}$$

Elektrische Berechnung:

$$U = \Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$I = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{R_{ges}} = \frac{Q}{t}$$

$$I = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Ein Haus besteht nicht nur aus Wänden, sondern besitzt auch Türen und Fenster.

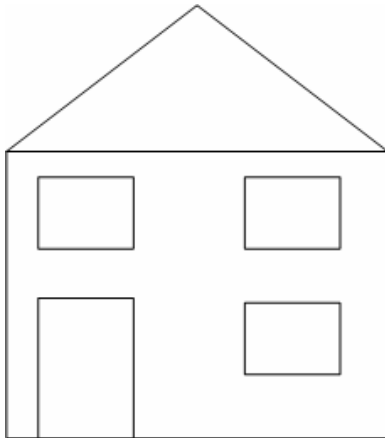


Abb. 6 Haus mit Tür und Fenstern

Bestimmen wir den thermischen Widerstand für die Hauswand mit Tür und Fenstern, müssen wir Folgendes betrachten. Für den Wärmedurchgang liegen Wand, Tür und Fenster parallel. Als Formel ergibt sich dafür:

$$R_{\text{th,ges}} = R_{\text{th,Wand}} \parallel R_{\text{th,Tür}} \parallel 3 \cdot R_{\text{th,Fenster}}$$

$$\frac{1}{R_{\text{th,ges}}} = \frac{1}{R_{\text{th,Wand}}} + \frac{1}{R_{\text{th,Tür}}} + \frac{1}{3 \cdot R_{\text{th,Fenster}}}$$

$$\frac{1}{R_{\text{th,ges}}} = \frac{1}{R_{\text{th,IP}} + R_{\text{th,Z}} + R_{\text{th,Dä}} + R_{\text{th,AP}}} + \frac{1}{R_{\text{th,Tür}}} + \frac{1}{3 \cdot R_{\text{th,Fenster}}}$$

Die Wand stellt eine Reihenschaltung thermischer Widerstände dar:

$$R_{\text{th,Wand}} = R_{\text{th,IP}} + R_{\text{th,Z}} + R_{\text{th,Dä}} + R_{\text{th,AP}}$$

(IP – Innenputz, Z – Ziegel, Dä – Dämmung, AP – Außenputz)

Handelt es sich bei den Fenstern um Doppelfenster, sieht die Formel z.B. folgendermaßen aus (ähnlich bei Verbundfenstern):

$$R_{\text{th,Fenster}} = R_{\text{th,Glas}} + R_{\text{th,Luft}} + R_{\text{th,Glas}} \quad \text{mit } R_{\text{th,Glas}} = \frac{d_{\text{Glas}}}{\lambda_{\text{Glas}} \cdot A_{\text{Glas}}}$$

und für die Tür (z.B. aus Holz):

$$R_{\text{tür}} = \frac{d_{\text{tür}}}{\lambda_{\text{Holz}} \cdot A_{\text{tür}}}$$

Jetzt sollten wir noch ein Auge auf den so oft in Baudiskussionen aufgeworfenen *K-Wert* werfen. *K* steht für den Wärmedurchgangskoeffizienten und gibt die Wärme an, die von einem Quadratmeter Fläche mit einer Wanddicke *d* bei einer Temperaturdifferenz $\Delta T=1K$ pro Sekunde vom warmen zum kalten Medium übertragen wird. Er setzt sich zusammen aus dem Wärmeleitkoeffizienten λ und dem Wärmeübergangskoeffizienten α . Damit ergeben sich folgende formale Zusammenhänge für den *K-Wert* und den daraus resultierenden *Wärmedurchgangskoeffizienten* R_{thK} .

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot A} + \frac{d}{\lambda \cdot A} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot A}}$$

$$k = \frac{K}{A}$$

$$R_{\text{thK}} = \frac{1}{\alpha_1 \cdot A} + \frac{d}{\lambda \cdot A} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot A} = \frac{1}{K} = \frac{1}{k \cdot A}$$

Als Abschluss lässt sich nun der Wärmestrom Φ mit folgender Formel bestimmen:

$$\Phi = K \cdot A \cdot \Delta T$$

An einem konkreten Beispiel lässt sich die bis hier her aufgestellte Formelsammlung wahrscheinlich am besten veranschaulichen.

Aufgabenstellung:

Eine Hauswand besteht aus vier Schichten (Abb. 7):

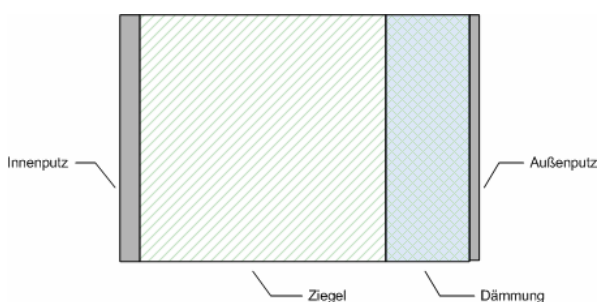


Abb. 7 Hauswand

Schicht	λ in $\frac{W}{K \cdot m}$	d in mm
Innenputz	0,7	15
Ziegel	0,5	300
Dämmung	0,04	60
Außenputz	0,7	6

Die Wandfläche beträgt $A=200m^2$, Innentemperatur $T_1=21^\circ C$, Außentemperatur $T_2= -25^\circ C$. Der Wärmestrom Φ beträgt 4,32kW.

Berechnen Sie den Gesamtwärmeleitwiderstand $R_{th,ges}$, die Temperaturdifferenzen und Wandzwischen Temperaturen! Überprüfen Sie den Wärmestrom!

Lösungsvorschlag

Grundformel:

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}} \rightarrow \Delta T = \Phi \cdot R_{th}$$

Berechnungen:

$$R_{th} = R_{th_1} + R_{th_2} + R_{th_3} + R_{th_4}$$

$$R_{th} = \frac{d_1}{\lambda_1 \cdot A} + \frac{d_2}{\lambda_2 \cdot A} + \frac{d_3}{\lambda_3 \cdot A} + \frac{d_4}{\lambda_4 \cdot A}$$

$$R_{th} = \frac{15mm \cdot K \cdot m}{0,7W \cdot 200m^2} + \frac{300mm \cdot K \cdot m}{0,5W \cdot 200m^2} + \frac{60mm \cdot K \cdot m}{0,04W \cdot 200m^2} + \frac{6mm \cdot K \cdot m}{0,7W \cdot 200m^2}$$

$$R_{th} = \frac{1}{200} \cdot \left(0,0214 \frac{K}{W} + 0,6 \frac{K}{W} + 1,5 \frac{K}{W} + 0,00857 \frac{K}{W} \right)$$

$$R_{th} = \frac{2,13K}{200W} = 0,01065 \frac{K}{W}$$

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

$$\Phi = \frac{46KW}{0,01065K} = 4319,31W \approx 4,32kW$$

$$\Delta T_1 = \Phi \cdot R_{th_1} = 4319,31W \cdot 0,000107 \frac{K}{W} = 0,462K$$

$$\Delta T_2 = \Phi \cdot R_{th_2} = 4319,31W \cdot 0,003 \frac{K}{W} = 12,958K$$

$$\Delta T_3 = \Phi \cdot R_{th_3} = 4319,31W \cdot 0,0075 \frac{K}{W} = 32,395K$$

$$\Delta T_4 = \Phi \cdot R_{th_4} = 4319,31W \cdot 0,0000428 \frac{K}{W} = 0,185K$$

Ersatzschaltung:

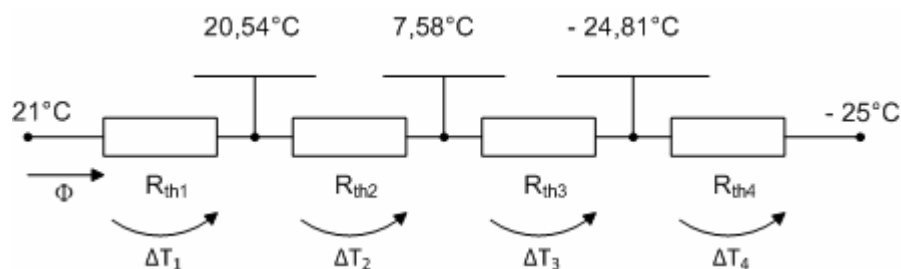
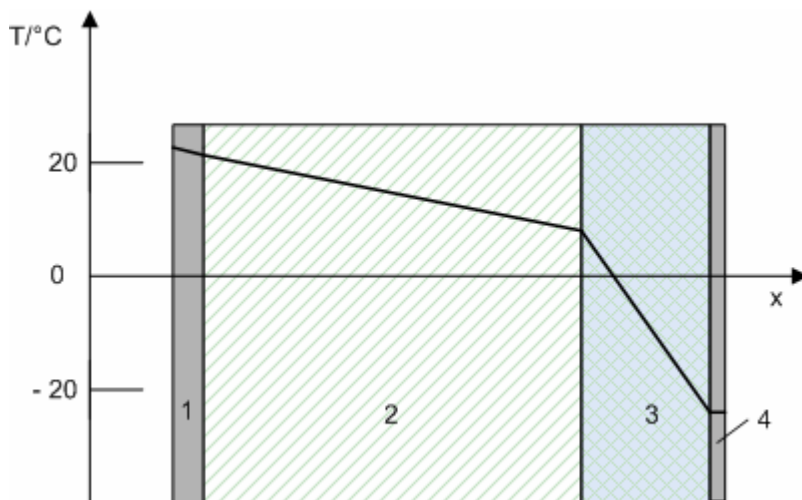


Abb. 8 Temperaturprofil in der Hauswand:



1-Innenputz, 2-Ziegelmauerwerk, 3-Dämmung, 4-Außenputz

Im Handumdrehen hat man vorhandene Kenntnisse zu elektrischen Stromkreisen auf eine neue Thematik angewendet und Probleme der Wärmeleitung und Wärmedämmung mathematisch greifbar gemacht. Mit Beispielrechnungen für verschiedene Wandaufbauten kann man den Einfluss der Wärmedämmung mit konkreten Zahlen belegen und so erfahrbar machen. Das Ganze könnte dann noch messtechnisch untermauert werden, aber das wäre ein neues Thema für einen weiteren Beitrag.

Die Ausführungen sollten zeigen, dass sich grundlegende naturwissenschaftlich-mathematisch belegte Modelle auf mehrere Sachverhalte anwenden lassen, um so den Erkenntnisprozess zu erleichtern oder zu beschleunigen, auch wenn diese Modelle nicht immer alle zu betrachtenden Parameter beinhalten.

Im schulischen Alltag mit fächerübergreifendem Unterricht kann man hier eine nahezu perfekte Symbiose aus der Mathematik, den Naturwissenschaften und der Technik erreichen, um zu zeigen, dass Technik nicht irgendwie passiert, sondern in den Schienen der Naturgesetze läuft. Und obwohl jene zum Teil schon vor Jahren, Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten formuliert wurden, zeigt sie noch heute ihre Tragweite für die modernsten Technologien unserer Zeit.

Ulrich Jucknischke

Qualitätssicherung in Schülerhand

Nach den theoretischen Beiträgen zur Frage des Faches Technik möchte ich hier eine erfolgreiche, funktionierende Umsetzung in den Unterricht an Hand eines Technikprojektes der 9. Klasse aufgezeigt.

Die Aufgabe des Technikunterrichtes unter anderem ist es, den Schülern einen Überblick über die technischen Inhalte der unterschiedlichen Ausbildungsberufe technischer Art zu geben.

Häufigster Berufswunsch in meiner Klasse war die Ausbildung zum Mechatroniker, besonders zum KFZ- Mechatroniker. Die Vorstellung von den Inhalten des Berufes beschränkten sich auf Schraubertätigkeiten. Das Projekt soll die weiteren bedeutenden Tätigkeitsfelder, wie das Messen, Fehlersuchen, Dokumentation bearbeiten.

Bei der Produktion von technischen Elementen und Geräten ist die Funktionsfähigkeit des Gegenstandes das wichtigste Kriterium. Ein produzierter Gegenstand, der nicht die vorgegebenen Eigenschaften hat, ist wertlos. Wird ein solcher, nicht funktionierender Gegenstand im Technikunterricht hergestellt, ist die Enttäuschung und der Frust bei den Schülern programmiert. Durch eine fundierte Planung der Projektarbeit können diese Enttäuschungen vermieden werden.

Ein komplexer Gegenstand, der zur Zufriedenheit der Schüler funktionieren soll, kann nicht von den Schülern in den Einzelheiten geplant werden. Die Beschränkung auf die Arbeit in einigen Kompetenzbereichen ist eine sinnvolle Reduktion.

Zur Produktion eines technischen Gegenstandes sind die Kompetenzbereiche

- **TECHNIK VERSTEHEN** mit den Inhalten Zielorientierung und Funktionen, Begriffe, Strukturen, Prinzipien der Technik kennen und anwenden
- **TECHNIK KONSTRUIEREN UND HERSTELLEN** mit den Inhalten Technische Lösungen planen, entwerfen, fertigen, optimieren, prüfen und testen gefordert.

Mein hier vorgestellte Projekt „MP3-Verstärker“ wird von mir in NRW an einer Hauptschule, 9. Klasse durchgeführt. Die Schüler produzieren für den Eigenbedarf. Das Projekt baut auf der Motivation der Schüler auf. Die Schüler wollen den Projektgegenstand besitzen. Diese Motivation wird genutzt, um durch die Arbeit am und mit dem Projekt die fachtheoretischen Inhalte zu vermitteln und die technischen Arbeitsweisen darzustellen. Die Dokumentation und Bestätigung der durchgeführten Prüf- und Testschritte steht im Mittelpunkt.



Abb1-3: Der fertige Verstärker mit Lautsprecher (1), die Verstärkerplatine (2), Gehäuse, geöffnet (3)

Durch dieses Projekt werden in den Kompetenzbereichen *TECHNIK VERSTEHEN* und *TECHNIK HERSTELLEN* projektbezogen die nötigen Inhalte vermittelt.

Der Bereich *TECHNIK KONSTRUIEREN* bezieht sich auf die Produktion des Gehäuses für den Lautsprecher. Die Optimierung des Projektgegenstandes erfolgt, wenn nötig, durch die Anpassung des Verstärkers an die Eingangsgeräte (unterschiedliche MP3- Spieler).

Die Übung dieser Kompetenzbereiche unterstützt die Überlegungen zur Berufswahl, besonders von technischen Berufen.

Schwerpunkte meiner Ausführungen sind die Kompetenzinhalte

- *Zielorientierung*
- *Begriffe kennen,*
- *Prinzipien der Technik anwenden*
- *Prüfen*
- *Testen.*

Führen Schüler praktische Arbeiten aus, wird nach dem Arbeitsgang oft dem Lehrer das Werkstück entgegengereicht und der Lehrer hört oft die Schülerfrage: „Ist das richtig so?“

Diese Frage kann verschiedene Ursachen haben:

- Die Schüler wissen nicht genau, was sie tun sollen.
- Die Schüler kennen das Ziel nicht genau.
- Die Schüler sind ungeübt in der Selbstkontrolle ihrer Arbeitsergebnisse.

Beispielhaft sollen hier, mit praktischen Übungen, die Arbeitsschritte zur Produktion eines Elektronikprojektes mit den Qualitätskontrollschritten dargestellt werden.

Das Projekt *MP3- Verstärker* ist ein Elektronikprojekt und beinhaltet die Herstellung einer Verstärkerschaltung, die Herstellung eines Gehäuses, den Einbau eines Lautsprechers und die Anschlussarbeiten zur Verbindung der Einzelteile.

Die Platine der Verstärkerschaltung wird selbst hergestellt, die Bauteile werden gelötet, die externen Bauteile verbunden und das Projekt ist fertig.

Wird das Projekt ohne Kontrolle der einzelnen Zwischenschritte durchgeführt, ist ein funktionsfähiges Gerät nur sehr selten zu erhalten. Die dann notwendige Fehlersuche gestaltet sich sehr schwierig und sehr umfangreich und liegt dann häufig in der Hand des Lehrers.

Durch eine strukturierte Planung und durch Kontrolle der einzelnen Arbeitsschritte kann dies vermieden werden. Die Kontrolle muss so geplant werden, dass sie durch die Schüler erfolgen kann und zu fehlerfreien Geräten führt.

Im Einzelnen werden hier die von den Schülern durchzuführenden Prüfschritte aufgeführt:

Arbeitsschritt	Kontrollarbeiten
Platine herstellen	
Platine bohren,	Sichtkontrolle: Vergleich mit der Vorlage
Platine zeichnen	Sichtkontrolle: Vergleich mit der Vorlage
Platine ätzen	Messkontrolle: Verbindungsmessung, Isolationsmessung
Platine bestücken	
Bauteile bestücken	Sichtkontrolle der Bauteile nach jedem Bestückungsvorgang
Messen	Messkontrolle: Isolationsmessung der Lötungen am IC-Sockel
Messen	Messkontrolle: Verbindungsmessung zwischen einzelnen Bauteilen und Anschlüssen
Funktion der Platine testen	
Messeinrichtung nutzen	Funktionstest: Platine in einer Messeinrichtung testen
Zusammenbau	Funktionstest
Endkontrolle	
Funktionskontrolle	Test des fertigen Gerätes

Die schrittweise Kontrolle der Arbeitsschritte durch die Schüler führt zu einer über 80%igen fehlerfreien Funktionsquote der Verstärkerschaltung.

Der Schüler bestätigt die durchgeführten Arbeits-, Test- und Prüfvorgänge durch seine Unterschrift und behält so den Überblick über den Projektablauf.

Auf der folgenden Seite wird der Arbeitszettel zur Kontrolle der einzelnen Arbeitsschritte gezeigt.

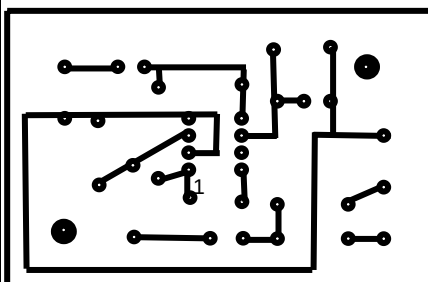
PROJEKT MP3 VERSTÄRKER

COPYRIGHT BY ULRICH JUCKNISCHE

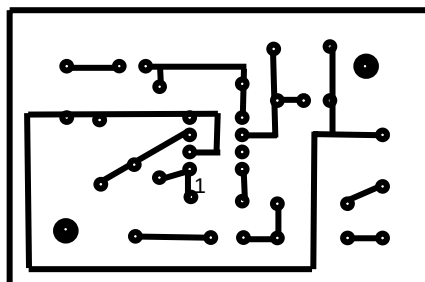
Arbeitszettel von _____ Klasse: _____

Arbeitsschritt	Kontrolliert von (Unterschrift)	Zensur
Platine bohren		
Platine zeichnen		
Platine ätzen		

Zeichne mit einem farbigen Stift als gut gemessene Verbindungen und Isolierungen ein. Notiere Fehler, um sie zu reparieren.

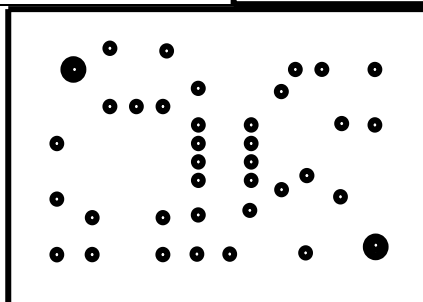


Verbindungsmessung



Isolationsmessung

Zeichne die eingelöteten Bauteile mit Bleistift und Lineal ein.
Beschrifte die Platine mit den Bauteilbezeichnungen



Arbeitsschritt	Kontrolliert von (Deine Unterschrift)	Zensur
Verbindungs-/Isolationsmessung		
Fassung einlöten		
Widerstände R1-R4 einlöten		
Lötnägel einlöten		
Kondensatoren C1 – C3 einlöten		
QUALITÄTSSICHERUNG I Kontrolle der Lötungen		
Spannungsmessungen		
Gemessen (bei 9V Betriebsspannung):		
gegen Minus		gegen Plus
Messpunkt	Soll- Wert	Gemessen
IC PIN 2	0 V	
IC PIN 3	0 V	
IC PIN 4	0 V	
IC PIN 5	0 V	
IC PIN 6	9 V	
QUALITÄTSSICHERUNG II Einsetzen des ICs und testen des Verstärkers mit der Testeinrichtung		
Der Verstärker arbeitet korrekt		
Endzensur des MP3- Verstärkers:		

Zu den einzelnen Arbeitsschritten hat der Schüler eine genaue Arbeitsanleitung in der Hand, die den einzelnen Arbeitsschritt genau erklärt.

Arbeitstechniken, die der Schüler noch nicht durchgeführt hat, werden in einer Sach-Info den Schülern erläutert und beispielhaft durchgeführt.

Nach mehr als dreijähriger Durchführung des Projektes lässt sich feststellen:

Die Schüler

- produzieren einen technischen Gegenstand, der, wenn die aufgeführten Aufgaben (Pflichtenheft!) gewissenhaft erledigt werden, fehlerfrei funktioniert
- messen und prüfen die Fehlerfreiheit
- korrigieren gefundene Fehler
- erhalten durch die Feinstrukturierung der Projektarbeit einen genauen Überblick über die Arbeitsschritte
- erhalten durch die ausführliche Durchführung von Prüfarbeiten einen ansatzweisen Einblick in die Arbeitswelt des Mechatronikers
- erhalten einen technischen Gegenstand, der sie lange an den Technikunterricht erinnert

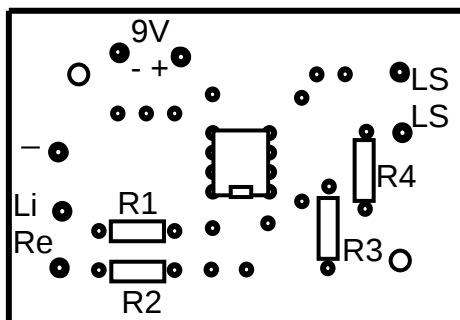


Abb. 4 Bestückungsplan

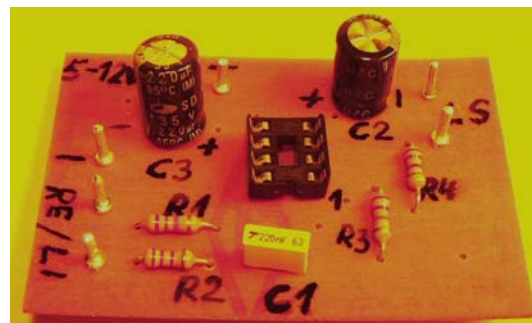


Abb. 5 bestückte Platine

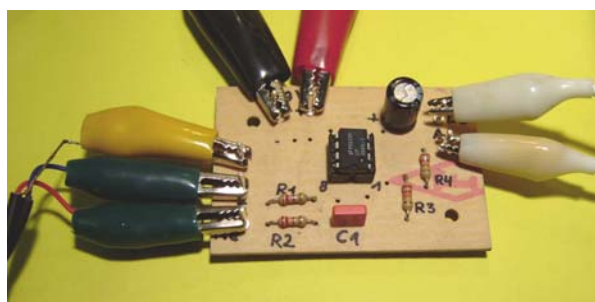


Abb. 6 Kontrollmessungen an der Platine

Johannes Lehmke, Stephan Winter

Schaltungsentwicklung mit dem *Elektronischen Baustein System (EBS)*

Vorbemerkung

Nach der Strukturierung des Gesamtsystems und der Funktionsbeschreibung der Teilsysteme geht es im Unterricht auf die Suche nach den Lösungsmöglichkeiten (z.B. ein lichtempfindliches Element steuert einen Schalter für den Vor- bzw. Rückwärtslauf eines Antriebsmotors, der über ein Getriebe die Räder antreibt) (vergl. SCHULMINISTERIUM NRW, S. 86).

Von der Entwicklung des mechanischen Teils des Gesamtsystems einmal abgesehen, werden die Schülerinnen und Schüler auch für die Entwicklung des elektrischen Teils zunächst einen Entwurf erstellen und dann ausarbeiten müssen. Dazu ist es notwendig elektrische und elektronische Bauelemente zu untersuchen, ihre Einsetzbarkeit zu erproben und ihre sach- und fachgerechte Beschaltung zu ermitteln. Eine flexible und zerstörungsfreie Erprobung der in Frage kommenden Bauelemente (Transistor, logische Gatter, Speicher, Zähler, Schieberegister) sollte in Schülerexperimenten möglich sein. Das am *Hittorf-Gymnasium in Recklinghausen* entwickelte *EBS* ist in besonderer Weise zur Verwendung in dieser Unterrichtsphase geeignet.

Wenn vor der Erstellung von Schaltplänen, Stücklisten und Fertigungsanleitungen noch ein Prototyp zum Test des Gesamtsystems aufgebaut werden soll, ist auch hierfür ein *Elektronisches Baustein System* hervorragend geeignet, weil die Schülerinnen und Schüler recht selbständig funktionsfähige Schaltungen damit erstellen und ggf. auch optimieren können.

1. Auswahl der Inhalte bei der Unterrichtsvorbereitung

1.1 Auswahl der Inhalte am Hittorf-Gymnasium im Jahre 2010

Nicht immer mit der gleichen Intensität, aber alle Jahre wieder stellt sich am Ende eines Schuljahres in der Abteilung Technik des *Hittorf-Gymnasiums in Recklinghausen* die Frage:

„Wer macht was, wann, in welcher Jahrgangsstufe?“

In diesem Jahr wurde die Beantwortung dieser Frage besonders schwierig: Das *Hittorf-Gymnasium* nimmt in diesem Jahr den gebundenen Ganztags-

betrieb auf und einer der Schwerpunkte ist die Begabtenförderung in den Jahrgangsstufen 5/6 im Rahmen von *MINT*. Das bedeutet, es müssen für drei solcher Kurse mindestens 6 Lernmodule mit entsprechenden Inhalten ausgearbeitet werden. Wegen der Umstellung von G9 auf G8 ist der erste Oberstufenjahrgang doppelt so groß. Wir müssen für 6 Kurse in den Jahrgangsstufen EF/11 geeignete Inhalte auswählen. In den Jahrgangsstufen 8 und 9, sowie in den Jahrgangsstufen 12 und 13 kann bei der Auswahl der Inhalte für die Differenzierungskurse, Grundkurse und Leistungskurse in gewohnter Weise verfahren werden. Es müssen also 14 Kurse mit Inhalten versorgt werden.

In den Leistungskursen der Jahrgangsstufen 12 und 13 sind die Inhalte durch die Vorgaben zum Zentralabitur vorgegeben. Die uns vorgegebenen Inhalte sucht die Fachaufsicht nach nicht immer durchschaubaren Kriterien aus. In den Grundkursen ist man nur dann an die Vorgaben für das Zentralabitur gebunden, wenn ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler das Fach als 3. Abiturfach wählen möchte. Wenn das nicht der Fall sein sollte, ist man als Fachlehrer wie in der EF/11 und wie in der Mittel- und Unterstufe nicht an bestimmte Inhalte gebunden, da die obligatorischen Festlegungen in den Lehrplänen nicht auf der Ebene der Inhalte sondern auf der Ebene der Methoden getroffen wurden.

Die Fachkonferenz am *Hittorf-Gymnasium* geht bei der Auswahl und Zuordnung der Themen zu den einzelnen Kursen, für die die Themen frei wählbar sind, sehr pragmatisch vor. Aus einem Pool von Themen, die für die Unter-, die Mittel- und die Oberstufe geeignet sind, wird nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Umfang des vorhandenen Equipments in der Sammlung,
- Tragfähigkeit der eigenen oder der schulinternen Erfahrung mit dem Thema,
- Festlegungen in den Lehrplänen.

1.2 Auswahl der Inhalte an der Städtischen Realschule Waltrop im Jahre 2010

An der *Städtischen Realschule Waltrop* wird Technik als Klassenarbeitsfach mit jeweils zwei Kursen in den Jahrgangsstufen 7-10 unterrichtet. Erstmals wird seit Beginn dieses Schuljahres ab der Jahrgangsstufe 9 ein Technikkurs mit einem Schwerpunkt Informatik angeboten. Seit der Veröffentlichung der aktuellen Richtlinien aus dem Jahre 1986 für die Jahrgangsstufen 9 und 10 sind an der *Städtischen Realschule* mehrere Unter-

richtsreihen entwickelt worden, die sich bezüglich der Themenwahl an den Inhaltsfeldern der Richtlinien orientieren.

Mittlerweile ist ein nach Inhaltsfeldern und Jahrgangsstufe kategorisierter Themenpool entstanden, aus dem die Fachkonferenz auswählen kann. Neben den Vorgaben des Lehrplans standen vor allem die folgenden Kriterien bei der Auswahl der Themen im Mittelpunkt:

- Ausgewogenheit von Theorie- und Praxisanteil,
- besonderer Bezug zur Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler,
- gute Möglichkeiten zur schriftlichen Leistungsüberprüfung,
- vertretbarer Aufwand für die Erstellung der benötigten Medien.

1.3 *Resümee*

Für die Vorbereitung des Unterrichts im Fach Technik wäre die Existenz von Themenpools eine große Hilfe. Wenn diese Themen dann auch noch stufenspezifisch ausgearbeitet wären, könnte sich die Unterrichtsvorbereitung im Fach Technik, wie übrigens in allen anderen Fächern auch, auf die Anpassung der ausgearbeiteten Unterrichtseinheiten an die Ziele und die speziellen Unterrichtsvoraussetzungen beschränken.

Wenn die im Pool zusammengestellten Themen exemplarisch wären, eine ansteigende Komplexität aufweisen würden und das Spektrum der Handlungsfelder abdecken würden, dann könnte man als Organisator von Unterricht eine dem jeweiligen Lehrplan entsprechende Auswahl treffen. Die Zusammenstellung eines solchen Pools und die unterrichtsnahe Ausarbeitung der Themen könnte eine Aufgabe von Technikdidaktikern und Schulpraktikern sein.

2. **Schaltungsentwicklung im Technikunterricht**

2.1 *Stellenwert der Schaltungsentwicklung*

Die Schaltungsentwicklung ist eine sehr bedeutsame, exemplarische Fachmethode mit hohem, vielschichtigem Komplexitätsgrad.

- Für den Betrieb eines jeden elektrischen, elektronischen und mikroelektronischen Systems muss eine Schaltung entwickelt werden, insofern ist die Schaltungsentwicklung **technisch bedeutsam**.

- Fachmethoden, die für die Entwicklung technischer Systeme konstitutiv sind, sind dadurch auch **exemplarisch für den Unterricht**.
- Eine Schaltung für den Betrieb einer Leuchtdiode ist von geringer Komplexität und kann auch in einem *MINT*-Kurs der Jahrgangsstufe 5 entwickelt werden. Die Schaltung für den Betrieb Lagerhaustür mit Codeschloss ist von hoher Komplexität und nur in einem Oberstufenkurs entwickelbar. Die Entwicklung einer elektronischen Schaltung weist also einen **hohen, vielschichtigen Komplexitätsgrad** auf.

Die Schaltungsentwicklung ist also ein sehr gutes Thema für den Pool.

2.2 Unterrichtsstruktur einer Schaltungsentwicklung

Wenn die Schaltungsentwicklung umfassend sein soll, wählt man für den Unterricht die Unterrichtsform *Konstruktionsaufgabe* (HENSELER; HÖPKEN, S. 66) aus. Dann ergibt sich die nachstehende Unterrichtsstruktur (HENSELER; HÖPKEN, S. 70):

- Problem- und Aufgabenstellung
- Sammeln von Informationen
- Erfinden und Entwerfen
- Muster herstellen (GRAUBE, Folie 6)
- Erproben, Beurteilen und Optimieren
- Auswerten

2.3 Schaltungsentwicklung mit dem EBS am Beispiel „Stoppuhr“

Angenommen der mechanische Teil der Herstellung einer Stoppuhr im Unterricht sei abgeschlossen. In einem Gehäuse aus Holz, Alu oder Plexiglas befindet sich ein Schrittmotor, der auf seiner Achse einen Zeiger trägt und der diesen Zeiger über eine Skala mit 60 Skalenstrichen bewegen kann. Auch eine Start- und eine Stoptaste befinden sich am Gehäuse. Bei einer komplexeren Aufgabenstellung könnten noch weitere Tasten, Siebensegmentanzeigen und akustische/optische Signalgeber eingebaut sein.

Für die Schaltungsentwicklung sind Aufgabenstellungen mit sehr unterschiedlichem Komplexitätsgrad denkbar. Eine einfache Aufgabenstellung könnte man zum Beispiel folgendermaßen formulieren:

Beim Betätigen der Taste „Start“ soll sich der Zeiger im Sekundentakt im Uhrzeigersinn bewegen und beim Betätigen der Taste „Stop“ soll der Zeiger stehen bleiben.

Die Bearbeitung dieser Aufgabe gliedert sich aus unserer Sicht in 6 bzw. 7 Schritte, die jeweils für sich je eine Schaltungsentwicklung zum Ziel haben.

- 1 Schrittmotorbetrieb von Hand
- 2 Schrittmotorbetrieb mit Signaltastern und Transistoren
- 3 Schrittmotorbetrieb mit Signaltaster und Flipflops
- 4 Taktgeber für den Sekundentakt
- 5 Start- Stopbetrieb mit einem Signaltaster
- 6 Start- Stopbetrieb mit einem Flipflop
- 7 Betrieb mit einem Mikrocontroller

Der 7. Schritt *Betrieb mit einem Mikrocontroller* ist optional und auch nicht mit einer Schaltungsentwicklung, sondern mit einer Programmentwicklung verbunden.

Zu jedem der ersten sechs Schritte wird die jeweils zu entwickelnde Schaltung angegeben und ihre Realisierung mit dem EBS vorgestellt.

Für den 7. Schritt wird ein *Atmel* Mikroprozessor verwendet, für den das Steuerprogramm angegeben und die Realisierung mit dem entsprechenden EBS-Adapter vorgestellt wird.

Den ersten Schritt *Schrittmotorbetrieb von Hand* werden wir der Unterrichtsstruktur einer Schaltungsentwicklung (siehe 2.2) entsprechend ausführlicher darstellen.

1. Schritt: Schrittmotorbetrieb von Hand

a) Aufgabenstellung

Die Teilaufgabe in dieser Phase des Schrittmotorbetriebes von Hand könnte beispielsweise lauten:

„Entwickelt/Entwickeln Sie mit einer Spannungsversorgung und vier Schaltern eine Schaltung, die den Zeiger der Stoppuhr im Uhrzeigersinn bewegt.“

Orientiert euch/Orientieren Sie sich bei der Bearbeitung dieser Aufgabe am Ablauf der Bearbeitung der euch/Ihnen bekannten Konstruktionsaufgabe.“

b) Sammeln von Informationen

Grundlage jeder Schaltungsentwicklung ist die genaue Kenntnis von Aufbau und Funktion der Bauelemente, die es zu verschalten gilt. In diesem Fall trifft dies in besonderer Weise auf den Motor zu, aber auch die Schalter sollten analysiert werden.

Bei der *Technischen Analyse* (HENSELER, HÖPKEN, S. 90) des Motors wird man die Verwunderung über die Zahl der Anschlusskabel (5 bis 6 statt der gewohnten 2) als Motivation zur Untersuchung des Aufbaus nutzen können. Im Vergleich mit dem Aufbau des bekannten Gleichstrommotors kommt man zu den notwendigen Erkenntnissen bezüglich der Funktion eines Schrittmotors.¹

Das Ergebnis der Analyse sollte sein, dass dieser Schrittmotor vier Spulen enthält, die man beschalten muss, um den Motor in der gewünschten Art betreiben zu können und dass die Schalter den Betriebsstrom für den Schrittmotor schalten können.

c) Erfinden und Entwerfen

Aus den Erkenntnissen über den Aufbau und die Funktion eines Schrittmotors ergibt sich nun die Notwendigkeit eine Betriebsschaltung für den Schrittmotor zu entwickeln. Durch die Messungen, die die Schülerinnen und Schüler in der Phase der Sammlung von Informationen gemacht haben oder durch das Studium des Typenschildes auf dem Schrittmotor sollten die Betriebsspannung und der maximale Betriebsstrom bekannt sein oder berechnet werden können. Die Schaltung für die Inbetriebnahme der Spulen ist eine einfache Reihenschaltung von Spannungsquelle, Spule und Schalter. Der entsprechende Schaltplan ist oben dargestellt (Abb. 1).

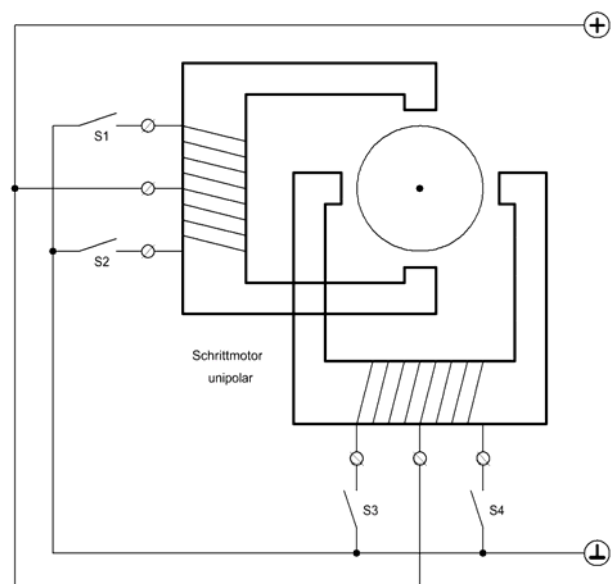


Abb. 1 Schaltplan Schrittmotor

d) Muster herstellen

Mit dem EBS-Baustein „4 Umschalter“, mit einer für den Betrieb des Schrittmotors passenden Spannungsquelle und dem mit entsprechenden

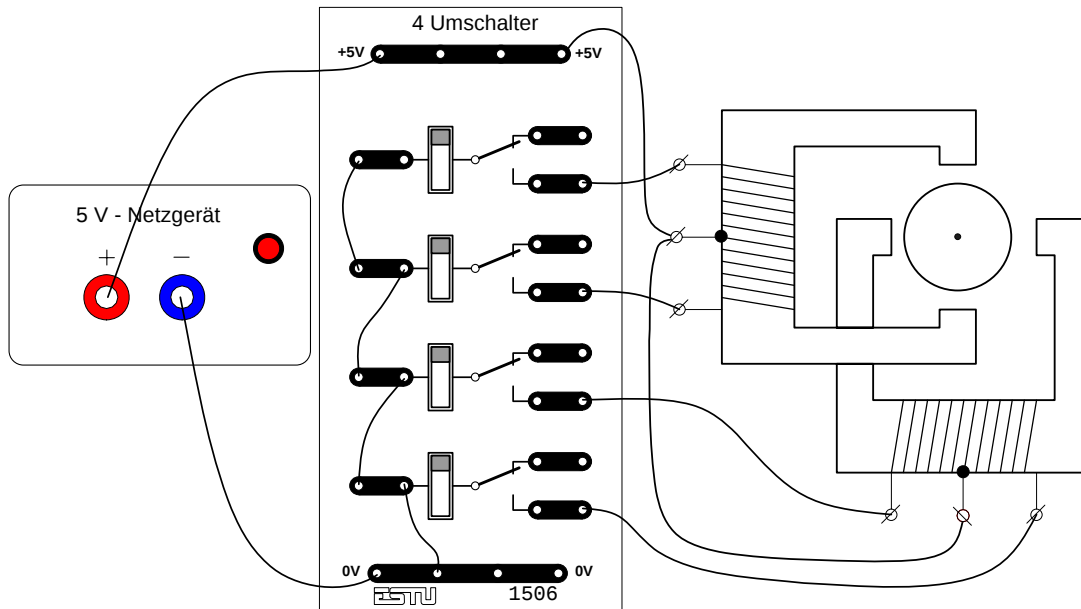


Abb. 2 Verdrahtungsplan

Steckern versehenen Schrittmotor kann von dieser Schaltung ein Muster hergestellt und getestet werden. Der entsprechende Verdrahtungsplan ist oben dargestellt (Abb.2).

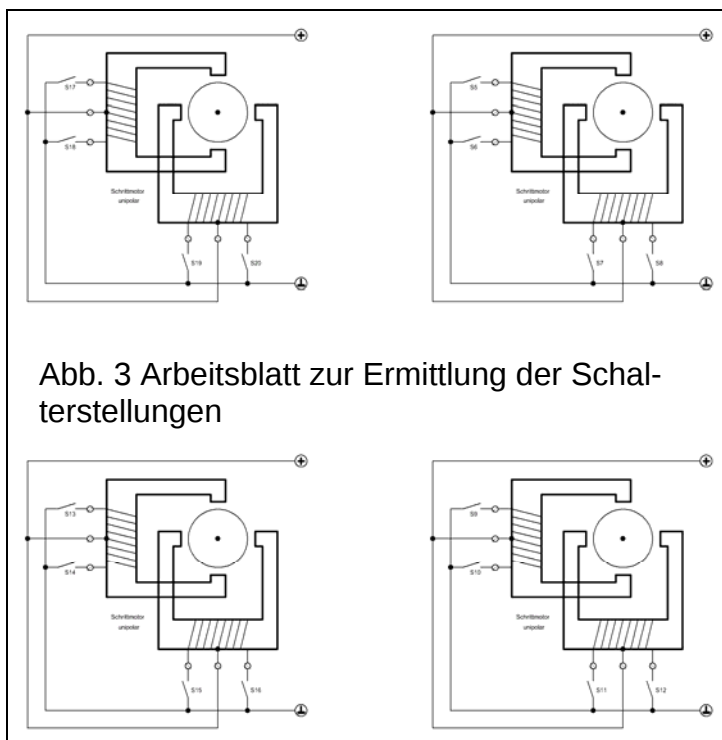


Abb. 3 Arbeitsblatt zur Ermittlung der Schalterstellungen

e) Erproben, Beurteilen und Optimieren

Bei der **Erprobung** der Schaltung werden die Schülerinnen und Schüler auf unterschiedliche Weise vorgehen. Ein Zucken oder Hin- und Herwackeln werden alle bei den ersten Schaltversuchen beobachten. Eine gezielte Bewegung kann man durch *trial and error* oder durch ein systematisches Schalten der Bewegungsablaufphasen erreicht werden. Für diejenigen, die durch *tri-*

al and error die Schaltung erproben wollen, muss man eigentlich nur den Strom einschalten. Wenn die Schülerinnen und Schüler aber systematisch vorgehen wollen, dann brauchen sie auf einem Arbeitsblatt (Abb. 3) die Phasenbilder als mediale Hilfe, um die entsprechenden Schalterstellungen ermitteln können.

Die **Beurteilung** der Erprobung wird sich auf das Ergebnis und den Weg dorthin beziehen. Das intuitive Verfahren könnte in diesem Fall das schnellere sein, weil die Anzahl der Variablen und damit der Varianten nicht sehr hoch ist. Das systematische Verfahren hätte aber den Vorteil, dass der Schrittmotor sich nicht nur im Uhrzeigersinn bewegt sondern die Schülerinnen und Schüler auch wissen warum. Die Beurteilung des Ergebnisses wird auch zweigeteilt sein. Einerseits wird die Umständlichkeit und Mühseligkeit der Ansteuerung des Schrittmotors im Vergleich zum Gleichstrommotor beklagt werden, andererseits erkennen sicher auch einige Schülerinnen und Schüler die Vorteile des Schrittmotorantriebes für die geplante Stoppuhr.

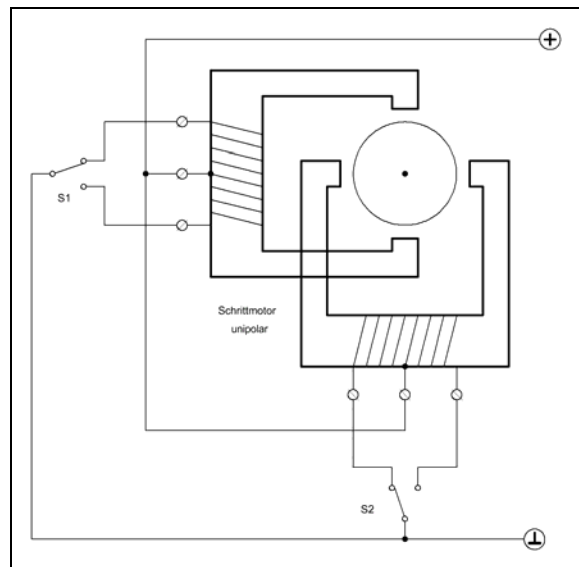
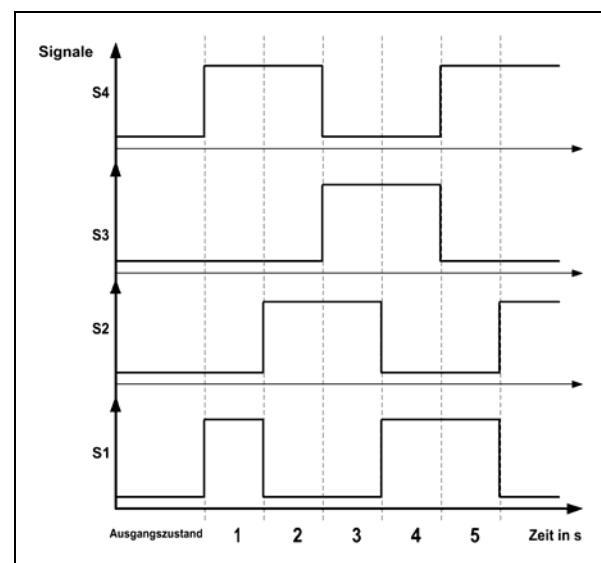


Abb. 4 eingefügte Umschalter S1 und S2

Die **Optimierung** der Schaltung und damit auch der Handhabung liegt in der Reduktion der Schalter. Wenn man stillschweigend oder durch Konkretisierung der Zielvorgabe vom Vollschrittbetrieb des Schrittmotors ausgeht, kann man je zwei Ausschalter (Abb. 4) durch einen Umschalter ersetzen. Dadurch halbiert man nicht nur die Anzahl der Schaltvorgänge, sondern der Betrieb von Hand wird ganz erheblich vereinfacht.

f) Auswerten

Die Zielvorgabe wurde erreicht. Es stehen sogar zwei Schaltungen zur Verfügung, um mit dem Schrittmotor den Sekundenzeiger der Stoppuhr



anzutreiben. Beide Schaltungen sind für die zukünftige Verwendung dokumentiert und kommentiert. Um den Betriebsablauf zu dokumentieren, haben wir den sogenannten *Signal-Zeit-Plan (SZP)* verwendet. In ihm werden über einer Zeitachse die Zustände der Schaltvorrichtungen aufgetragen. In unserem Fall sind das die Zustände der Schalter S1 – S4 (Abb. 5).

2. Schritt: Schrittmotorbetrieb mit Signaltastern und Transistoren

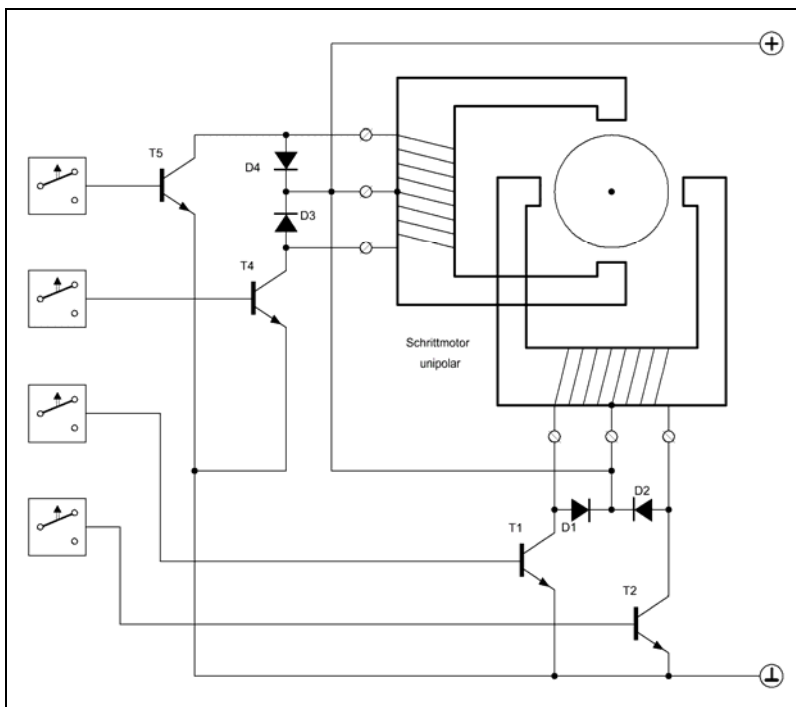


Abb. 6 Schrittmotorbetrieb mit Transistoren und Signaltastern

Um den Schrittmotorbetrieb zu technisieren ist es notwendig, die Handschalter durch elektrische Schalter (Transistoren) zu ersetzen. Für die Erprobung dieser Schaltung werden dann Signaltaster verwendet (Abb. 6 und 7).

An der Umständlichkeit und Mühseligkeit der Handhabung hat sich dadurch natürlich noch nichts verändert, aber es wurde eine Voraussetzung für eine Technisierung/Automatisierung geschaffen.

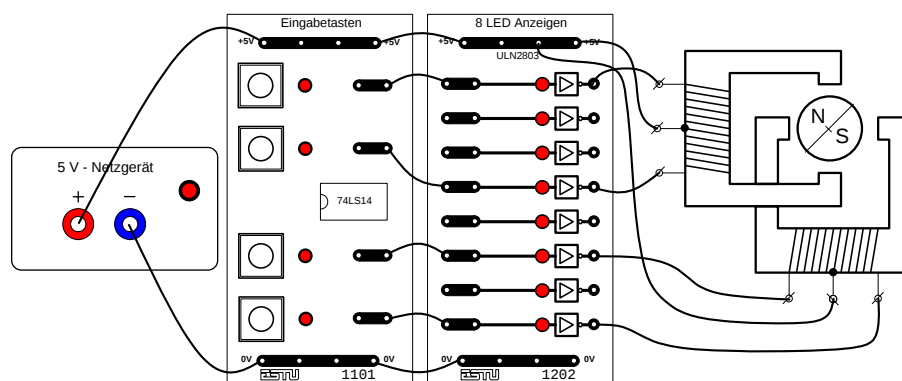


Abb. 7 Schaltung mit EBS aufgebaut

3. Schritt: Schrittmotorbetrieb mit Signaltaster und Flipflops

Wenn man durch einen Speicher erreichen könnte, dass der Zustand der einen Spule solange erhalten bleibt, bis der Zustand der anderen Spule umgeschaltet wurde, dann könnte in dieser Technisierungsstufe/Automatisierungsstufe auch die Handhabung vereinfacht werden (Abb. 8).

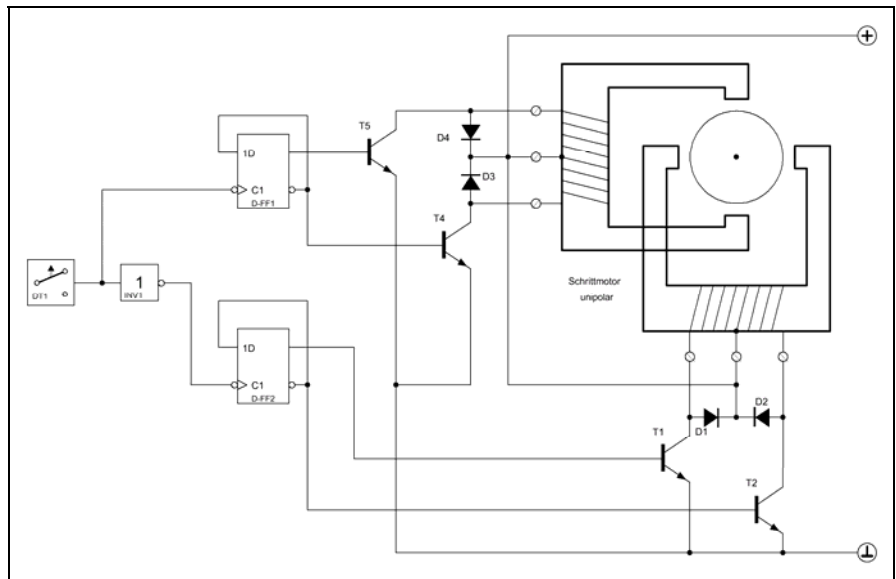


Abb. 8 Schaltung mit Speicher und Inverter

Wenn man darüber hinaus noch den Signalwechsel am Taster in beide

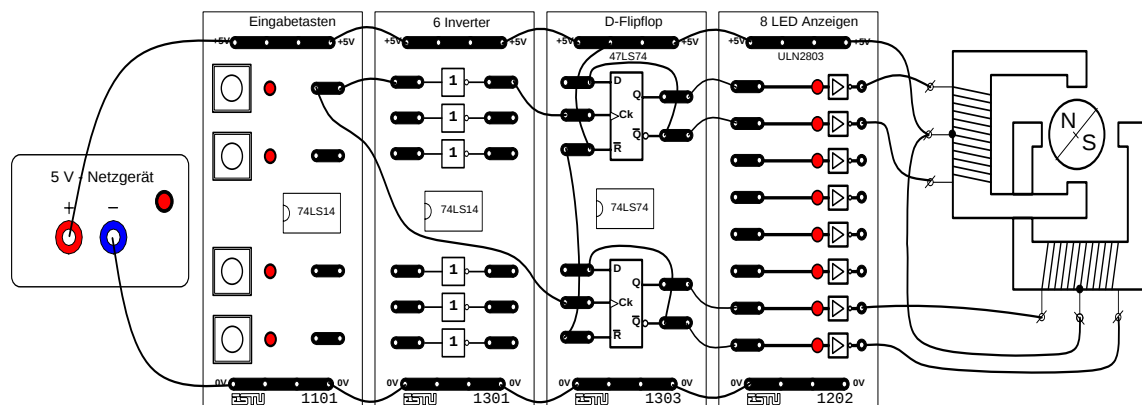


Abb. 9 Schaltungserweiterung durch Flip-Flop und Inverter mit *EBS*

Richtungen für das Umsteuern der Zustände an beiden Zuständen durch einen Inverter nutzen würde, könnte man den Schrittmotor mit einer Taste betreiben (Abb. 9).

4. Schritt: Taktgeber für den Sekudentakt

Für die weitere Technisierung/Automatisierung des Schrittmotorbetriebs wird die Eingabetaste durch einen Taktgeber ersetzt (Abb. 10).

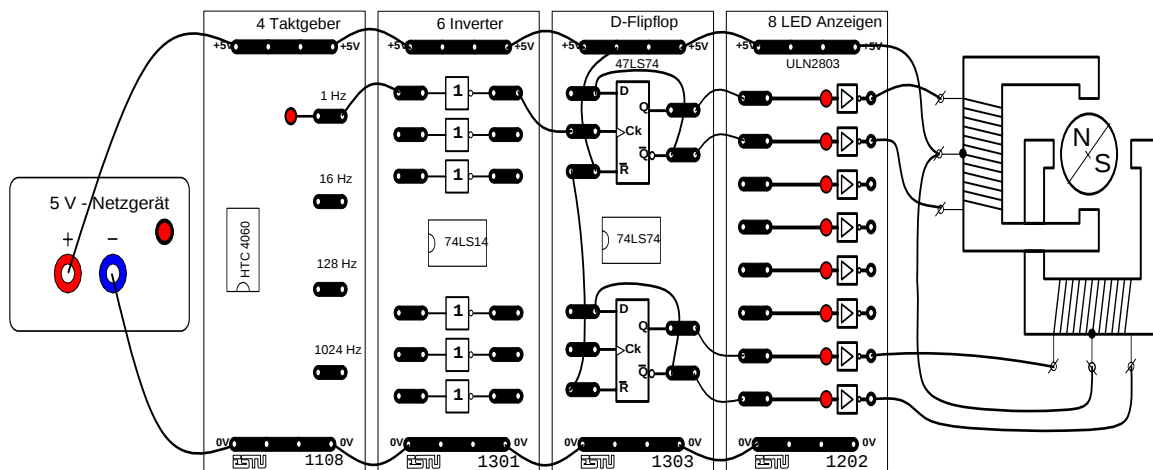


Abb. 10 Einfügung des Taktgebers mit *EBS*

5. Schritt: Start- Stoppbetrieb mit einem Signaltaster

Um den Schrittmotor gezielt vorwärts zu bewegen und dann auch zu stoppen, werden auf einen Tastendruck hin die Signale des Taktgebers zur Schrittmotorsteuerung geleitet oder auch gesperrt. Das nennt man eine Torsteuerung (Abb. 11).

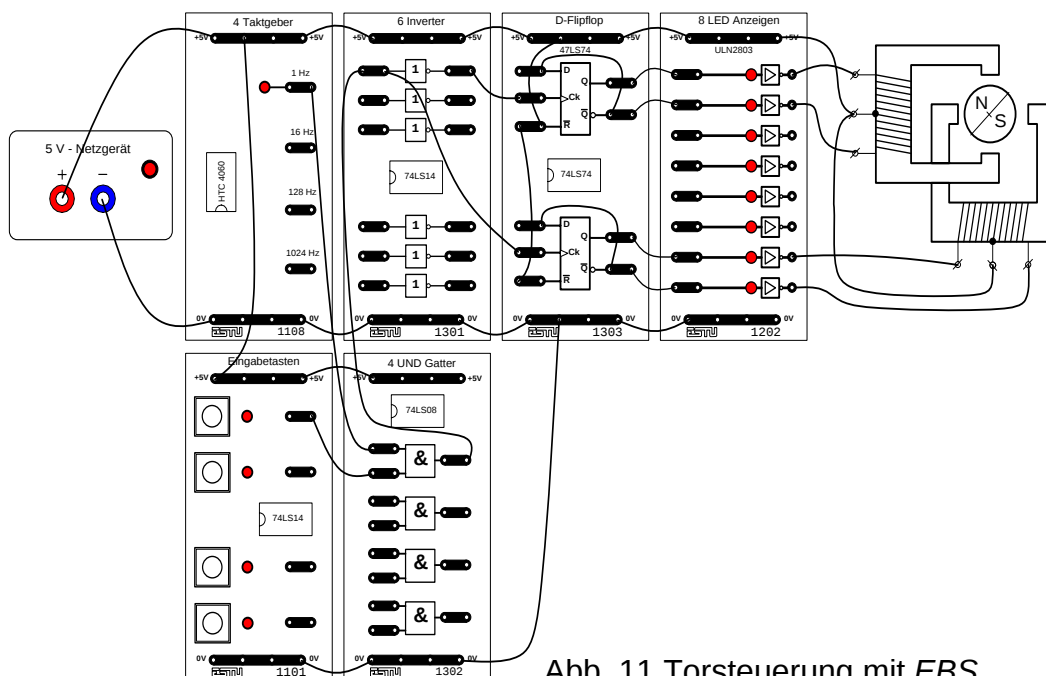


Abb. 11 Torsteuerung mit *EBS*

6. Schritt: Betrieb mit einem Mikrocontroller

Für den Betrieb mit einem Mikrocontroller muss ein Pfostensteckeradapter in die Schaltung integriert werden, auf dem alle ein- und ausgehenden Signale gesammelt werden (Abb. 12).

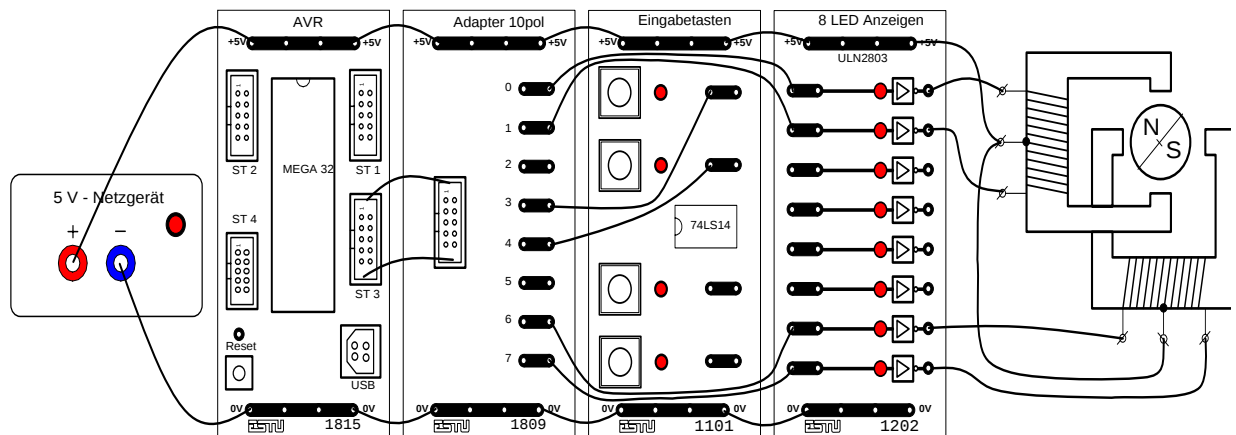


Abb. 12 Einfügen des Pfostenstecker-Adapters mit *EBS*

Anmerkungen

¹Um den Text und den Schaltungsaufwand zu begrenzen, beschränken wir uns hier auf die Verwendung von unipolaren Schrittmotoren.

Literatur

SCHULMINISTERIUM NRW: Lehrplan Technik Gymnasium Sekundarstufe I. Frechen 1993

HENSELER, KURT; HÖPKEN, GERD: Methodik des Technikunterrichts. Bad Heilbrunn 1996

GRAUBE, G.: Zum Verhältnis sozialer und technischer Kommunikation im Produktlebenslauf. DGTB 2009 (zum kostenlosen Download von der Homepage der DGTB)

Sebastian Rikowski

Die Vermittlung technischer Unterrichtsinhalte mit Computer-Animationen

Durch den zunehmenden Einsatz von Computern als Präsentationsmedium eröffnet sich vielerorts auch die Möglichkeit, Animationen im Unterricht einzusetzen. Doch nicht bei allen Unterrichtsinhalten eignet sich der Einsatz von Animationen gleichermaßen.

Es soll in diesem Beitrag die Frage beantwortet werden, welche Unterrichtsinhalte sich gut für die Darstellung mit interaktiven Animationen eignen und welche Inhalte eher mit konventionellen Medien vermittelt werden sollten. Die unterschiedlichen Einsatzbereiche von Animationen sollen dabei anhand zweier Beispiele aufgezeigt werden.

Das folgende Beispiel zeigt eine Animation, die im Moment in der Lehre am Institut für Technik und Ihre Didaktik in Münster eingesetzt wird.

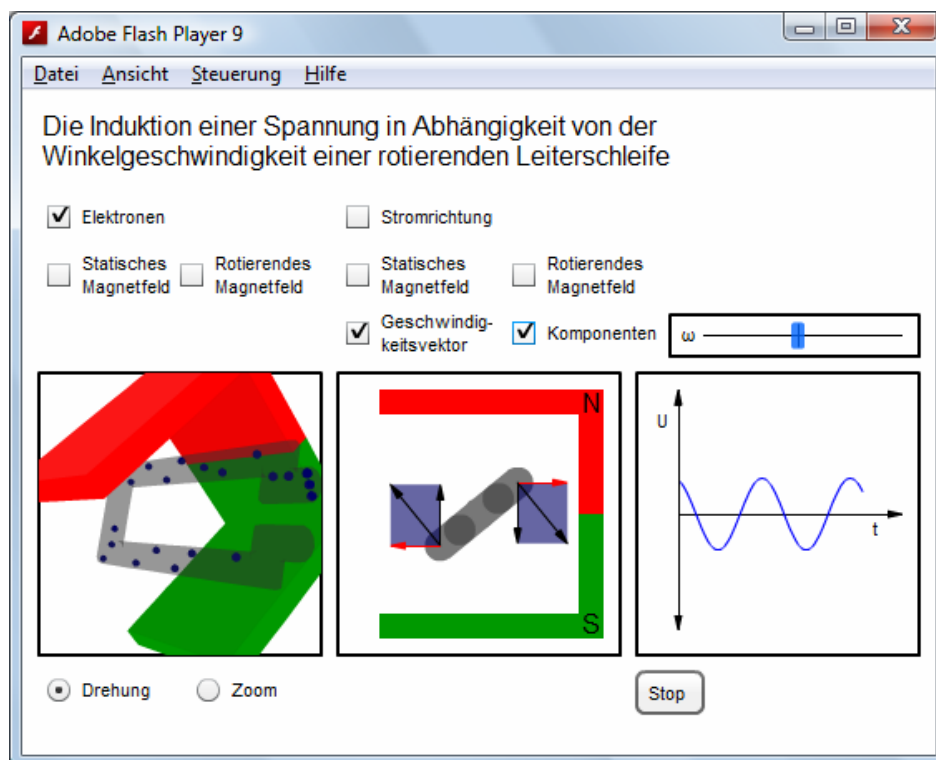


Abb. 1: Animation einer rotierenden Leiterschleife (eigene Darstellung)

Im linken Fenster der Animation sieht man einen dreidimensionalen Hufeisenmagneten, in dessen Inneren sich eine rotierende Leiterschleife befindet. Im mittleren Fenster wird der Hufeisenmagnet in der formalisierten Ansicht dargestellt. Im rechten Fenster befindet sich ein Koordinatensystem, das eine Sinus-Kurve enthält.

Sowohl bei der rotierenden Leiterschleife, als auch bei der Kurve handelt es sich um animierte Elemente, die in Echtzeit aktualisieren werden.

Im Unterricht nähert man sich einem technischen Systemen oft über den Weg der mathematischen Abstraktion. In diesem Beispiel würde man z. B. die Formel der Sinuskurve in Zusammenhang mit der Bewegung der Leiterschleife setzen. Der Vorteil der visuellen Darstellung besteht darin, dass hier zusätzlich zur mathematischen Beschreibung auch ein beobachtbarer Zugang zum Unterrichtsinhalt ermöglicht wird. Es kommt bei der dynamischen Darstellung auch zum Ausdruck, wie die einzelnen Komponenten des Systems zusammenwirken.

Der in der Animation verdeutlichte Zusammenhang wird manchmal auch als statische Abbildung dargestellt. Hier werden, wie in einem Daumenkino, einzelne Zustände der rotierenden Leiterschleife abgebildet und aneinander gereiht.

Die folgende Abbildung zeigt eine solche Darstellung:

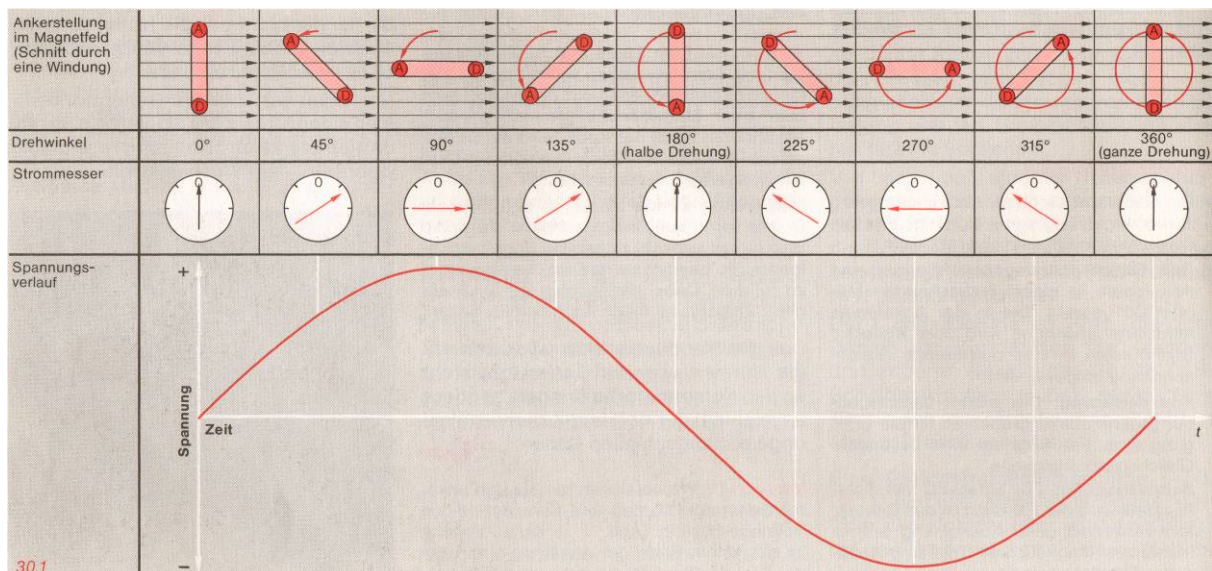


Abb. 2: Bilderreihe mit rotierender Leiterschleife (Quelle: Stiegler 1980)

Obwohl diese Abbildung ebenfalls einen zu beobachtenden Zugang zum technischen System ermöglicht, könnten Lernende aus der Art der Darstellung einen Fehlschluss ziehen. Sie könnten glauben, dass die Höhe der induzierten Spannung allein von der geometrischen Ausrichtung der Leiterschleife anhängig ist. Die Geschwindigkeit der Rotation hat jedoch ebenfalls einen Einfluss. Dies kann die statische Abbildung nicht zum Ausdruck bringen, weil es keine Zeitdimension und auch keine Interaktivität gibt. Zeit und Kausalität kann in einer statischen Abbildung nur indirekt, über eine Transformation, zum Ausdruck gebracht werden. Oft bedient man sich hierfür symbolischer Darstellungsweisen. Die Dimension der Zeit wird oft auch mit einer Raumanalogie erfasst.

Anhand der Gegenüberstellung dieser beiden Medien, Animation und Abbildung, soll ein Merkmal für den nutzbringenden Einsatz von Animationen im Technik-Unterricht aufgezeigt werden. Die rotierende Leiterschleife ist nicht nur als räumliche, sondern auch als zeitliche Struktur zu verstehen. Wenn wir eine zeitliche Struktur durch eine statische Abbildung zu erfassen versuchen, nehmen wir automatisch eine Transformation vor. Wir geben einen zeitlichen Vorgang als räumliches Gebilde wieder. Dies ist beispielsweise auch der Fall, wenn wir in ein Koordinatensystem eine Zeitachse einzeichnen. Eine solche Transformation kann aber zu Missverständnissen führen. Konsequenter wäre es, zeitliche Vorgänge auch mit zeitlichen Medien darzustellen und räumliche Zusammenhänge mit räumlichen Medien, bzw. mit Abbildungen.

Mit dieser Frage hängt es auch zusammen, welche Inhalte als Gegenstände von Animationen infrage kommen. Es sollte sich, allgemein gesprochen, um Gegenstände handeln, die realweltlich erfassbar sind. Der Begriff „realweltlich“ ist so zu verstehen, dass der Unterrichtsgegenstand unter bestimmten Voraussetzungen sinnlich wahrgenommen werden könnte.

Werden in Abbildungen oder Animationen konventionelle Informationen bloß augenfällig dargestellt, können sich auch negative Effekte für das Lernen ergeben. Ein Beispiel für einen solchen Fehler wäre eine 3D-Schrift, wie sie uns oft im Bereich der Werbung begegnet.

Hier wird eine Beobachtbarkeit suggeriert, die in Wirklichkeit gar nicht vorhanden ist. Die Bedeutung eines arbiträren Zeichens erschließt sich nicht durch Beobachtung. Eine realistische Darstellung ist in diesem Fall daher überflüssig. Ein anderes Beispiel für eine Fehlanwendung wäre es, wenn Bewegungen in einer Animation dazu eingesetzt werden, um die Aufmerksamkeit der Betrachter auf bestimmte Elemente zu ziehen.

Es gibt auch Bereiche der Technik, wie z. B. komplexe Systeme, örtlich verteilte Systeme, oder auf Informationen basierende Systeme, bei denen ebenfalls eine direkte Beobachtbarkeit ausgeschlossen ist.

Hier können schematische Darstellungen und sprachlichen Erklärungen bessere Lerneffekte erzielen, weil die Perspektive hier sowieso eine andere ist. Diese Unterrichtsinhalte erfordern nicht genaues Beobachten, sondern sprechen die Schüler in Ihrem Erinnerungs- und Denkvermögen an. Die Schüler sollen dann gewissermaßen in sich selbst „hineinschauen“ und nicht auf die Abbildung bzw. Animation. Eine übertrieben realistische Animation würde diesen Perspektivenwechsel verhindern.

Die folgende Animation soll zeigen, wie sich die oben beschriebenen Anforderungen umsetzen lassen. Ziel der Animation ist es, den Zusammenhang zwischen der Bauweise einer Nockenwelle und der Funktionsweise eines 4-Taktmotors aufzuzeigen. Die Animation verfügt über zwei Abstraktionsebenen. Im linken Fenster ist ein Querschnitt durch einen virtuellen 4-Taktmotor abgebildet. Im rechten Fenster befindet sich ein Steuerdiagramm, über das man den Zündzeitpunkt des 4-Taktmotors ablesen kann.

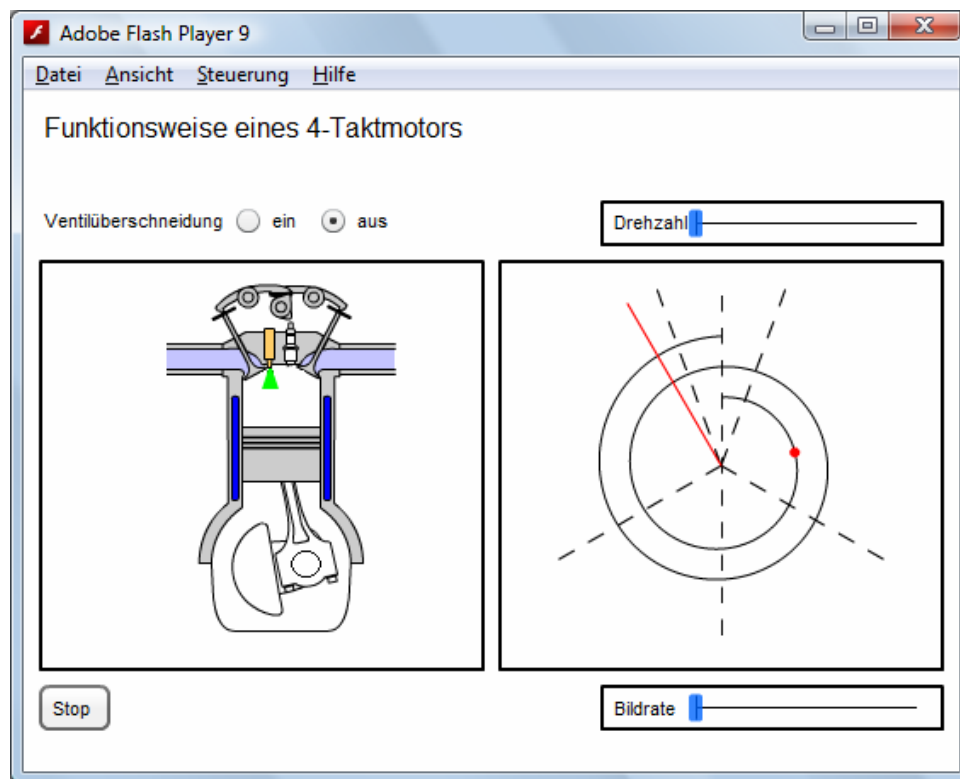


Abb. 3: Animierter Querschnitt durch einen 4-Taktmotor (eigene Darstellung)

Bei dem Kolben und der Nockenwelle handelt es sich, wie auch in der Wirklichkeit, um dynamische Elemente. Bewegung ist hier nicht Mittel der Aufmerksamkeitssteuerung. Durch die Bewegung wird hier ein Unterrichtsinhalt wiedergegeben, der vermittelt werden soll. Wenn dieser Leitgedanke möglichst konsequent eingehalten wird, kann der Unterrichtsinhalt besser erfasst werden, so die These dieses Beitrags.

Im rechten Fenster zeigt ein rotierender roter Punkt den aktuellen Zustand an, in dem sich der 4-Taktmotor im Moment befindet. Dadurch, dass die Bewegungen in beiden Fenstern synchron ablaufen, wird schnell deutlich, dass die bewegten Elemente in einem Zusammenhang stehen.

Wird diese Animation unterrichtsbegleitend eingesetzt, könnten sich die weiteren Inhalte des Unterrichts auf Zusammenhänge (z. B. Wirkungsgrad, Leistung, Umweltaspekte) beziehen, die sich nicht in einem solchen Maß objektivieren lassen.

Literatur

STIEGLER, LEONARD: Physik. Bd. 2. 2. Aufl. Berlin 1980

Thomas Weber

Automatisierungstechnik im Unterricht

Obwohl die Automatisierungstechnik ein wichtiger Bestandteil unseres modernen Lebens ist, findet sie im Technikunterricht kaum Beachtung und fällt in ihrer Beliebtheit bzw. mit ihrem Anteil am Unterricht noch immer weit zurück hinter die weiterhin stark betonte Herstellung von verschiedenen Werkstücken aus Holz, Metall und Kunststoff.

Um die Bedeutung der Automatisierungstechnik zu veranschaulichen und die Möglichkeiten für ihren Einsatz im Technikunterricht zu zeigen, soll im Folgenden zunächst kurz auf ihre geschichtliche Entwicklung eingegangen werden. Anschließend wird ein Blick auf die aktuelle Lage an den Schulen geworfen, um danach an konkreten Unterrichtsbeispielen zu verdeutlichen, wie Automatisierungstechnik im Technikunterricht stattfinden kann.

1. Entstehung und Bedeutung der Automatisierungstechnik

Die ersten Automaten wurden bereits in der Antike verwendet. Während der Mensch im Laufe seiner Entwicklung zunächst nur Werkzeuge benutzte, die ihn bei seiner Arbeit unterstützten, konnte er durch die Erschaffung von Maschinen schon teilweise ersetzt werden. Automaten waren schließlich in der Lage, den Menschen vollständig von seiner Arbeit abzulösen.

Seit der Erfindung der ersten Automaten hat sich an dem grundlegenden Gedanken nichts geändert, dem Menschen die Arbeit zu erleichtern bzw. sie ihm abzunehmen zu wollen. Der Einsatz von Automatisierungstechnik kann bei der Herstellung eines Produktes somit folgende Vorteile ergeben:

- Steigerung der Produktion
- Verbesserung der Fertigungsqualität
- Senkung der Produktions- und Lohnkosten
- Intensivere Nutzung der Energie
- Befreiung des Menschen von körperlich schwerer und eintöniger oder gesundheitsschädlicher Arbeit

In der Regel sind diese positiven Effekte damit verbunden, gleichzeitig eine hohe Anzahl von Arbeitskräften freizusetzen. Zudem ist die Umstellung von menschlicher Hand- oder Maschinenarbeit auf die Automatisierungstechnik

mit einem sehr hohen Kapital- und Energieaufwand verbunden. (vergl. Umwelt Technik 2006, S. 4 f)¹

Einer der ersten bekannten Automaten war der automatische Türöffner von HERON VON ALEXANDRIEN (etwa 62 n. Chr.). Bei diesem System wird durch die Flamme eines Feuers die Luft in einem Behälter erhitzt, die sich ausdehnt und das sich ebenfalls im Behälter befindliche Wasser verdrängt und über ein Röhrensystem in ein Gefäß leitet. Dieses, an Ketten und Seilen hängend, welche wiederum auf den Öffnungsmechanismus der Tempeltüren wirken, senkt sich aufgrund der Gewichtszunahme und öffnet so, wie von Geisterhand bewegt, die Tür des Tempels.

Im Jahr 1728 wurde durch den Franzosen FALCON die Lockartensteuerung für Webstühle zur automatischen Musterbildung erfunden. bei der gelochte Holzbrettchen für die Erzeugung komplizierter Stoffmuster eingesetzt wurden. JOSEPH-MARIE JACQUARD verbesserte 1805 FALCONS Erfindung entscheidend und führte sie zum wirtschaftlichen Erfolg. Durch die automatisierten Webstühle wurden viele Arbeitsplätze vernichtet und es kam zu den Weberaufständen.

Noch stärkeren Einfluss auf die Arbeitswelt hatte die Erfindung der Dampfmaschine, welche im Zusammenhang mit der industriellen Revolution zu sehen ist. 1788 fand erstmals der mechanische Fliehkraftregler seinen Einsatz bei Dampfmaschinen, womit die Dampfzufuhr reguliert und so die Drehzahl fast konstant gehalten werden konnte. Außerdem wurde das Sicherheitsventil als neues Element zum Schutz vor Überdruck angebracht.

Als Ursprung der Steuerung über die Nockenwelle, welche auch heute noch in Maschinen wie z.B. dem PKW vorzufinden ist, kann die Erfindung der Walzenspieldose aus dem Jahr 1796 angesehen werden. Mittels Zungenkamm und Stachelrad konnte dieses Spielwerk Musik abspielen.

Ab dem 19. Jahrhundert wurden die mechanischen Steuerungen durch elektro-mechanische ergänzt. Beim elektromagnetischen Schreibtelegraf von 1833 wurden die Zeichen codiert und seriell übertragen. Dies war u. a. die Grundlage für genormte serielle Schnittstellen, wie bei den heute in Computern eingesetzten Bussystemen. Mit dem Z3-Rechner von KONRAD ZUSE aus dem Jahr 1941, welcher bereits mit binären Gleitkommazahlen arbeitete, begann das Zeitalter der digitalen Revolution.

1947 führte NORBERT WIENER den Begriff *Kybernetik* für den in biologischen und technischen Systemen erkannten *Rückkoppelungsmechanismus* ein. Ein Jahr später war die Geburtsstunde des Transistors, den Grundstein aller heutigen Computer. 1969 stellt RICHARD MORLEY seine *Halbleiter-*

basierende sequentielle Verriegelungslösung vor, den Beginn der speicherprogrammierbaren Steuerung.

Mit der Erfindung des Mikroprozessors in den Jahren 1970/71 begann eine rasche Entwicklung der Computertechnik, die die Möglichkeiten der Automatisierungstechnik extrem erweiterte. Im Jahr 1995 wurde mit dem GPS das erste satellitengestützte Ortungssystem in Betrieb genommen. Neben seiner weit verbreiteten Anwendung für Navigationssysteme wird es unter anderem auch zur automatischen Lenkung von Landmaschinen genutzt. (vgl. Wikipedia)²

2. Automatisierungstechnik an den Schulen

Im Jahr 2008 hat MICHAEL RADERMACHER eine deutschlandweite Umfrage durchgeführt, bei der Lehrerinnen und Lehrer angeben sollten, welche Themen von ihnen im Technikunterricht behandelt werden. Die ersten drei Plätze sind belegt durch die Herstellung von Werkstücken aus Holz, Metall und Kunststoff. Auf den weiteren Plätzen folgen das technische Zeichnen sowie verschiedene Bereiche der Elektronik/Elektrotechnik. Die Automatisierungstechnik findet erst an zwölfter Stelle unter *Steuerung und Regelung unspezifisch* Beachtung. (RADERMACHER 2008, S. 27)³

Über die Gründe für diese scheinbare Unbeliebtheit kann an dieser Stelle nur spekuliert werden. Denkbar ist, dass sich die Lehrerinnen und Lehrer nicht mit dem Thema auseinandersetzen, da sie selber keine genaue Vorstellung haben, was zur Automatisierungstechnik gehört. Daher soll hier eine kurze Definition gegeben werden:

„Unter Automatisierungstechnik versteht man nach DIN 19233 das Einsetzen technischer Mittel, um einen Vorgang selbstständig ablaufen zu lassen. Einen großen Anteil an der Automatisierungstechnik eines Prozesses nimmt die Steuerungs- und Regelungstechnik ein. Produktionsprozesse werden hierbei so konzipiert, dass mechanische, elektrische, pneumatische oder hydraulische Einheiten selbstständig – häufig mit Hilfe von Computern – arbeiten können.“^{4/} (Fachkunde Mechatronik 2008, S. 385)

Grundlegende Begriffe der Automatisierungstechnik sind Messen, Steuern und Regeln. Mit Hilfe von verschiedenen Messgeräten können neben den physikalischen Basisgrößen Länge, Masse, Zeit, Stromstärke, Lichtstärke und Temperatur auch abgeleitete Größen wie zum Beispiel Kraft, Druck oder Geschwindigkeit gemessen werden.

- *„Das Steuern ist nach DIN 19226 ein Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Eingangsgrößen die Ausgangsgrößen auf-*

grund der Systemgesetzmäßigkeiten beeinflussen. (...) Abweichungen der Ausgangsgrößen vom Sollwert werden nicht erfasst und können somit nicht korrigiert werden.“⁵

- *„Die Regelung ist nach DIN 19266 ein Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe – die Regelgröße – erfasst, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird.*
- *Kennzeichen für das Regeln ist der geschlossene Wirkungsablauf, bei dem die Regelgröße im Wirkungsweg des Regelkreises sich selbst fortlaufend beeinflusst.“⁶ (a.a.O., S. 88)*

3. Automatisierungstechnik in den Handlungsfeldern

Ein weiterer Grund für die seltene Beachtung an den Schulen könnte in der Unsicherheit liegen, wo die Automatisierungstechnik im Lehrplan zu verorten ist. Zurzeit findet im Fach Technik noch eine Unterteilung in sechs Handlungsfelder statt, welche alle die Möglichkeit bieten, den Bereich Automatisierungstechnik in den Unterricht zu integrieren. Ausgehend von typischen Unterrichtsbeispielen und Gegenständen zur Automatisierungstechnik, soll an dieser Stelle eine mögliche Zuordnung zu den Handlungsfeldern vorgenommen werden.

Die Wasserstandsregelung in einem Spülkasten ist ein sehr anschauliches und leicht nachvollziehbares Unterrichtsbeispiel für eine *mechanische Regelung*. Diese kann sowohl in den Handlungsfeldern *Bauen und Wohnen, Versorgen und Entsorgen* als auch im Handlungsfeld *Haushalt und Freizeit* erarbeitet werden. Das gleiche gilt für die Regulierung des Warmwassers in einem Boiler im privaten Haushalt.

Die Steuerung einer Ampel, sei es mechanisch über eine Nockenwelle oder elektronisch über einen Computer, lässt sich sowohl dem Handlungsfeld *Transport und Verkehr*, als auch dem Handlungsfeld *Information und Kommunikation* zuordnen.

Der Aufbau, die Funktion und die Steuerung einer programmierbaren CNC-Drehmaschine kann in einem der beiden Handlungsfelder *Arbeit und Produktion* bzw. *Information und Kommunikation* erarbeitet werden.

Diese Beispiele zeigen exemplarisch, dass die Automatisierungstechnik problemlos in jedem Handlungsfeld Teil des Unterrichtes sein kann. Diese Beispiele verdeutlichen aber zugleich auch genau die Probleme, die die aktuelle Einteilung in diese bestehenden sechs Handlungsfelder hervorbringt.

Die Denk- und Handlungsweisen sind in den Handlungsfeldern nahezu identisch. Die Handlungsfelder sind nicht genau definiert und weisen keine klare Abgrenzung untereinander auf. Daher können sie nahezu beliebig mit Inhalten gefüllt oder um weitere Handlungsfelder ergänzt werden.

Somit besteht die Notwendigkeit, die Handlungs- bzw. Lernfelder über spezifische Denk- und Handlungsweisen genau zu definieren. Zudem sollten zu den Handlungsfeldern beispielhafte Unterrichtsziele und Inhalte genannt werden, an denen diese Denk- und Handlungsweisen erarbeitet werden können.

Bei einer Überarbeitung der Handlungsfelder könnte die Automatisierungstechnik als eigenständiges Handlungsfeld betrachtet werden. Dazu müsste es ebenfalls noch genau definiert werden.

4. Automatisierungstechnik im Technikunterricht

Da in nahezu sämtlichen modernen Geräten entweder mechanische oder elektronische Steuerungs- bzw. Regelungsprozesse stattfinden, gibt es eine große Anzahl von möglichen Unterrichtsgegenständen für die Automatisierungstechnik. Viele davon können aus dem direkten Umfeld der Schülerinnen und Schüler gewählt werden, um einen Bezug zu deren Alltag herzustellen: Toaster, Ofen, Gangschaltung am Fahrrad, Bügeleisen, Spülkasten einer Toilette, Kühlschrank, Warmwasserboiler etc. Exemplarisch sollen zwei Beispiele kurz näher betrachtet werden.

4.1 Beispiel Ampelsteuerung

Die Ampelsteuerung, welche auch in den Richtlinien für den Technikunterricht an den Hauptschulen aufgelistet wird, bietet eine Möglichkeit für den Einstieg in die Automatisierungstechnik.

Zunächst einmal kommt sie aus dem direkten Umfeld der Schülerinnen und Schüler. Interessanterweise stellt sich immer wieder heraus, dass die Ampelphasen nicht allen bekannt sind. Die Phase Rot-Gelb (gleichzeitig) wird von einigen nicht bewusst wahrgenommen, bietet somit also Gelegenheit, die Schülerinnen und Schüler zur genauen Beobachtung anzuleiten.

Eine erste mechanische Lösung ist die klassische Steuerung über eine Walze. Ohne diese bekannte *Dosenampel*, welche noch immer als Bausatz erhältlich ist, bewerten zu wollen, sollte sie bei der Betrachtung einer Ampelsteuerung auf jeden Fall berücksichtigt werden. Nicht nur, weil sie eben noch immer ihren Einsatz im Technikunterricht findet, sondern gerade des-

halb, da sie in der Regel als reine Werkaufgabe durchgeführt wird, ohne sie explizit als ein Beispiel einer Steuerung zu betrachten.

Als Ausgangspunkt bietet sie die Möglichkeit, die Schülerinnen und Schüler selbstständig erarbeiten zu lassen, welche Ampelphasen es gibt, wie die Länge einer einzelnen Ampelphase sowie des gesamten Zyklus bestimmt bzw. gesteuert werden können.

In einem weiteren Schritt könnte die Steuerung per Hand durch einen Motor ersetzt werden, welcher mittels eines Getriebes die Dose antreibt. Dabei steht es wieder frei, ob die Umdrehungsgeschwindigkeit und somit die Länge der Phasen entweder durch eine Getriebe, oder eine angepasste Spannungsversorgung des Motors gesteuert wird.

Ausgehend von der Walze, kann auch ein Transfer stattfinden, die Steuerung über eine Scheibe, z.B. eine geätzte Platine, oder eine Nockenwelle im Zusammenspiel mit Kontaktschaltern vorzunehmen, welche beide selber entwickelt und hergestellt werden müssten.

Wird die Ampelsteuerung im Rahmen der Elektrotechnik zum Unterrichtsgegenstand, kann sie mit Hilfe von ICs und LEDs auch komplett ohne Mechanik hergestellt werden. Dazu werden neben einem Taktgeber noch ein Zähler sowie die logischen Funktionen benötigt. Genauere Informationen hierzu befinden sich in den Rahmenrichtlinien Technik für die Hauptschule. (KM NRW 1989)

Mit Hilfe eines Interfaces kann die Steuerung einer mit LEDs bestückten Platine auch über ein Computerprogramm erfolgen. Als Beispiel seien hier die Interfaces von *Fischertechnik* und *C-Control* erwähnt. Denkbar ist aber auch eine rein softwaretechnische Lösung, bei der die Ampelphasen direkt auf dem Monitor angezeigt werden.

Je nach Wunsch kann die Ampelsteuerung in ihrer Komplexität ständig erweitert werden. Aus einer einfachen Ampel kann man die Steuerung von mehreren Ampeln für PKW und Fußgängern an einer Kreuzung entwickeln. Zudem können die Fußgängerampeln mit Tastern ausgestattet werden, die Autos könnten Kontaktschalter betätigen.

Die Ampelsteuerung ist somit ein typisches Beispiel für die realisierungsnutralen Lösungsmöglichkeiten in der Automatisierungstechnik. Während die gewünschte Länge der einzelnen Ampelphasen vorgegeben wird, ist die Möglichkeit der Lösung, z.B. elektro-mechanisch, elektronisch oder mit Hilfe eines Computers, frei wählbar.

4.2 Beispiel Zweipunktregler

Zweipunktregler finden in sehr vielen Geräten ihre Anwendung. Beim Bügeleisen oder einer Heizung dienen sie zur Regelung der Temperatur, bei dem Spülkasten einer Toilette regelt er den Wasserzulauf.

Ein weiteres bekanntes Unterrichtsbeispiel ist der sogenannte *Thermolüfter*, bei dem ein Bimetall bei zu starker Hitze einen Stromkreis schließt, um einen Ventilator einzuschalten. Auch dieses Werkstück wird oftmals nur als Möglichkeit betrachtet, den Umgang mit Holz und Metall zu üben sowie einen Stromkreis zu erstellen, anstatt ihn als typisches und elementares Beispiel für einen Zweipunktregler im Unterricht zu behandeln.

Zweipunktregler sind in der Regel leicht verständlich und daher auch für den Technikunterricht gut geeignet. Wie der Name schon sagt, gibt es bei ihnen nur zwei Zustände. Je nach technischem Gerät bedeutet dies also z.B. Strom an/Strom aus bzw. Ventil geöffnet/Ventil geschlossen.

Mit Hilfe von Ablaufplänen in Form von *Struktogrammen* und *Flussdiagrammen* können die Schülerinnen und Schüler lernen, strukturiert vorzugehen. Entweder, um eine vorgegebene technische Lösung zu analysieren und ihr Verhalten graphisch darzustellen oder, um nach einem (vorgegebenen) Ablaufplan eine Steuerung bzw. Regelung als praktisches Werkstück selber anzufertigen.

4.3 Weitere Unterrichtsbeispiele:

Im Bereich der Elektronik kann durch einen einfachen Aufbau eines *Spannungsteilers mit einer Transistorverstärkung* die Grundsaltung für verschiedene Zweipunktregler hergestellt werden. Je nachdem, ob im Spannungsteiler ein *Thermistor* oder ein *Fotowiderstand* eingesetzt wird, lässt sich in Abhängigkeit von der Temperatur oder Helligkeit ein beliebiger Aktor steuern. Folgende Anwendungen sind dabei möglich:

- Ab einer vorgegebenen Dunkelheit soll eine Lampe eingeschaltet werden:
 - o Schaltung mit LDR und Glühlampe
- Bei Unterschreitung einer bestimmten Temperatur soll eine Heizung eingeschaltet werden:
 - o Thermistor und Heizwiderstand
- Bei Überschreitung einer Temperatur soll ein Ventilator aktiviert werden:

o Thermistor und Motor

Weitere Beispiele zur Automatisierungstechnik in Verbindung mit der Elektrotechnik sind:

- Automatisches Fahrradstandlicht
- Zeitschalter für eine Beleuchtungsanlage
- Wasserstandmelder

Die LEGO®-RCX und die neueren LEGO®-NXT Systeme bieten mit ihren Sensoren und Aktoren ebenfalls eine ganze Reihe von Möglichkeiten, Steuerungs- und Regelungstechnik handlungsorientiert durchzuführen.

Als Beispiel für einen mechanischen Unterrichtsgegenstand sei noch einmal der Spülkasten einer Toilette erwähnt, dessen prinzipielle Funktionsweise einer Wasser-/Füllstandsregulierung auch leicht nachgebaut werden kann.

4.4 Mögliche Zielformulierungen

Die eben genannten Beispiele sollen Anregungen dazu geben, sich mit der Automatisierungstechnik weiter auseinander zu setzen. Abschließend soll eine kurze Übersicht über mögliche Qualifikationen gegeben werden, welche von den Schülerinnen und Schülern zu erreichen sind:

- *„Schaltungen, Steuerungen, Regelungen auch als Funktionsmodelle entwerfen, aufbauen, verdrahten, überprüfen, optimieren.*
- *Prozesse als Steuerungen/Regelungen erkennen und voneinander unterscheiden.*
- *Signalflusspläne erstellen und deren Funktionselemente Steuerungen/Regelungen zuordnen. (KM NRW 1989, S. 100)“⁷*
- *Fachbegriffe wie z.B. Führungsgröße, Stellgröße, Störgröße, Steuerstrecke erwerben und sachgerecht einsetzen.*
- *Schematische Darstellung von Steuerkette und Regelkreis aufzeichnen.*
- *Funktionsweise eines Zweipunktreglers erklären.*
- *Eine Programmiersprache/Computer anwenden, um vorgegebene Roboter/Maschinen zu steuern.*

- *Geräte aus ihrer Lebenswelt nennen, in denen Steuerungs- bzw. Regelungsprozesse stattfinden.*
- *Die Bedeutung der Automatisierungstechnik für die Entwicklung der Gesellschaft und unser heutiges Leben verdeutlichen.*

Literatur

DER KULTUSMINISTER DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN: Richtlinien Technik Lernbereich Arbeitslehre. Düsseldorf 1989

FACHKUNDE MECHATRONIK. Haan-Gruiten 2008

RADERMACHER, MICHAEL: Inhalte allgemeinbildenden Technologieunterrichts. Hamburg 2008

UMWELT: TECHNIK THEMENHEFT: Automatisierung – Prozesse steuern und regeln. Stuttgart 2006

Link

<http://de.wikipedia.org/wiki/Automatisierungstechnik>

Katharina Dutz, Reinhard Meiners, Gert Reich

Die Integration der Technikbewertung in den Technikunterricht

1. Grundlegende Gedanken zur Technikbewertung

„Die Bewertung von Technik gehört nach allgemeiner und – soweit erkennbar – nirgendwo ernsthaft bestrittener Meinung zu den zentralen und unabweisbaren Aufgaben eines allgemeinbildend verstandenen Technikunterrichts. Es gibt auch nach unserer Kenntnis keine Beispiele für Lehrpläne aus neuerer Zeit, in denen dieses nicht ausdrücklich eingefordert würde.“(TRAEBERT 1991, S. 5)

Diese Bestandsaufnahme von W. E. TRAEBERT aus dem Jahr 1991 hat auch heute noch ihre Geltung. Er führt dann weiter aus, dass *„Bewertung von Technik im konkreten Unterricht oft schlicht unterbleibt“* oder unstrukturiert und unvermittelt an konkrete Themen angehängt wird.

Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung sind auch heute noch in besonderer Weise Bestandteile einschlägiger Rahmenrichtlinien zum Technikunterricht in den einzelnen Bundesländern. Da laut Programm die Tagung der DGTB in Potsdam mit den Inhalten zeitgemäßen Technikunterrichts beschäftigt und in dem Teilbereich Innovation, Erweiterung in der „Unterrichtspraxis selten anzutreffender Inhaltsbereiche wie z. B. Technikgebrauch, Technikbewertung“ thematisiert werden sollen, wollen sich die Autoren mit den Grundlagen, der Notwendigkeit und der Praxis der Technikbewertung im Technikunterricht an Haupt- und Realschulen beschäftigen. Die geplante Schwerpunktregelung für die Klassen 9 und 10 an Realschulen in Niedersachsen soll ebenfalls thematisiert werden.

Vorab einige grundlegende Bemerkungen zur Entwicklung und zum Verständnis von Technik und Technikbewertung in der heutigen Zeit und einige Bemerkungen zum Begriff Bewerten.

Die Menschheitsgeschichte ist wesentlich mit der Technikgeschichte und im weiteren Verlauf auch mit der Wissenschafts- und Naturwissenschaftsgeschichte verbunden. Die Aneignung und die Erkenntnis der Natur durch den Menschen - vermittelt durch die Organisation der Arbeit und durch Technik und Wissenschaft - bestimmen den Grad und die Richtung der gesellschaftlichen Entwicklung.

Nachdem Technik und Naturwissenschaften bis zum 16. Jahrhundert – abgesehen von eher zufälligen Verbindungen – sich relativ unabhängig

voneinander entwickelten, formulierte FRANCIS BACON im ersten Drittel des 17. Jahrhunderts sein Programm einer neuen Konzeption von Technik und Wissenschaft: Die Erkenntnis der Gesetze der Natur und ihre Anwendung durch Eingriffe in die Natur sollen den Menschen eine neue Form der Naturbeherrschung ermöglichen und dadurch gesellschaftlichen Wohlstand und Fortschritt für die Menschen bewirken.

Aufklärung, Säkularisierung sowie eine auf kapitalistischer Produktionsweise basierende Industrialisierung bilden seit dem 17. Jahrhundert die Grundlage für eine ständig enger werdende Verzahnung von Technik und den Naturwissenschaften. Die Erfolge in diesem Bereich förderten wiederum den Fortschritt in der Industrialisierung und in der kapitalistischen Produktion. Die Funktionalisierung von Technik und den Naturwissenschaften entwickelte sich zu einem wichtigen Moment einer auf Wachstum und Profit ausgerichteten Ökonomie - ohne auf die Nebenwirkungen und Folgen zu achten. Die gesellschaftliche Entwicklung als einen Prozess zu betrachten, der – trotz der großen Krisen und Katastrophen der letzten 200 Jahre – im Wesentlichen von ständigem Fortschritt und Wachstum geprägt ist, erwies sich als der ‚ideologische Schachzug‘ von Politik und Wirtschaft, um lange Zeit von ökonomischen, ökologischen und politischen Fehlentwicklungen abzulenken.

Heute bestimmen Technik, Naturwissenschaften und eine an quantitativem Wachstum orientierte Wirtschaft zunehmend unser Leben, unser Handeln und unser Denken und verändern dadurch in einem von FRANCIS BACON nicht vorhersehbaren Ausmaß die Menschen, die natürliche Umwelt und die Funktion des Menschen als Teil der Natur.

Der rasante Fortschritt in Technik und den Naturwissenschaften und die damit verbundene zunehmende Komplexität und Unübersichtlichkeit sowie eine mediale, ideologisch eingefärbte, Verdummungs- und Ablenkungsindustrie machen es schwierig, die Dynamik, die Konsequenzen und möglichen Folgen der Technik- und Naturwissenschaftsentwicklung einschätzen und bewerten zu können. Technikethik und Technikbewertung müssen untersuchen, nach welchen Gesetzen dieser eigendynamische und zunächst Kritik ausschließende selbstreferentielle Prozess verläuft, wohin er uns schon geführt hat und von welchen Punkten aus und unter welchen Voraussetzungen eine Bewertung und ein Umdenken möglich sein können.

Die mit den materiellen Erfolgen von Technik und den Naturwissenschaften verbundene Fortschrittsgläubigkeit und Fortschrittseuphorie wurde erstmals durch die Erfahrungen des Ersten Weltkrieges und durch den Abwurf der

Atombomben am Ende des Zweiten Weltkrieges grundlegend erschüttert, verlor sich aber im Wiederaufbau und im Wirtschaftswachstum in den zwei Jahrzehnten nach dem 2. Weltkrieg.

Seit Anfang der 1970er Jahre, nachdem der Bericht des CLUB OF ROME auf die Grenzen der Belastbarkeit unseres Ökosystems aufmerksam gemacht hatte, kann man von einer gewissen politischen und ökonomischen, wissenschaftlich ausgerichteten Institutionalisierung von Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung sprechen. Die Bewertung von Technik und Wissenschaft kann und darf aber nicht nur den Experten aus Politik, Ökonomie und Fachwissenschaften überlassen werden, sondern sie geht, aufgrund ihrer Wichtigkeit für alle Bereiche der gesellschaftlichen Entwicklung, alle Menschen an. Unabhängig vom Alter und von der beruflichen Bildung bestimmt die technische Entwicklung immer stärker nahezu alle Lebensbereiche der Menschen. Ein selbstbestimmter und kritischer Umgang mit Technik ist nicht nur Grundlage für nachhaltige Innovationen und deren verantwortungsbewussten Nutzung, sondern auch Voraussetzung für eine informierte Teilnahme an gesellschaftlichen und politischen Prozessen. Insofern ist Technikbewertung ein Moment einer selbstbewussten politischen Mündigkeit und Urteilsfähigkeit und muss schon deswegen auch Aufgabe des Technikunterrichts in den allgemeinbildenden Schulen sein.

Wenn die obige Diagnose stimmt, dann muss den Schülern die Fähigkeit zu einer Bewertung besonders der technischen und naturwissenschaftlichen Entwicklung in den allgemeinbildenden Schulen vermittelt werden, da der sich ständig beschleunigende technologische Wandel mit seinem Einfluss auf Natur, Umwelt, Gesellschaft und Lebensqualität die gesamte Erfahrungswelt der Menschen bestimmt. Es müssen nicht nur technische Geräte, Prozesse und Systeme in Hinblick auf ihre Funktionalität analysiert werden, sondern auch ansatzweise die politischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Zusammenhänge, die den Kurs der technischen und gesellschaftlichen Entwicklung wesentlich bestimmen, um so überhaupt erst die Möglichkeit zu haben, eine Bewertung vornehmen zu können und sich nicht vollständig dem Automatismus einer sich selbst steuernden technischen Entwicklung unterwerfen zu müssen.

Ein Blick in diverse Kerncurricula verdeutlicht, dass der Begriff Bewerten weder von seinen Voraussetzungen noch von seiner Funktion ausreichend reflektiert wird. Ähnliches gilt für die Begriffe Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung. Sie werden in der Diskussion sowohl synonym als auch unterschiedlich verwendet. Im Rahmen einer Theorie der Technikentwicklung handelt es sich bei Technikfolgenabschätzung

ebenfalls um eine Bewertung, erweitert lediglich um die Dimension einer zukünftigen Entwicklung. Gesicherte Aussagen über zukünftige langfristige Entwicklungen zu treffen erweist sich aber als noch schwieriger, als Aussagen über vergangene und gegenwärtige Entwicklungen zu machen.

Die Begriffe Wert und Bewerten gehören zu den schwierigen und problematischen in der Philosophiegeschichte. Bewerten ist – vereinfacht ausgedrückt – eine besondere Form des Erkennens bzw. des Urteilens, und zwar, indem wir auf der Basis bestimmter gegebener Informationen aus zunächst subjektiver Sicht mit dem Anspruch auf Richtigkeit objektive Aussagen über eine Sache oder einen Sachverhalt – z.B. über das Wesen oder die Entwicklung von Technik - machen. Insofern bewerten wir auch im Alltag ständig, ohne uns bei jeder Bewertung die erkenntnistheoretischen Voraussetzungen bewusst zu machen. Aus eigener Erfahrung wissen wir, dass sich in der öffentlichen Diskussion über Politik, Ökonomie, Technik und Kultur die Positionen und Argumentationen oft unvermittelt und unvermittelbar gegenüberstehen. Eine Entscheidung für die eine oder die andere Position scheint in gewisser Weise beliebig zu sein. Unmut, Unverständnis und Politikverdrossenheit stellen sich als notwendiges Ergebnis unzulänglicher Aufklärung und Argumentationstransparenz ein.

Sieht man einmal von der Stimmigkeit der Sachverhalte und den jeweiligen partikularen Interessen der Argumentierenden ab, erkennt man, dass der Maßstab oder die Norm, die die nicht mehr hinterfragte Grundlage für die jeweiligen Bewertungen sind, nicht thematisiert, sondern stillschweigend vorausgesetzt werden. Die normativen Voraussetzungen bewusst zu machen und zu thematisieren und auf dieser Basis dann die unterschiedlichen Bewertungen noch einmal zu diskutieren, nimmt den Bewertungen etwas von ihrer Beliebigkeit und führt gleichzeitig zu mehr Transparenz in der Diskussion. Erkenntnistheoretisch vorausgesetzt wird dabei, dass auch das Offenlegen der normativen Grundlagen, ob in der öffentlichen Diskussion, im Wissenschaftsdiskurs oder im Unterricht, die Unterschiede in der Bewertung nicht aufhebt. Unsere Wirklichkeit ist so strukturiert, dass es keine objektiv wahren Bewertungen und Lösungen geben kann. Der Prozess, offengelegte, konkurrierende normative Standpunkte auch offen zu diskutieren, ermöglicht es aber eher, eingeschlagene Wege in der Technik grundlegend zu überdenken und neu zu bewerten. Bewertung ist deswegen prinzipiell nie abgeschlossen. Auch dieser relative Charakter jeder Bewertung muss den Schülern im Technikunterricht vermittelt werden.

Die in der Philosophie und in den Sozialwissenschaften schon lange geführte Diskussion über Werte und Normen kann nicht einfach in die

Technikbewertung übernommen werden, sondern muss – den Besonderheiten der Technik Rechnung tragend – aus der konkreten Situation der Technik selbst entwickelt werden. So ist z.B. Technik als problemlösendes Verfahren strukturell auf die Wahl der Mittel ausgerichtet, was eine Diskussion über den ethischen Stellenwert möglicher Ziele oder Zwecke, die dann wieder unschwellig normativ bestimmt sind, besonders schwierig macht. Anders ausgedrückt: Technisches Denken und das an möglichen Zielen und Zwecken ausgerichtete bewertende Denken unterscheiden sich strukturell. Letzteres ist mit Bezug auf das „*Verhältnis von Mitteln zu Zwecken [...] nicht einsinnig linear, sondern dialektisch zirkulär.*“ (JONAS 1985, S. 19) Dies ist vielleicht auch der Grund, warum Technikbewertung im Unterricht immer wieder gefordert, aber selten adäquat umgesetzt wird.

Hinzu kommt, dass die sich ständig weiter ausdifferenzierende und vernetzende Gesellschaft diese Problematik der Bewertung erschwert, da sowohl einzelne Teilsysteme wie Technik und die Naturwissenschaften als auch die Beziehung der Teilsysteme untereinander und auch das Gesamtsystem Gesellschaft immer schwieriger in den Grundstrukturen zu erkennen sind.

Neben der Notwendigkeit sehen wir auch konkrete Möglichkeiten, Technikbewertung in den verschiedenen Jahrgangsstufen des Technikunterrichts der allgemeinbildenden Schulen adäquat umsetzen zu können. Aufgrund des Einflusses von Technik auf fast alle Bereiche der Gesellschaft, scheint uns *Technikbewertung* in Verbindung mit dem Fach *Werte und Normen* für die Form des fächerübergreifenden Unterrichts besonders geeignet zu sein.

2. Technikbewertung und administrative Vorgaben

Wenn man über *Technikbewertung* im Technikunterricht nachdenkt, muss man sich auch mit den administrativen und bildungspolitischen Vorgaben auseinandersetzen – denn so neu ist das Thema schließlich nicht. Nach der Diskussion dieser Themen in der Fachdidaktik Anfang der 90er Jahre wurde 1997 in den niedersächsischen Rahmenrichtlinien (NKM 1997) für die Hauptschule für den Fachbereich *Arbeit/Wirtschaft/Technik* auf die Notwendigkeit der *Technikbewertung* und *Technikfolgenabschätzung* hingewiesen.

Vor wenigen Wochen veröffentlichte das Niedersächsische Kultusministerium eine Neuauflage der Rahmenrichtlinien. Hier heißt es: „*In jedem Themenfeld erfolgt die Technikbewertung und Technikfolgeabschätzung unter gesellschaftlichen, politischen sowie ökologischen und ökonomischen Aspekten am konkreten Beispiel.*“ (NKM 2010). Leider wird dieser

Anspruch im weiteren Verlauf des Curriculums nicht eingelöst. Lediglich in einigen der Themenfelder findet man im Kompetenzbereich „*Beurteilung/Bewertung*“ Sätze wie: „*Die Schülerinnen und Schüler [...] bewerten herkömmliche und zukunftsorientierte Antriebssysteme und ihre Energieträger.*“

Damit ist dem Lehrer wenig geholfen. *Technikbewertung* und *Technikfolgenabschätzung* sind komplexe und nicht ohne weiteres verfügbare Querschnittsdisziplinen, die, will man diese Themen im Technikunterricht behandeln, auch Bestandteil der Ausbildung der Techniklehrer sein müssen.

Hier sei ein Exkurs erlaubt: In Niedersachsen wurden für die Haupt- und Realschule zwei Kerncurricula Technik in aller Eile von einer Arbeitsgruppe des Kultusministeriums, die überwiegend aus Techniklehrern zusammengesetzt war, in aller Eile zusammengeschrieben. Die Hochschulen Hildesheim und Oldenburg wurden erst ins Boot geholt, als die Arbeit an den Lehrplänen schon fast beendet war. Massiver Protest aus den beiden Universitäten hat zwar noch zu ein paar Änderungen im Text geführt, konnte aber nicht verhindern, dass ein unausgewogener und für die Lehrkräfte vor Ort wenig hilfreicher Lehrplan veröffentlicht wurde. (siehe hierzu <http://db2.nibis.de>)¹

Völlig unverständlich ist, dass für die Hauptschule und für die Realschule identische Kerncurricula vorgelegt wurden. Lediglich die Wörter Hauptschule und Realschule sind ausgetauscht. Dass diese sehr vereinfachte Form der Lehrplangestaltung schon in voreilem Gehorsam für eine Sekundarschule in Niedersachsen sein könnte, ist eher eine Vermutung. Die Gleichschaltung der Lehrpläne berücksichtigt merkwürdigerweise eine Änderung im Niedersächsischen Schulgesetz vom Juni 2010 nicht.

In der neuesten Fassung des Niedersächsischen Schulgesetzes (NSchG 2010) wurde nämlich der Realschule auferlegt, zwei Schwerpunkte aus den Bereichen Fremdsprachen, Wirtschaft, Technik sowie Gesundheit und Soziales zu bilden. Anzumerken ist, dass es keinen naturwissenschaftlichen sondern explizit einen technischen Schwerpunkt gibt.

So heißt es in § 10 Abs. 1 (NSchG):

„(1) 1. Die Realschule vermittelt ihren Schülerinnen und Schülern eine erweiterte Allgemeinbildung, die sich an lebensnahen Sachverhalten ausrichtet sowie zu deren vertieftem Verständnis und zu deren Zusammenschau führt. 2. Sie stärkt selbständiges Lernen. 3. In der Realschule werden den Schülerinnen und Schülern entsprechend ihrer Leistungsfähig-

keit und ihren Neigungen eine Berufsorientierung und eine individuelle Schwerpunktbildung in den Bereichen Fremdsprachen, Wirtschaft, Technik sowie Gesundheit und Soziales ermöglicht. 4. Das Angebot zur Schwerpunktbildung richtet sich nach den organisatorischen, personellen und sächlichen Gegebenheiten der einzelnen Schule; es sind mindestens zwei Schwerpunkte anzubieten. [...]“

Die Schwerpunktbildung in Klasse 9 und 10 der Realschule wurde im neuen Kerncurriculum für die Realschule weder erwähnt noch berücksichtigt. Zurück zum Thema.

In der Lehrerausbildung gibt es eine erstaunlich erfreuliche Entwicklung: Vor wenigen Tagen beschloss die KMK die **Ländergemeinsamen inhaltliche[n] Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung**. Mit dieser Regelung trug die KMK der Tatsache Rechnung, dass die Studienpläne im Bachelor- und Masterstudium an den deutschen Universitäten derart verschieden und unabgestimmt waren, dass ein problemloser Studienortwechsel nicht einmal innerhalb eines Bundeslandes möglich war. Zwar hat man den **Fächerkomplex Arbeit, Technik, Wirtschaft** im ersten Entwurf nicht berücksichtigt, dieser wurde aber nach massiven Protesten auch seitens der DGTB mit in den Kanon aufgenommen. Die KMK hat damit einen verbindlichen Rahmen für die künftige Ausbildung von Techniklehrerinnen und -lehrern abgesteckt. Unter der Überschrift „Technik – Gesellschaft – Natur“ wird gefordert, dass „*Technikethik und Grundlagen der Technikfolgenabschätzung*“ Studieninhalt sein müssen.²

Dieses für die Technikdidaktik bedeutsame Dokument wird im Anhang zu diesem Beitrag abgedruckt.³

Der Studiengang Technik an der Universität Oldenburg bemüht sich schon seit einigen Jahren, die Themen *Technikbewertung* und *Technikfolgenabschätzung* zum Studieninhalt zu machen. 2003 promovierte WALTER SCHEFFCZIK über dieses Thema. Vor wenigen Wochen wurde der Studienplan neu überdacht. Es galt, die Erfahrungen, die wir bisher mit dem Bachelor- und Masterstudium gemacht haben, auszuwerten und einzuarbeiten.

Seit einigen Jahren bemüht sich ein wissenschaftlicher Mitarbeiter, der Philosophie, Politik und Jura studiert hat, den Studierenden die Beziehungen der Technik zu unterschiedlichen Teilsystemen unserer Gesellschaft nahe zu bringen. In seinen Veranstaltungen im Aufbaustudium behandelte er folgende Teilaspekte:

- Technik und Ökonomie
- Technik und Politik
- Bioethik und Medizinethik
- Technik und Aufklärung
- Technik und Lebensqualität
- Technik in Film und Literatur

Im neuen Studienplan wurden diese Inhalte in das Grundstudium verlagert, um die Bedeutung dieses Themenkomplexes noch deutlicher zu machen – zudem sind die Seminare und Vorlesungen im Basisstudium verpflichtend, was nicht für das Aufbaustudium gilt.

Im Basismodul 1 *Technik - Gesellschaft – Natur*, das mit sechs Kreditpunkten bewertet wird, werden folgende Inhalte angesprochen:

- Wechselwirkung zwischen Technik, Gesellschaft und Natur
- Das Verhältnis von Technik und Naturwissenschaften
- Technikgeschichte
- Technikphilosophie
- *Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung*

Im Aufbaustudium können die Studierenden das Aufbaumodul 6 *Technik und Ethik in der Schule* wählen, um den Themenkomplex *Technikbewertung* in didaktischer Hinsicht weiter zu vertiefen:

- Grundfragen der Ethik
- *Ethische Bewertung neuer Technologien*
- Planung und Realisierung von Unterrichtseinheiten

Die Aufzählung der Teilaspekte zeigt, dass der Technikunterricht nicht in der Lage ist, die Inhalte allein anzubieten. Fächerübergreifender Unterricht, Projekte und andere Kooperationsformen müssen gelehrt und erprobt werden.

Im Folgenden dritten Teil unseres Beitrags wird dargestellt, wie innerhalb eines großen Schulversuchs mit der *Robert-Dannemann-Schule* in

Westerstede das Themenfeld *Technikfolgenabschätzung* und *Technikbewertung* in den Technikunterricht der Zukunft integriert werden soll.

3. Das Projekt *Technikschwerpunkt an der Robert-Dannemann-Schule in Westerstede*

Den Anstoß für das im Folgenden vorgestellte Projekt wurde in erster Linie von der Wirtschaft und dem Handwerk der *Region Ammerland* gegeben.

Der massive Fachkräftemangel, der sowohl für das Handwerk und insbesondere für Berufe mit technischer und/oder naturwissenschaftlicher Ausrichtung prognostiziert und durch den Trend der demographischen Entwicklung verschärft wird, führte zu der Überlegungen, dieser Entwicklung entgegen zu wirken.

Die Problemlage deutet einerseits auf die Notwendigkeit hin, diese Entwicklungen in Bezug auf die sozialen und gesellschaftlichen Folgen zu betrachten, andererseits zu prüfen, welche Prozesse, die dieser Entwicklung vorangehen, dysfunktional gewesen sind.

Ein wesentlicher Einflussfaktor ist unbestritten der Bildungssektor. Schon die *DIW-Studie 2005* konkretisierte dies insbesondere hinsichtlich der technischen Bildung und identifizierte diese als wesentlichen Faktor hinsichtlich der Schwäche des deutschen Innovationssystems.

Spezifische Fachkompetenz, die sich in hoher Qualität wissenschaftlicher und beruflicher Bildung widerspiegelt und die die Innovationskraft einer führenden Industrienation begründet, muss daher auf der Basis einer breit angelegten technischen Allgemeinbildung in den Bildungskanon aufgenommen werden. Das Bewusstsein für die Bedeutsamkeit technischer Bildung im Zusammenhang mit sozioökonomischen, kulturellen und ökologischen Herausforderungen unserer Zeit ist eine Voraussetzung, um auf hohem Niveau die notwendigen Grundlagen zu legen.

Um individuelles Interesse für Technik zu wecken und kontinuierlich zu fördern, muss das Fach Technik daher u. E. früher als bisher im schulischen Bildungskanon etabliert werden.

Für diese These insbesondere drei Gründe. Erstens, dass bereits im Kindergartenalter bestimmte Berufe dem Geschlecht zugeordnet werden. Erste Zuschreibungen, die durch Erzieher und Eltern bewusst und unbewusst vermittelt werden, kanalisieren schon früh das Interesse geschlechtsspezifisch. Positive Erfahrungen des Kompetenzerlebens

können häufig nur über eine gezielt gelenkte Beschäftigung mit technischen Inhalten erreicht werden. Dies gilt insbesondere für Mädchen.

Zweitens, je komplexer die Grundlagen und Anwendungen von Technik werden, desto undurchschaubarer und für den Laien unerreichbarer erscheint der Versuch, sich Kompetenzen anzueignen, die Kosten und Nutzen im Sinne der intrinsischen Motivation in ein subjektiv vernünftiges Verhältnis setzen. Daher ist es unabdingbar, erste Schritte der technischen Grundbildung in einem Alter zu begleiten, in dem Neugierde und Interesse noch weitgehend unbeeindruckt von gesellschaftlichen Zuschreibungen und negativen Fähigkeitsselbstkonzepten geweckt bzw. aufrechterhalten werden können. Enge Zusammenhänge zwischen dem Interesse und einem positiven Fähigkeitsselbstkonzept deuten auf Ursachen hin, die u. a. für den strukturellen Mangel an Nachwuchs in technischen Berufen verantwortlich sind. Insbesondere Mädchen schreiben sich deutlich weniger technische und naturwissenschaftliche Fähigkeiten zu und haben ein signifikant geringeres Interesse an Technik.

Drittens, zahlreiche Untersuchungen in den mathematisch-naturwissenschaftlichen und technischen Unterrichtsfächern der Sekundarstufe I und II belegen, dass sowohl das Interesse, die fachspezifische intrinsische Motivation als auch die Werte im Fähigkeitsselbstkonzept für Naturwissenschaften abnehmen, je älter die Schülerinnen und Schüler werden. Ein Grund hierfür ist, dass in der Pubertät zunehmend Freizeitinteressen und *peer groups* mit schulischen Interessen konkurrieren und individuelle Interessenfelder stärker ausdifferenziert werden. (Daniels 2008)

Empirische Erhebungen zum Interesse konstatieren zudem, dass es mit Bezug auf technische Gegenstände und Inhalte geschlechterspezifisch unterschiedliche Interessenlagen gibt. Es ist u. E. daher wesentlich, die unterschiedlichen Interessenlagen im Zugang zu technischen Inhalten im Unterricht zu berücksichtigen. Während sich Jungen eher für technische Sachinhalte bzw. für Tätigkeiten, die damit in Verbindung stehen, interessieren, finden Mädchen diesen Zugang eher über den Kontext, in dem technische Inhalte stehen. Um auch Mädchen zu begeistern, sollte das Interesse für Technik über Fragen der *Technikbewertung* in mannigfachen Bezügen aufgebaut werden.

Die kontinuierliche Unterstützung aller Aspekte fachlichen Interesses stellt den wesentlichsten Aspekt bei der Ausbildung stabiler individueller Interessen dar. Dies ist bedeutsam für eine anhaltende intrinsische Motivation und eine über die schulischen Kompetenzen hinausgehende Beschäftigung mit technischen Inhalten in der beruflichen Bildung.

Diese Befunde und Hypothesen sind Grundlagen des *Pilotprojektes der Robert-Dannemann-Schule in Westerstede*, das sich zum Ziel gesetzt hat, eine kontinuierliche technische Bildung ab Klassenstufe 5 zu initiieren.

Vertreter des *Studiengangs Technik* an der Universität Oldenburg begleiten die Planung und Umsetzung seit 2008.

Im Rahmen des Projektes *Technikschwerpunkt an der Robert-Dannemann-Schule* werden ab dem Schuljahr 2010/11 alle fünften Haupt- und Realschulklassen im Fach Technik unterrichtet. Im Verlauf des Schuljahres werden sie mit ersten für den Unterricht der folgenden Jahre relevanten Technikbereichen in Berührung gebracht. Dazu gehören die Bereiche Holz- und Elektrotechnik sowie Kunststoffbearbeitung und ebenso die Grundlagen des technischen Zeichnens. Nach der fünften Klasse haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, sich für Wahlpflichtkurse anzumelden, die ab Klassenstufe 6 aufsteigend und durchgängig angeboten werden.

Seit 2009 wird ein Techniktrakt an der *Robert-Dannemann-Schule* aufgebaut. Vorhandene Werk- und Technikräume wurden umgebaut und thematisch ausgerüstet. Ein Robotik-Raum ist bereits hergerichtet. Ein weiterer Bereich für die Schulung an CNC- Maschinen ist ebenfalls fertig gestellt. Die Ausstattung mit einem interaktiven *Whiteboard* sowie modernster PC-Technik für jeden Arbeitsplatz erfolgte im Zusammenhang mit dem *Konjunktur-Paket II*. Technisches Zeichnen und CAD können daher ebenfalls im schulinternen Curriculum angeboten werden. Eine umfassende Ausstattung mit *Fischer-Technik Robo* erlaubt es, Schülerinnen und Schüler mit Fragen der Steuerung, Regelung und Programmierung vertraut zu machen. Hierfür wurde ein dritter Raum umgebaut, der ebenfalls seit Dezember 2009 dem Unterricht zur Verfügung steht.

Seit Oktober 2010 stehen zusätzlich auf einer Fläche von ca. 600 m² weitere Technikräume zur Verfügung. Die Bereiche Holz- und Metalltechnik sowie der Bereich *UMT/Kunststofftechnik* sind baulich fertig gestellt. Eine erste Ausstattung dieser Bereiche mit Maschinen, Werkzeugen und Einrichtung erfolgte z. T. im Jahr 2010. Es ist geplant, in den Jahren 2011 und 2012 den Bereich Elektrotechnik umzubauen, eine Schulgießerei einzurichten sowie die Ausstattung aller Bereiche zu vervollkommen. Ein Außenbereich des Techniktraktes, in dem Projekte aus dem Bereich Bautechnik realisiert werden können, soll gemeinsam mit Schülerinnen und Schülern der Schule hergestellt werden.

Der Prozess des Auf- und Ausbaus der Technikbereiche wird 2012 mit weiteren Investitionen in die Ausstattung und einer Gesamtinvestitionssumme von ca. 500 000 Euro beendet werden.

Es wird diskutiert, ab dem Schuljahr 2011/12 eine Ganztagsklasse einzurichten, in der – aufsteigend ab Klasse 6 - das Fach Technik durchgängig als Hauptfach unterrichtet wird. Die Abkoppelung dieser Klasse von den Rahmenbedingungen der anderen Klassen soll die organisatorischen Voraussetzungen für fächerübergreifende Projekte schaffen. Alle Lehrkräfte des an diesem Projekt interessierten Teams werden im Fach Technik an der Universität Oldenburg im Studiengang Technik kontinuierlich weitergebildet, so dass die Fächerverbindung mit Technik im Mittelpunkt zu allen Fachbereichen möglich ist.

Gemeinsam mit den Vertretern des Studiengangs Technik der Universität Oldenburg wird ein Team von Lehrern unterschiedlicher Fächer ein schulinternes Curriculum für die Klassen 6 - 10 für das Fach Technik unter fächerübergreifenden Gesichtspunkten entwickeln und erproben. Eine Langzeitstudie der Universität soll diese Projekte bis 2016 begleiten und evaluieren, ob sich eine kontinuierliche technische Grundbildung auf das Interesse für Technik und die Berufswahl auswirkt.

Das Konzept der Ganztagsklassen mit dem Schwerpunkt Technik basiert auf dem Ansatz des handlungsorientierten Unterrichts. Folgende Argumente sprechen dafür: Die enorme Informations- und Wissensfülle, der sich die Gesellschaft ausgesetzt sieht, wird sukzessiv Spezialgebieten zugeordnet. Aus diesen Versatzstücken einen sinnvollen Ursachen und Wirkungszusammenhang herauszukristallisieren, fällt zunehmend schwerer.

Die fortschreitende Spezialisierung der Wissenschaften findet ihre Entsprechung in der schulischen Fachstruktur. Nach wie vor ist ein Nebeneinander der Fächer zu beobachten, in denen exemplarisch Wissensinhalte präsentiert werden, die aus komplexen Zusammenhängen entnommen und zumeist im Frontalunterricht dargeboten werden. Den Schülern kommt die Aufgabe zu, die Informationen zu erfassen, auswendig zu lernen und wiederzugeben. Eine Einbindung in den Gesamtzusammenhang des dargestellten Aspekts der Wirklichkeit ist im Fachunterricht zumeist nicht oder nur ansatzweise möglich. Die Aneinanderreihung zusammenhangsloser Einzelheiten oder didaktisch aufbereiteter Problemstellungen, die antizipierte Lösungen nach sich ziehen sollen, sind nicht geeignet, um träges Wissen zu aktivieren und Schüler zu kreativen und lebensweltbezogenen Lösungsansätzen zu ermuntern. (vergl. GUDJONS 2008, S. 58)

Handlungsorientierter Unterricht bezieht sich u. a. auf die Ergebnisse der konstruktivistischen Bildungsdiskussion und fordert, dass sich Inhalte des Unterrichts an komplexen, lebens- und berufsnahen, ganzheitlich zu betrachtenden Problemstellungen orientieren müssen. Die Schwierigkeit, Funktions- und Wirkungszusammenhänge aus der ungeheuren Fülle der verfügbaren Informationsflut herauszufiltern, wird zusätzlich dadurch erschwert, dass es häufig nicht mehr möglich ist, die Wirkungsfolgen unseres Handelns in komplexen Systemen nachvollziehen zu können. Die Beurteilung von Langzeitfolgen auf unterschiedliche Teilsysteme können zumeist nicht oder nur in Teilaspekten antizipiert bzw. rekonstruiert werden (siehe a.a.O.).

Der handlungsorientierte Unterricht zielt darauf ab, Schüler zu befähigen, die Zusammenhänge von Problemen zu untersuchen und in Bezug zu ihrer Lebenswelt zu bringen. Als Klammer für die Synthese von Einzelaspekten der technischen Bildung bietet die *Technikbewertung* die Möglichkeit, Kriterien zu entwickeln, nach denen technische Artefakte und Prozesse auf ihre Folgen und ihr Wirken in der Welt hin untersucht und bewertet werden können. Die Entwicklung von Kriterien fordert notwendigerweise die Auseinandersetzung mit den diesen Überlegungen zugrunde liegenden Normen und Werten.

Die Verknüpfung von naturwissenschaftlichen Fragestellungen, technischen Sachverhalten und Handlungen sowie gesellschaftlichen, ökonomischen, politischen und ethischen Implikationen bietet die Voraussetzung, um Einzelaspekte zu analysieren und im Anschluss in einen Gesamtzusammenhang zu stellen. Wenn die Problemstellungen zudem der Erlebnis- und Erfahrungswelt der Schüler entlehnt sind, steigt das Interesse an den Inhalten der Fächer, weil der Unterricht sich in die Lebenswirklichkeit einpasst und damit in nachvollziehbarer Weise wesentlich wird.

Fächerübergreifender Unterricht bietet in verschiedenen Ausprägungen die Möglichkeit, dieser Forderung gerecht zu werden. Unterschiedliche Begriffe, die den fächerübergreifenden Unterricht kennzeichnen, werden häufig synonym benutzt, stellen aber unterschiedliche Intensitätsgrade dar. Integrierender Unterricht bezeichnet die höchste Form fächerübergreifenden Unterrichts, indem es zeitweilig zur völligen Auflösung des Fachunterrichts kommt. Allen Formen gemeinsam ist der Versuch, Zusammenhänge komplexer Fragestellungen zu vermitteln und Probleme interdisziplinär zu bearbeiten.

Das Fach Technik ist in besonderer Weise geeignet, fächerübergreifend unterrichtet zu werden, da Technik grundsätzlich eine gesellschaftliche

Dimension besitzt und nicht um ihrer selbst Willen existiert. Im Technikunterricht lassen sich nur wenige Teilbereiche finden, die nicht über das Fach hinausweisen. Die komplexen Bezüge der Inhalte technischer Allgemeinbildung bieten prinzipiell die Gelegenheit, zu allen Fächern der schulischen Bildung Vernetzungen aufzubauen. Insbesondere fallen die Bezüge zu den Naturwissenschaften ins Auge. Aber auch die geschichtlichen, politischen, ökonomischen, kulturellen und ethischen Aspekte von Technik müssen in einen Gesamtzusammenhang gestellt werden, wenn sie in ihren vielfältigen Dimensionen betrachtet werden soll.

Der *Technikbewertung* und *Technikfolgenabschätzung* wird im Kerncurriculum Niedersachsens eine alle Bereiche betreffende Rolle zugesprochen. Die Komplexität technischer Prozesse und Innovationen lässt sich unter ethischen Gesichtspunkten jedoch nur unter Einbeziehung vielfältiger Auswirkungen auf den Menschen und die Natur erfassen. Eine fächerübergreifende Betrachtung der Auswirkungen von Technik ist daher geboten.

Das Konzept des Techniks Schwerpunktes an der *Robert-Dannemann-Schule* soll dieser Forderung auf zweifache Weise gerecht werden.

Da in den Klassenstufen 6-10 Wahlpflichtkurse zu verschiedenen Schwerpunkten des Curriculums angeboten werden, lassen sich Aspekte der *Technikbewertung* direkt an die Inhalte koppeln. Dieser Ansatz kann in Form fächerkoordinierenden Unterrichts realisiert werden. Wechselseitige Bezüge des Themas werden zwischen dem Technikunterricht und relevanten anderen Fächern hergestellt und sowohl inhaltlich als auch zeitlich koordiniert. Komplexe Zusammenhänge können in Absprache mit den Fachlehrern unter verschiedenen Aspekten im Fachunterricht der in Frage kommenden Fächer aufgegriffen und erörtert werden.

Der fächerkoordinierende Unterricht erfordert die zeitliche und inhaltliche Koordination, um ein Oberthema in seinen Bezügen zu den einzelnen Fächern zu synchronisieren und ist daher mit einem erheblichen Planungsaufwand verbunden, der zu Beginn des Schuljahres erfolgen sollte. Abhängig vom Themenkomplex werden unterschiedliche Fachbereiche eingebunden. Das Fach *Werte und Normen* gehört in jedem Falle dazu.

Das Konzept einer Ganztagsklasse mit dem Schwerpunkt Technik, welches die partielle Herauslösung aus dem organisatorischen Regelwerk der Schule vorsieht, bietet die Möglichkeit, intensivere Formen des fächerübergreifenden Unterrichts zu realisieren. Fächerergänzender Unterricht, in dem zu einer Problemstellung verschiedene Fächer herangezogen werden, nimmt keine Rücksicht auf die Fachsystematik, sondern ordnet diese dem komplexen Problemlösungsprozess unter.

Der Ansatz, fachfremde Lehrkräfte möglichst aller Fächer im Fach Technik weiterzubilden und in das Team einzubinden, welches die Ganztagsklasse Technik unterrichtet, ist die Voraussetzung für die Koordination und inhaltliche Verständigung der jeweiligen Fachlehrer. Die im Fach Technik weitergebildeten Lehrkräfte verfolgen nicht das Ziel, das Fach Technik zu unterrichten, sondern wollen aufgrund ihrer Einblicke in technische Zusammenhänge und Wissensinhalte in der Lage sein, fächerübergreifende Aspekte ihres Faches mit den Inhalten der technischen Bildung zu koordinieren und wechselseitig Aspekte fachgerecht einzuordnen.

Die Bildung einer Klasse mit dem Schwerpunkt Technik im Ganztagsbereich bietet den Vorteil, durch Herauslösung aus dem 45 Minuten-Takt der Unterrichtsorganisation projektorientiert Bezüge zwischen der Lebenswelt und der Schule herzustellen. Exkursionen und der Besuch außerschulischer Lernorte, die den Rahmen der zeitlichen Begrenzung durch Fachstunden sprengen, sind geeignet, um fächerergänzenden Unterricht in unterschiedlicher Schwerpunktsetzung zu realisieren. Voraussetzung dafür ist ein Team, welches weitgehend vom Unterricht in den anderen Klassen entbunden, gewillt und in der Lage ist, die Koordination der Projekte so voranzutreiben, dass die Inhalte der beteiligten Fächer sinnvoll in den Prozess eingebunden werden. Dieser planerische Aufwand hängt nicht nur vom Einsatz der Schulleitung für dieses Modell ab, sondern verlangt von den involvierten Fachlehrern ein hohes Maß an Einsatzbereitschaft und der Beschäftigung mit komplexen Themen. Die Tatsache, dass das Team von Lehrkräften, die mit Beginn der Projektplanung bereit waren, sich weiterzubilden und fächerübergreifende Ansätze mitzutragen, auch nach der zweijährigen Planungs- und Realisierungsphase des Techniktraktes noch Interesse zeigt, lässt eine Umsetzung dieser Idee realistisch erscheinen.

Diese Form der Einbettung des Technikunterrichts in den etablierten Fächerkanon bietet die Möglichkeit, Synergieeffekte zu erzeugen, die einerseits die Begrenzung der Wochenstundenzahl des Technikunterrichts durch die Implementierung in andere Fachbereiche aufhebt und andererseits eben durch diese Durchdringung insbesondere der naturwissenschaftlichen Fächer lebensweltbezogener und daher interessanter gestaltet.

Literatur

DANIELS, ZOE: Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter. Münster 2008.

GUDJONS, HERBERT: Handlungsorientiert lehren und lernen. Bad Heilbrunn 2008.

JONAS, HANS: Technik, Medizin und Ethik. Frankfurt am Main. 1985, S. 19

NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hg.): Kerncurriculum für die Hauptschule. Hannover 2010. (Download: <http://www.cuvo.nibis.de>)

NIEDERSÄCHSISCHES KULTUSMINISTERIUM (Hg.): Rahmenrichtlinien für die Hauptschule, Arbeit/Wirtschaft – Technik. Hannover 1997

NIEDERSÄCHSISCHES SCHULGESETZ (NSchG) in der Fassung vom 3. März 1998 (Nds. GVBl. S. 137), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 8. Juni 2010 (Nds. GVBl. S. 232)

TRAEBERT, W. E.: Technikbewertung als Aufgabe des Technikunterrichts. In: tu – Zeitschrift für Technik im Unterricht, Heft 60/1991, Seite 5

Links

1) <http://db2.nibis.de/1db/cuvo/ausgabe/index.php?mat1=16> (19.09.10)

2) <http://www.kmk.org/bildung-schule/allgemeine-bildung/lehrer/lehrerbildung.html>

3) siehe hierzu auch den Beitrag von C. HEIN und H. SCHULTE: Die Positionen der DGTB zu den ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und die Lehrerbildung. 11. Jahrestagung der DGTB 2009 in Karlsruhe, als Download unter www.dgtb.de

Anhang

Auszug aus

Kultusministerkonferenz der Länder: Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung

2. Arbeit, Wirtschaft, Technik

Das Fachprofil bezieht sich auf die fachwissenschaftlichen und fachdidaktischen Anforderungen der Schulfächer, die dem Fächerkomplex Arbeit, Technik, Wirtschaft (ATW) in der Sekundarstufe I zuzuordnen sind - soweit die Ausbildung der Lehrkräfte dieser Fächer an Universitäten und gleichgestellten Hochschulen erfolgt. Zwischen den Ländern bestehen größere Unterschiede in den Bezeichnungen der Schulfächer, ihrer curricularen Gestaltung sowie der Gewichtung ihrer Inhalte.

Diese Schulfächer und die darin enthaltenen Inhalte lassen sich nicht durchgängig, wie bei den meisten anderen Schulfächern, komplett einzelnen Studienfächern zuordnen. Die Qualifikation wird stattdessen nachfolgend auf Studienbereiche bezogen, die entweder jeweils überwiegend Teil eines Studienfaches sind oder verschiedenen Studienfächern zugeordnet werden können.

Mit dem Fachprofil ATW wird eine Vergleichbarkeit innerhalb der einzelnen Studienbereiche angestrebt, und zwar hinsichtlich der Inhalte, die grundlegend und zwischen den Ländern einheitlich festgelegt werden sollten. Die Verbindung der jeweils für die einzelnen Länder benötigten Studienbereiche kann sowohl integrativ als auch kumulativ gestaltet und in unterschiedlichen Studienbereichskombinationen als Anforderung an das Studium vorgegeben werden. Über die in den Studienbereichen genannten Inhalte hinaus sind in den Ländern überwiegend weitere Inhaltsschwerpunkte vorgesehen, die im Fachprofil nicht ausgewiesen werden. Das gilt insbesondere dort, wo einzelne Studienbereiche des Fachprofils ATW als volle Unterrichtsfächer eingerichtet sind.

Schulfächer aus dem Fächerkomplex ATW werden in einzelnen Ländern in der Sekundarstufe II weitergeführt. Diese Anforderungen wurden nicht in das Fachprofil aufgenommen; hier gelten ausschließlich länderspezifische Vorgaben.

Mit dem vorliegenden Fachprofil ist nicht beabsichtigt, die Vielfalt der Fächer und der Fachbezeichnungen innerhalb des Fächerkomplexes zwischen den Ländern zu verringern, zu vereinheitlichen oder anzunähern.

2.1 Übergreifende Merkmale des Fächerkomplexes Arbeit, Technik, Wirtschaft

2.1.1 Kompetenzprofil

2.1.2 Studieninhalte Fachdidaktik

Die inhaltlichen Anforderungen an das fachdidaktische Studium sind für die einzelnen Studienbereiche inhaltlich und strukturell vergleichbar; deren konkrete Ausgestaltung bezieht sich auf die jeweiligen Gegenstände der einzelnen Studienbereiche.

- Fachdidaktische Positionen, Theorien und Modelle
- Analyse und didaktische Aufbereitung von Inhaltsbereichen und Themen, Planung, Durchführung und Reflexion von Fachunterricht, Anforderungen an kompetenz- und schülerorientierte Unterrichtsgestaltung
- Umgang mit heterogenen Lerngruppen und Organisation individualisierenden Unterrichts
- Fachspezifische Methoden: Lernen in der Praxis, Projektarbeit, Experimente und Tests, Simulationen, Erkundungen
- Auswahl und Nutzung fachrelevanter Medien
- Fachadäquate Leistungsbewertung, Lerndiagnostik und Beurteilung von Lernprozessen, Entwicklung von Förderstrategien
- Schülererfahrungen und -vorstellungen
- Berufsbezogene Orientierungen und Entscheidungsprozesse

Die Studienabsolventinnen und -absolventen verfügen über grundlegende fachspezifische Kompetenzen in den wissenschaftlichen Disziplinen und den Fachdidaktiken des Fächerkomplexes Arbeit, Technik, Wirtschaft und seinen einzelnen Studienbereichen. Sie

- verfügen über strukturiertes Fachwissen in den grundlegenden Teilgebieten der Studienbereiche;
- verfügen über ein strukturiertes Fachwissen zu den grundlegenden Fragestellungen, Begriffen, Modellen, Methoden und Theorien

des Fächerkomplexes und reflektieren deren Bedeutung für den jeweiligen Studienbereich;

- verstehen die genannten Studienbereiche in ihrer lebenspraktischen Bedeutung für die Menschen in ihren Rollen als Verbraucher, Erwerbstätige und Staatsbürger;
- können wesentliche Aspekte des Wirtschafts- und Arbeitslebens, auch im Kontext individueller Handlungsmöglichkeiten, handlungs- und problemorientiert erschließen;
- verfügen über anschlussfähiges fachdidaktisches Wissen und Können; sie verfügen in den Unterrichtsfächern, die dem Fächerkomplex zuzuordnen sind, über erste reflektierte Erfahrungen in der kompetenzorientierten Planung, Durchführung und Bewertung von Unterrichtsversuchen und kennen die fachspezifischen Grundlagen der Leistungsbewertung;
- sind in der Lage, Lernprozesse an außerschulischen Lernorten anzuregen.

[...]

2.2.3 Studienbereich Technik

2.2.3.1 Bereichsspezifisches Kompetenzprofil

Die Studienabsolventinnen und -absolventen verfügen über die unter Abschnitt 2.1.1 genannten Kompetenzen, bezogen auf diesen Studienbereich, und zwar mit folgenden Schwerpunkten: sie

- können technische Problemstellungen und Lösungen in verschiedenen Anwendungsbezügen hinsichtlich ihrer naturwissenschaftlichen, technologischen Grundlagen und ihrer historischen Entwicklung darstellen und erklären;
- können technische Sachverhalte und technisches Handeln in gesellschaftlichen, ökonomischen und historischen Zusammenhängen erfassen, sachlich und ethisch bewerten, um Technik verantwortungsvoll mitgestalten zu können;
- verfügen über praktische Kompetenzen, um Werkzeuge, Werkzeugmaschinen und Vorrichtungen im Unterricht allgemeinbildender Schulen einsetzen zu können;
- verfügen über grundlegendes Wissen und Kompetenzen, um im Rahmen des berufsorientierenden Unterrichts die arbeitsweltbezogenen Aspekte der Technik, einschließlich gesellschaftlicher

Geschlechterstereotypen bezüglich technisch geprägter Berufe, für heterogene Gruppen aufzubereiten.

2.2.3.2 Studieninhalte

Technik – Gesellschaft – Natur

- Wechselwirkungen zwischen Mensch, Technik, Gesellschaft und Natur; Nachhaltigkeit
- Technikbegriff und Bedeutung der Technik in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit
- Technikethik und Grundlagen der Technikfolgenabschätzung
Technische Methoden und Verfahren
- Technisches Denken und Kommunikationsverfahren in der Technik
- Grundlagen der Modell- und Systemtheorie
- Technische Praxis und technische Verfahren
- Arbeitsorganisation und –gestaltung

Stoffverarbeitende Systeme

- Stoff- und Materialbegriff, Güterproduktion und Ressourcenproblematik, Recycling
- Werkstoffe, Fertigungs- und Verfahrenstechnik, Automatisierung
- Prozesse, Geräte und Maschinen zur Planung, Herstellung, Verteilung und Nutzung von Gütern

Energieverarbeitende Systeme

- Energiebegriff, Energiewirtschaft und regenerative Energiequellen
- Prozesse, Geräte und Maschinen zur Bereitstellung, Verteilung und Anwendung von Energie
- Energienetze und Entwicklungstrends in der Energieversorgung

Informationsverarbeitende Systeme

- Informationsbegriff, Informationstechnik und ihre Anwendungsfelder
- Elektrotechnik/Elektronik, Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik

- Prozesse, Geräte und Maschinen zur Erzeugung, Verarbeitung, Übertragung und Nutzung von Informationen
- Informationsnetze und Entwicklungstrends in der Informationstechnik

Fachpraxis

- Exemplarische Planung, Durchführung und vergleichende Dokumentation ganzheitlicher, arbeitsteiliger sowie teilautomatisierter Produktionsprozesse unter Verwendung verschiedener Materialien
- Analyse und Nutzung ausgewählter Werkzeuge, Vorrichtungen und Werkzeugmaschinen verschiedener technischer Systeme in Verbindung mit ausgewählten Fertigungsaufgaben und unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Kriterien und von Aspekten der Arbeitssicherheit
- Anwenden und Einüben der einschlägigen Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften
- Konstruktion und Fertigung von Vorrichtungen zur Erhöhung und Standardisierung der Produktqualität, zur Effektivierung der Ressourcennutzung sowie zur Sicherung von Fertigungsprozessen

Fachdidaktik

Es gelten die in Abschnitt 2.1.2 genannten fachdidaktischen Studieninhalte, bezogen auf die besonderen inhaltlichen Anforderungen dieses Studienbereichs.

Peter Röben

Technische Umweltbildung und die Ölkatastrophe im Golf von Mexiko

Vorbemerkung

Die Frage, welche Inhalte im Technikunterricht behandelt werden sollen, gehört zu den zentralen Aufgaben der Technikdidaktik. Die Antwort darauf muss gute Gründe dafür liefern, welche Inhalte aus dem überreichlichen Sachgebiet der Technik ausgewählt und für den Technikunterricht aufbereitet werden. Anspruchsvoll wird diese Aufgabe auch durch den technischen Fortschritt, der unaufhaltsam neue Inhalte kreiert, die durch die Medien auch Kindern und Jugendlichen zugänglich werden, insbesondere dann, wenn moderne Technik im Zusammenhang mit Katastrophen auftritt. Ein Technikunterricht, der sich dieser Inhalte nicht wenigstens exemplarisch zuwendet, verpasst eine Chance, Motivation durch aktuelle Bezüge herzustellen.

Alle Neuerung in der Technik zu verfolgen, ist allerdings schlicht unmöglich und so bedarf es der Klärung der Frage, welche technischen Innovationen zu einem für den Technikunterricht lohnenden Thema gemacht werden können.

Am Beispiel der Ölkatastrophe im Golf von Mexiko soll aufgezeigt werden, wie ein aktuelles Thema aufgegriffen und in seinen Dimensionen entwickelt werden kann, so dass es zu einem bildungswerten Thema für den Technikunterricht wird. Genauer gesagt, geht es um die Rolle, die die Technik in diesem Ereignis spielte. Der Fokus auf die Technik bedeutet nicht, dass den Umweltauswirkungen keine Bedeutung beigemessen wird. Jeder, der sich mit der Ölförderung auch nur etwas genauer auseinandersetzt, findet viele Informationen darüber, mit welcher Rücksichtslosigkeit diese Industrie Mensch und Umwelt schädigt (siehe z.B. SEIFERT; WERNER 2008, S. 197ff). Im Folgenden soll sich mit der Entwicklung eines Teils der in der Ölindustrie eingesetzten Technik genauer auseinandergesetzt werden, um eine Hypothese zu einer darin zum Ausdruck kommenden Gesetzmäßigkeit aufzustellen. Soviel sei vorweggenommen: Die Umweltkatastrophe wird im Folgenden *nicht* damit erklärt, dass charakterlose Umweltschurken bei BP das Heft in der Hand haben.

Im Folgenden werden daher zunächst einmal das Ereignis und das Versagen der Technik genauer dargestellt. Da Ereignisse und Fakten aber noch kein Thema für den Unterricht darstellen, muss analysiert werden, warum

das Ereignis stattgefunden hat, also die Frage geklärt werden, aus welchen Gründen es zur Katastrophe kommen konnte. Zum Schluss finden sich einige Hinweise für die unterrichtliche Aufarbeitung.

Die Ölkatastrophe

Die Ölkatastrophe im Golf von Mexiko wurde durch die Ölbohrplattform *Deepwater Horizon* ausgelöst, die am 20. April 2010 explodierte und damit den Austritt von vermutlich 500.000 bis 1 Millionen Tonnen Erdöl aus dem *Macondo-Ölfeld* auslöste. Es handelt sich wohl um die schwerste Umweltkatastrophe dieser Art in der Geschichte (vgl. Wikipedia, Stichwort: *Ölpest im Golf von Mexiko*, aufgerufen 28. 9. 2010). Die Folgen sind noch längst nicht abzuschätzen, aber eines ist schon wieder ganz gewiss: Die Ölförderung geht weiter und zwar folgt sie einem langfristigen Trend, der auch durch die Katastrophe nicht zu stoppen ist. Die privaten Ölfirmen, wie z.B. *BP*, *Shell*, *ExxonMobil*, *Total* und *Chevron*, die nur Zugriff auf 20% der weltweiten Ölvorkommen haben, konzentrieren ihre Ölsuche und -förderung auf die Tiefsee und Ölsande. *BP* plant z.B. vor der Küste Libyens eine neue Bohrung, die noch 200m tiefer liegt als die der *Deepwater Horizon* (STAUD 2010)

Der genaue Hergang, der zur Explosion der *Deepwater Horizon*, zu ihrem Untergang und zur monatelangen Freisetzung von Erdöl im Golf von Mexiko führte, kann einem von *BP* veröffentlichten detailreichen Bericht entnommen werden, der auch hier zur Grundlage genommen wird (BP 2010). Dieser Bericht hat natürlich eine bestimmte Absicht, die darin besteht, auch anderen Firmen, die neben BP an der Bohrung beteiligt waren, namentlich *Haliburton*, dem Hersteller des Spezialzements und *Transocean*, dem Betreiber der Plattform, eine Teilschuld zuzuschreiben. Trotz dieser erkennbaren Absicht ist der Text dennoch für die Fragestellung dieses Aufsatzes von großer Nützlichkeit. Es ist hier auch nicht wirklich wichtig, die Schuld zwischen BP und den beiden anderen Firmen gerecht zu verteilen, dies kann man getrost den Gerichten überlassen. BP jedenfalls hat die Planung und die Überwachung der Bohrung zu verantworten und steht damit außerhalb jeden Zweifels als Hauptschuldiger fest. Wichtig ist hier, die Rolle der Technik zu klären. Dazu muss man sich ein wenig mit den Grundzügen der Bohrtechnik auseinandersetzen.

Wenn eine Öllagerstätte erschlossen wird, dann wird nicht einfach nur ein Loch gebohrt, sondern dieses Loch wird im Bedarfsfall durch Rohre gesichert, damit z.B. aus lehmhaltigen Schichten oder solchen aus brüchigem Gestein, nicht permanent Material ausgespült wird. Der Fachmann spricht

dann vom *Standrohr*, von der *Ankerrohrtour* und *technischen Rohrtouren* und unterscheidet sie von der *Produktionsrohrtour*. Auf Details und Erläuterung kann hier nicht eingegangen werden, doch Interessierte seien auf das allgemeinverständliche Buch von REICH (2009) hingewiesen. Der Abbildung 1 kann entnommen werden, wie diese Rohre im Bohrloch unter der *Deep-water Horizont* aussehen und an welchen Stellen Probleme aufgetreten sind.

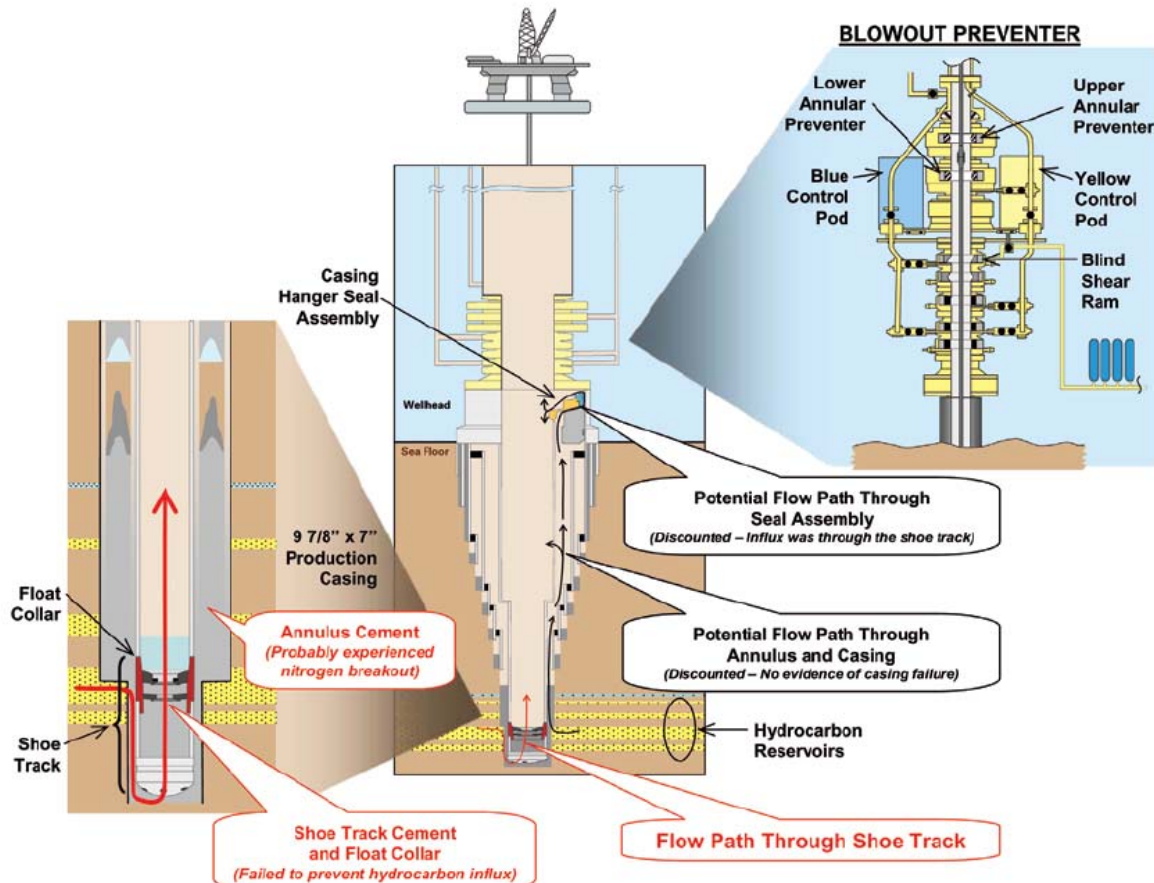


Abb. 1 In der Mitte Bohrinsel und Bohrstrang mit den möglichen Pfaden auf denen Gas und Öl unkontrolliert hinauf zur Bohrinsel gelangten. Links ist die vergrößerte Darstellung des unteren Endes des Bohr- und Produktionsstrangs. Rechts die vergrößerte Darstellung des BOP, blowout preventer. (Entnommen aus dem Untersuchungsbericht von BP (BP 2010, S.12)

Im Bericht werden acht Vorkommnisse in den Mittelpunkt gestellt, die in ihrem Zusammenspiel zu der Katastrophe geführt haben. Im Folgenden sind die Angaben aus dem (englischsprachigen) Bericht in eigenen Worten wieder gegeben.

- 1.) Die Barriere, die zwischen dem Bohrloch und dem umgebenden Gestein mit einem speziellen Zement errichtet wurde, war undicht. Dieser Zement ist ein leichter, schaumiger Schlamm, der durch das kilometerlange Gestänge zum Ort des Abdichtens gebracht werden muss. Die Untersuchungskommission kommt zu dem Schluss, dass dieser Zement nicht ausreichend entwickelt und getestet war, dass es zu erheblichen Schwächen in der Qualitätssicherung und dem Risikomanagement gekommen war.
- 2.) Auch eine zweite Barriere, nämlich die so genannte *shoe track barrier* (siehe Abb. 1) versagte. Vermutlich durch die äußere Hülle stiegen Gas und Öl unkontrolliert durch das Bohrgestänge nach oben. Die Kommission vermutet, dass beides nicht durch das Innere des Bohrstrangs nach oben stieg, das gewöhnlich mit der Spülung gefüllt ist, also einem schweren Schlamm, der von oben nach unten gepumpt wird und den dort herrschenden Druck überwindet.
- 3.) Ein Drucktest, mit dem üblicherweise die Stabilität der Bohrung festgestellt wird, wurde akzeptiert, obwohl die Resultate darauf hinwiesen, dass die Stabilität nicht gegeben war. Dies wird als Fehlleistung der Crew gewertet.
- 4.) Der unter 3. erwähnte Test wird durch das Austauschen der schweren Spülung mit Seewasser durchgeführt. Damit ist ein Wechseln von einer sog. *overbalanced situation* in eine *underbalanced situation* verbunden, d.h. der technisch erzeugte Druck liegt zunächst oberhalb und dann unterhalb des natürlichen Drucks am Bohrloch. Im Anschluss an diesen Test wird üblicherweise wieder die schwere Spülung verwendet. Auf der *Deep-water Horizon* wurde aber danach noch einmal Seewasser in das Bohrloch eingebracht. Dadurch konnte Öl und Gas empor strömen. Dieses wurde von der Mannschaft 45 Minuten lang nicht bemerkt. Dies lässt sich aus geborgenen Daten rekonstruieren.
- 5.) Die zwei wichtigsten Operationen, die verhindert hätten, dass aus dem *kick*, dem Gaseintritt in die Bohrung, eine Katastrophe wird, schlugen fehl. Der *blow out preventer* (*BOP*, siehe Abb. 1), ein großes Ventil am Meeresgrund mit dem die Bohrung verschlossen werden kann, konnte durch die Crew nicht betätigt werden. Außerdem wurde die Umleitung des aufsteigenden Gases um den sog. *MGS* (*mud gas separator*, einer verfahrenstechnischen Anlage, die den Bohrschlamm für die Wiederverwendung aufbereitet nicht realisiert. Dadurch hätte man verhindert, dass sich das Gas auf der Bohrinself ausbreitet, weil es in die Umgebung abgeleitet worden wäre.

6.) Das Ausbreiten des Gases im *MGS* führte zu einer Ausbreitung über die gesamte Bohrinself. Die Konstruktion des *MGS* war nicht geeignet, diesen Übertritt zu verhindern. Damit konnte das Gas mit Zündfunken in Kontakt kommen.

7.) Das Sicherheitssystem der Bohrinself (*fire and gas system*) verhinderte nicht die Zündung des explosiven Gases. Im Gegenteil: das Heizungs-, Belüftungs- und Klimasystem trug zur Verbreitung des Gases auf der gesamten Bohrinself bei.

8. Das Notfallsystem des *BOP* führte nicht dazu, dass das Bohrloch verschlossen wurde. Vermutlich wurde dieses System durch die Explosion beschädigt. Jedenfalls gelang es der Crew nicht, die Notfallsequenz zu aktivieren. Auch die automatische Sequenz zur Schließung des Bohrlochs durch den *BOP* funktionierte nicht. Ursache hierfür sind vermutlich Fehlfunktionen und Fehler in beiden unabhängig voneinander arbeitenden hydraulischen Systemen (siehe Abb. 2). Im gelben Teil war ein Magnetventil defekt und im blauen Teil war eine Batterie zu schwach, um die für die Operation benötigte Leistung zur Verfügung zu stellen.

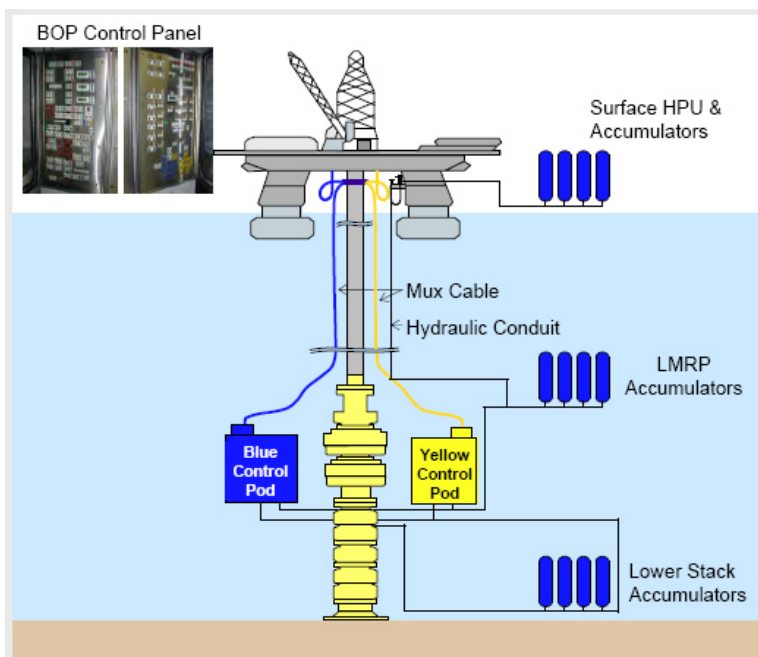


Abb. 2 Die beiden Kontrollstrecken, blau (links) und gelb (rechts), des *BOP* (entnommen aus KINGDOM DRILLING 2010)

Das letzte Glied vor der Katastrophe war der *BOP* und sein Versagen hatte die Katastrophe zur Folge. Im Bericht der *BP* wird deutlich gemacht, dass alle drei unterschiedliche Wege, den *BOP* zu aktivieren, nicht zum Ziel führten. Am Anfang konnte die Mannschaft den *BOP* nicht vom Kontroll-

raum bedienen, dann versagte die Automatik und auch die *quasi manuelle* Inbetriebnahme durch Unterwasserroboter schlug fehl. Der *BOP* ist ein großes Ventil, welches das Bohrloch verschließen soll. In der Abb.3 erkennt man, dass der *BOP* mehrere Verschlussarten realisieren kann. Blindbacken verschließen das Loch, wenn kein Gestänge im Weg ist. Gestängebacken umfassen den Bohrstrang in der Mitte und dichten somit das Loch ab. Für den Notfall werden die Scherbacken aktiviert, die das im Bohrloch befindliche Gestänge einfach abscheren und so das Loch abdichten. Daneben gibt es noch *Universalpreventer* (REICH 2009, S. 35), die aber in den *BOP* der *deepwater horizon* wohl nicht zum Einsatz kamen.

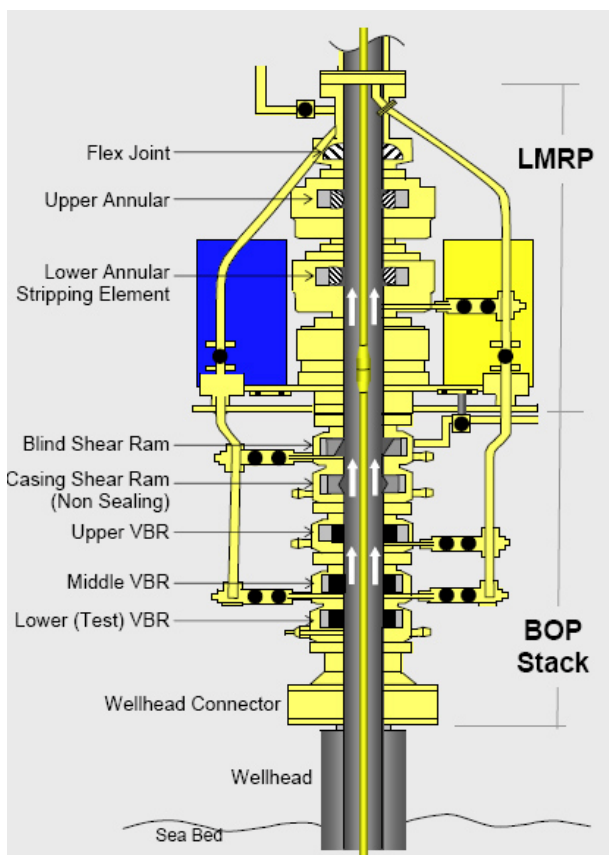


Abb. 3 Der sog. *blowout preventer* (entnommen aus KINGDOM DRILLING 2010).

Technische Umweltbildung

Soweit die Darstellung, wie man sie mehr oder weniger den Dokumenten von *BP* entnehmen kann. Die faktenreiche Darstellung in dem *BP*-Bericht verdeckt allerdings, dass durch die Aneinanderreihung von noch so vielen Fakten keine Erklärung des Unglücks geliefert wird. Als einziger Erklärungsansatz wird das Unglück auf das Zusammentreffen vieler einzelner

Ereignisse zurückgeführt, die für sich genommen nicht zur Katastrophe führen mussten. In der Abb. 4 wird dies anschaulich vorgeführt.

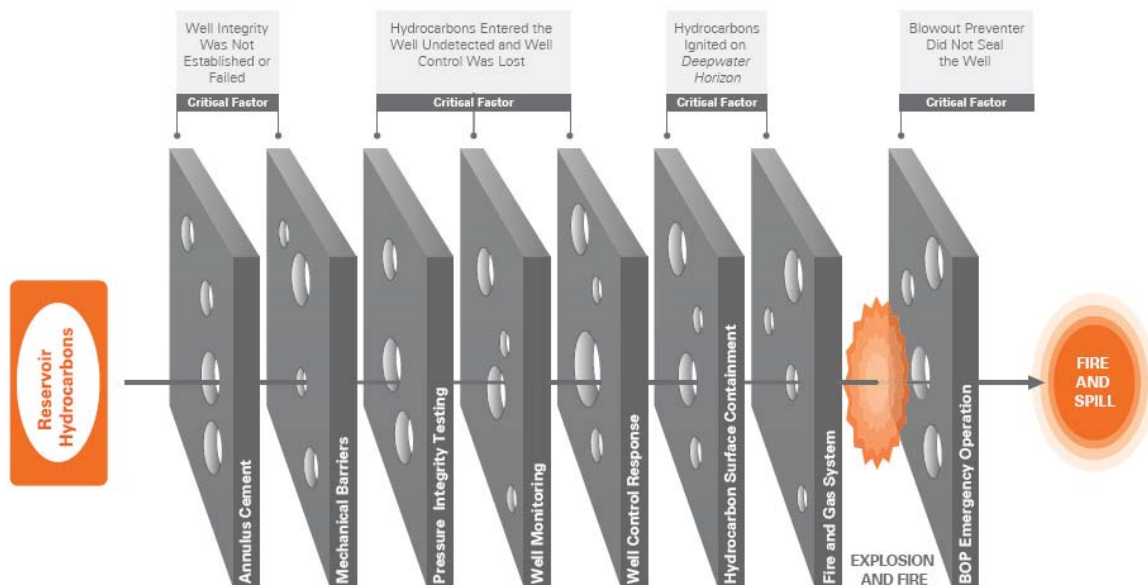


Abb. 4 Der Erklärungsansatz von BP. Das Unglück als Zusammentreffen kritischer Faktoren (BP 2010, S. 32)

Die Logik des Arguments lebt von der Bezeichnung eines Ereignisses als *kritischer Faktor*. Am Beispiel des Zements: Offenkundig wurde bei Herstellung und Verwendung des Zements geschlamppt, d.h. sowohl bei der Herstellung als auch bei der Verwendung wurde gegen die Regeln des Qualitätsmanagements verstoßen. In der Sprechweise vom *kritischen Faktor* wird dieses Handlungsergebnis zu einem Ereignis, das sich in die Folge anderer Ereignisse einreicht, wie z.B. dem Versagen der mechanischen Barrieren. Vertuscht wird durch diese Betrachtung, ob sich das Ereignis deswegen ereignete, weil ein technisches System mit Notwendigkeit versagte, man also in Zukunft wieder damit rechnen muss, wenn die gleichen Umstände wieder eintreten oder zufällig, so dass nur von einer – vielleicht noch zu reduzierenden – Eintrittswahrscheinlichkeit geredet werden kann. Nach jeder Katastrophe werden solche Betrachtungen angestellt. So wurde z.B. nach dem Unglück in Eschede erkannt, dass es bei der damaligen Konstruktion der Radreifen (gummigefederte Radreifen) mit Notwendigkeit zu Brüchen im Material kommen muss, wenn diese durch den zweckgemäßen Gebrauch bis zu einem gewissen Grad belastet werden.

Die Bohrtechnik hat eine lange Geschichte und damit einhergehend auch Katastrophen der Ölförderung (siehe die Liste bedeutender Ölunfälle in *Wikipedia*). Im Jahre 1910 bohrte die *Lakeview Oil Company* ein Ölfeld an. Die verwendeten Rohre hielten dem gewaltigen Druck allerdings nicht

stand und das Öl sprengte Rohre und Bohrturm einfach weg. Die verwendete Technik war dem Druck im Bohrloch nicht gewachsen, was die Ölgesellschaften aber auch schon damals nicht davon abhielt, diese für die Ausweitung ihres Geschäfts einzusetzen. Damals war man überhaupt nicht in der Lage, das Loch zu stopfen und das Öl sprudelte anderthalb Jahre lang. Nach dem Auslaufen von 1,4 Milliarden Litern (1,2 Mio. t) Öl hatte die Natur dann ein Einsehen und losgerissenes Gestein verschloss von selbst die Quelle, die von der Ölfirma nicht beherrscht werden konnte (STAUD 2010). Diesen kläglichen Zustand hat die Bohrtechnik inzwischen längst überwunden. Sie ist zu einer echten Ingenieurwissenschaft geworden. Das bedeutet auch: Anders als vielleicht 1910 ist nicht fehlendes Wissen über die Bedingungen im Bohrloch Auslöser der Katastrophe. Im Bericht von BP klingt dies beim Zement an, wenn die Nichteinhaltung von Qualitätsstandards beklagt wird. Um es auf den Punkt zu bringen: Am Bohrloch wurde wider besseres Wissen gehandelt.

Die Entwicklung der Bohrtechnik in den letzten Jahrzehnten

Die Behauptung, dass der Bohrtechnik - wie jeder modernen Technik - eine Technologie, also ein systematischer, auf dem entwickelten Methoden- und Erkenntnisinstrumentarium einer Ingenieurwissenschaft basierender Wissensbereich zugrunde liegt, soll an einigen Beispielen aus den letzten Jahrzehnten illustriert werden. Auch hier habe ich mich des Buches von REICH (2009) bedient.

Die jeden Novizen der Bohrtechnik sicherlich sehr beeindruckende Entwicklung ist der Übergang von der Vertikal- zur Horizontalbohrtechnik. Jeder Laie, der das Bohrgestänge für eine Bohrung aus nächster Nähe sieht, dürfte Schwierigkeiten damit haben, sich vorzustellen, wie mit diesen massiven Rohren ein Übergang von der Vertikalen in die Horizontalen möglich sein soll. Dabei ist ausgerechnet das scheinbar Einfache, nämlich das vertikale Bohren, das Schwierige. Auch früher, als an beabsichtigten Abweichungen von der Vertikalen noch nicht zu denken war, hat man schon Abweichungen beobachtet. Man führte einfach eine Glasröhre mit einer Säure in das Bohrgestänge eines Bohrlochs ein. Die Säure trübte das Glas, wo es sie berührte und als man es aus dem Bohrloch zurückholte, hatte man den Beweis, dass die Bohrung nicht streng vertikal verlief, sondern sich zumindest stellenweise der Horizontalen zuneigte.

Was früher unvermeidbar, weil unkontrollierbar war, wurde durch die Weiterentwicklung der Antriebstechnik für die Rotation des Bohrers der Kontrolle zugänglich. In der klassischen Bohrtechnik muss das ganze Gestän-

ge in Rotation versetzt werden, damit sich der Bohrer am Grund in das Gestein fressen kann. Demgegenüber weist der durch die Bohrspülung angetriebene Bohrer eine erheblich höhere Energieeffizienz auf. Die Bohrspülung besteht aus einem künstlich hergestellten Schlamm, der von dem Bohrturm zum Bohrkopf gepumpt wird. Ursprünglich hatte dieser Schlamm nur die Aufgabe, das zerkleinerte Gestein abzutransportieren. Heute wird damit der Bohrmotor angetrieben. Aber darin ist die Funktion der Bohrspülung noch längst nicht erschöpfend dargestellt.

Damit von der Vertikalen kontrolliert abgewichen werden kann, benötigt man nicht nur die Information, wie tief das Bohrgestänge im Bohrloch steckt (was früher durchaus reichte), sondern auch die von der Vertikalen abweichende Position. In heutigen Bohrgestängen steckt daher ein *GPS*-System, mit dem eine genaue Ortsbestimmung möglich ist. Der aufmerksame Zeitungsleser wird sich vielleicht gewundert haben, dass *BP* nach der Katastrophe eine weitere Bohrinself am Ort des Geschehens positionierte und von dort eine Entlastungsbohrung plante. Ist schon das Bohren eines viele Kilometer tiefen Lochs in mehr als 1000m Wassertiefe beeindruckend, so ist das kontrollierte Treffen dieses Bohrlochs von einer benachbarten Bohrinself verblüffend. Möglich wird dies durch Bohrmotoren und Positionsbestimmungssysteme im Bohrkopf. Doch damit ist die technische Entwicklung der letzten Jahre noch lange nicht erschöpfend dargestellt. Weitere Sensoren für die Messung vor Ort kommen hinzu, so z.B. die Messung der lokalen Materialzusammensetzung durch Gammastrahlen. Der Bohrkopf ist heutzutage ein Produkt einer extrem weit entwickelten Technik. Unter den Bedingungen hoher Temperaturen und Drücke führen eigens entwickelte elektronische Bausteine den Bohrkopf *intelligent* durch die Gesteins- und Lagerschichten und haben dazu beigetragen, dass die Angaben über das Ausmaß der förderbaren Ölreserven in den letzten Jahren ständig nach oben korrigiert werden mussten. Ein Hightechbohrkopf verfügt über *Intelligenz*, eine eigene Energieversorgung, einen eigenen Antrieb und ist in der Lage, mit der Bohrinself zu kommunizieren. Da keine Kabel im Bohrloch verlegt werden können, stellt der technisch Interessierte natürlich die Frage, wie die Daten vom Bohrkopf zur Bohrinself kommen. Die Antwort darauf bringt die Bohrspülung wieder ins Spiel. Ihr werden durch den Bohrkopf Druckimpulse aufgeprägt, die an Bord der Bohrinself in Daten umgewandelt werden. Auch die Materialwissenschaften haben die Bohrtechnik entscheidend voran gebracht: Heutige Bohrer halten den enormen Belastungen viel länger stand als frühere. REICH präsentiert auf seiner Internetseite den Vergleich von zwei Bohrköpfen 2001 und 2005: Während der erste einen *Rekordmarsch* von 787m ablieferte, waren es vier Jahre später 4096m. Auch die Länge der Produktionsbohrung über den vertikalen und horizontalen Bereich ist in den letzten Jahren drastisch an-

gewachsen, waren es 1989 noch 500m, waren es 2004 fast 4500m, gleichzeitig reduzierte sich die Toleranz von früher mehr als 1,5m auf 2004 0,5m. Um es mit anderen Worten zu sagen: Um einen gegebenen Standort herum kann eine Bohrinselfür zum Beispiel in einem Radius von 2 bis 3 km jede Öllagerstätte auf 50 cm genau anbohren. Statt früher vertikal durch die eher horizontal ausgedehnten Lagerstätten durchzubohren, windet sich der Bohrkopf heute durch die ölreichsten Bereiche der Lagerstätte, folgt ihrem Verlauf und beutet sie heute in einem Ausmaß aus, von dem man früher nur träumen konnte.

Die Ausdehnung der Ölbohrungen auf die hohe See führt zu besonderen Herausforderungen, deren technische Meisterung zu eindrucksvollen Gebilden geführt hat. Bohrplattformen entsprechen geradezu in idealtypischer Weise dem Größer, Weiter, Besser einer populären Technikbetrachtung, die sich auf Fernsehsendern wie *NTV* oder *N24* regelmäßig in eindrucksvollen Reportagen niederschlägt. Bohrinselfür verkörpern die in technische Artefakte geronnene Fähigkeit zur Naturbeherrschung in imposanter, ja beinahe brachialer Weise.

Analysiert man die Situation aber einmal nicht nach der Seite des Spektakulären, stellt man folgendes fest. Neben der Spitzentechnik, die oben geschildert wurde und die die ökonomisch interessanten Leistungen erbringt, gibt es in der Bohrtechnik auch Bereiche, die ein eher kümmerliches Dasein fristen, wenn man die technische Entwicklung betrachtet. Für einen intelligenten Bohrkopf, der sich seinen Weg zur Lagerstätte weitgehend selbstständig sucht und bereits aufgegebene Lagerstätten wieder zum Sprudeln bringt, kann kaum ein Preis zu hoch sein. Investitionskosten in die Entwicklung dieser Technik, vorgenommen von hoch spezialisierten Firmen, die es zu Umsätzen im zweistelligen Milliardenbereich und mehr als 100 000 Mitarbeitern bringen, wie z.B. *Schlumberger* und *Haliburton*, sind lohnend, weil die damit möglichen Instrumente und Geräte diese Investitionen durch Verkauf und Vermietung wieder einbringen. Das Risiko ist vergleichsweise gering, da neue Lagerstätten, die einfach zu erschließen wären, nicht mehr gefunden werden oder zumindest den privaten Ölfirmen nicht zugänglich sind. Sie müssen sich um die technisch anspruchsvollen Fördergebiete kümmern, benötigen dazu Bohrtechnik am Rande des technisch Machbaren, zahlen dafür aber auch den geforderten Preis, weil er für sie eine lohnende Investition ist, also eine, die ihr Geld mit Zinsen wieder einfährt. Die Förderkosten für ein Barrel Öl (159l) sind im Golf von Mexiko mit ca. 15\$ 10 mal höher als in Saudi-Arabien, wo 1,5\$ reichen (SEIFERT; WERNER 2008, S.22).

Das Aschenputtel dieser Hightech-Welt ist der *blow out preventer (BOP)*. Früher und auch heute noch bei den Bohrtürmen an Land ein Bestandteil des Bohrturms, also im unmittelbaren Zugriff der Bohrmannschaft, ist er auf See bis zu 2000m von der Bohrplattform getrennt und findet sich dort auf dem Grund der See wieder, wo er das zur Lagerstätte führende Bohrloch sicher verschließen soll. Diese Trennung von Bohrturm und *BOP* hat allerdings zu keinen wirklich neuen technischen Entwicklungen Anstoß gegeben. Es gibt nichts, was die besondere Situation am Meeresgrund in ähnlicher Weise widerspiegelt, wie der Richtkopf eines modernen Richtbohrsystems die neue Möglichkeit der Horizontalbohrung. Die Technik des *BOP* wurde nicht weiterentwickelt, sondern nur mehr schlecht als recht an die neuen Verhältnisse unter Wasser angepasst. Es steht also zu vermuten, dass die Weiterverwendung dieser Technik unter den Bedingungen der Tiefsee, für die der *BOP* nicht konzipiert wurde, mit Notwendigkeit weitere Ausfälle zur Folge haben wird.

Ich habe Herrn REICH befragt, ob er der These eines SZ-Kommentators zustimmt, der die unterschiedliche Entwicklung von Bohrtechnik und *BOP* thematisiert hat und die systematische Vernachlässigung der Sicherheitstechnik konstatiert hat. REICH hat geantwortet, dass er die Technik des *BOP* für ausgereift hält. Das Wort *ausgereift* ist interessant in diesem Zusammenhang. Es suggeriert, dass die Technik einer Weiterentwicklung nicht mehr bedarf, weil sie sich bewährt hat. Im Fall der Hochseesituation kann man durchaus von einer neuen Herausforderung für den *BOP* sprechen. Er ist nicht mehr unmittelbar zugänglich, sondern muss ggf. von Tauchrobotern betätigt werden. Er kann von der Mannschaft nicht mehr unmittelbar überwacht und betätigt werden, sondern nur per Fernbedienung. Bewähren muss er sich nicht nur im Normalbetrieb, sondern auch unter den Ausnahmebedingungen eines *kicks*. Letzteres ist aber kaum der Erfahrung zugänglich, da sich ja zum Glück solche Gaseintritte nur selten ereignen. Dies müsste in aufwendigen Simulationen im Labor erprobt werden.

Es ist schon erstaunlich, dass die Technik der Bohrlochabspernung im Notfall den veränderten Bedingungen am Meeresgrund so unzureichend angepasst wurde. Hier hat es – im Unterschied zur eigentlichen Bohrtechnik – keinen wirklichen technischen Fortschritt gegeben. Es liegt aber nicht am mangelnden Vermögen der in Frage kommenden Ingenieurwissenschaften, diese haben ihre Leistungsfähigkeit ja eindrucksvoll unter Beweis gestellt, sondern einzig und allein an den Auftraggebern, zu denen eben auch *BP* gezählt werden muss. Sie haben an einer Weiterentwicklung der Sicherheitstechnik nicht das gleiche Interesse, wie an der Entwicklung der Technik, die ihnen die profitdienliche Ausbeutung der Lagerstätte ermöglicht. Es ist nicht ohne Grund, dass in der Vergangenheit den Bohrfirmen

die Einrichtung eines zusätzlichen Prinzips der Schließung des Bohrloch per Gesetz auferlegt wurden musste. Diese Firmen haben eine reduzierte Wahrnehmung des Risikos und kommen für die Folgen von Umweltkatastrophen kaum auf, so dass die Sicherung des Bohrlochs aufgrund ihres ökonomischen Kalküls systematisch vernachlässigt wird. Wenn die staatliche Kontrolle nicht streng durchgeführt wird, wie es wohl im Golf von Mexiko der Fall war, und wie es in Ländern, wie z.B. in Nigeria, der Fall ist, dann sind Katastrophen vorprogrammiert.

Wenn man nun vernimmt, dass diese Firmen, die nach diesem Prinzip arbeiten, in der Arktis unter noch einmal verschärften Bedingung ihr Geschäft betreiben, dann darf man sich über die nächste Umweltkatastrophe nicht wundern.

Hinweise zur Aufarbeitung im Unterricht

Die Katastrophe am Golf von Mexiko ist natürlich kein rein technisches Thema, sondern eines, das die Zusammenarbeit mehrerer Fächer notwendig macht. Die Fächer Biologie (z.B. durch die Frage nach dem Verbleib des ausgelaufenen Öls und der Behauptung es sei von Mikroorganismen zersetzt worden), Chemie (z.B. zur Frage, wie unter Wasser Zement aushärten kann und welche Bedingungen dazu eingehalten werden müssen), Geographie (z.B. zur Frage, welche Verhältnisse in Lagerstätten herrschen) und Gemeinschaftskunde/Wirtschaftslehre (z.B. zur Frage nach den ökonomischen Gründen der Tiefseeförderung) können bei diesem Thema mit dem Fach Technik zusammenarbeiten. Das, was die benannten Fächer in übergreifender Weise zusammenführt, ist aber natürlich nicht der Fall der *Deepwater Horizon* an sich, der von ihnen je aus fachlicher Sicht aufgegriffen werden kann, sondern kann nur die gemeinsame Intention sein, die mit der Behandlung dieses Falls verfolgt werden sollte, also die Umweltbildung.

Wenn es um Umweltthemen geht, wird man gerade in der *UN-Dekade für nachhaltige Entwicklung* (siehe <http://www.bne-portal.de>) auf die Umweltbildung als gemeinsame Intention stoßen. Wenn man diese aus der offiziellen Sichtweise der UN und auch der Bundesregierung sieht, dann wird die Natur als etwas Schützenswertes betrachtet, die den kommenden Generationen so überlassen werden sollte, „*dass diese dieselben Chancen auf ein erfülltes Leben haben wie wir*“, wie es auf der BNE-Seite heißt. Weiter heißt es: „*Der einzelne erfährt durch Bildung für nachhaltige Entwicklung: Mein Handeln hat Konsequenzen. Nicht nur für mich und mein Umfeld, sondern auch für andere. Ich kann etwas tun, um die Welt ein Stück zu*

verbessern.“ Wird beim klassischen Bildungsbegriff davon ausgegangen, dass die Bildungseinrichtung im Sinne der Aufklärung dazu beitragen muss, dass ein Schüler lernt, die Welt zu begreifen, dass er lernt, eigene Urteile zu fällen, seinen eigenen Verstand zu gebrauchen, scheint es bei der Umweltbildung anders zu liegen. Die klassische Bildung zielt darauf, den Verstand zu entwickeln, indem man lernt, Argumente zu gebrauchen und zu verstehen. In diesem Sinne hätte ein Bildungsansatz dazu beizutragen, dass Schüler verstehen, warum denn permanent Umwelt und Menschen durch bestimmte Handlungen beschädigt werden, warum Firmen wie *BP* weitermachen können, auch wenn sie es an der vernünftigen Einstellung zur Umwelt offenkundig mangeln lassen. Die *Bildung für nachhaltige Entwicklung* unterstellt, dass der Grund für Umweltschädigung in der Einstellung zur Umwelt zu suchen ist. In dieser Weltsicht bleibt für die Erklärung der beobachteten fortgesetzten Umweltschädigung kaum noch ein anderer Gedanke übrig als der: Da sind lauter Schurken am Werk. Diese schlichte Sicht müsste z.B. bei der Beobachtung der Überfischung der Weltmeere an sich selbst verrückt werden. Denn Gauner sind ja auf ihren eigenen Vorteil bedacht und würde gerade nicht den Zweig absägen, auf dem sie sitzen. Auch das Desaster am Golf von Mexiko ist mit dieser Sicht der Dinge nicht zu erklären, da *BP* sich selbst an den Rand des Ruins gebracht hat. Es ist offenkundig, dass die Handlungen von *BP* nicht allein aus den Einstellung und Haltungen ihrer Mitarbeiter erklärt werden können, sondern nach strukturellen Ursachen gesucht werden muss.

Technische Umweltbildung geht von der Technik aus und thematisiert, dass es beim Einsatz von Technik neben den beabsichtigten Wirkungen auch unbeabsichtigte Folgen geben kann. ROPOHL erklärt, dass Technik nicht getrennt von den Handlungen verstanden werden kann, in deren Kontext Technik gebraucht, entwickelt und eingesetzt wird. Nimmt man diesen Ansatz ernst, muss in Bezug auf die Ölpest am Golf von Mexiko erklärt werden können, warum die Technik die beschriebene ungleichmäßige Entwicklung bei Bohrstrang und *BOP* genommen hat. Die Vernachlässigung der Sicherheit ist keine zufällige Seite der Technikentwicklung, sondern auf strukturelle Ursachen zurückzuführen. Diese sind übrigens selbst in der Umweltbranche nicht ganz unbekannt. So gab es z.B. bei Windrädern eine Häufung von Schäden an Getriebe und Fundament, die zu Bränden und Brüchen führte (*Spiegel* 2007). Auch hier gab es strukturelle Gründe: Im Boom haben die Hersteller von Windrädern ihre Anlagen auf der Grundlage von Schätzungen und Rechnungen vergrößert, ohne aufwändige Experimente und Tests durchzuführen. Die Schwingungen gerade bei Spitzenbelastung durch Windböen einer doppelt so großen Anlage nahmen aber nicht - wie erwartet - linear zu, sondern in viel größerem Ausmaß. Es reicht also nicht, ein einmal realisiertes Windrad einfach hochzu-

rechnen, sondern die Verdopplung der Größe erfordert eine neue Konstruktion und neue Tests im Labor. Dies ist mit Zeit verbunden und in dieser Zeit geht den Produzenten ein mögliches Geschäft verloren, weil die Nachfrage so dramatisch angestiegen ist und auch von Konkurrenten bedient wird. Auch hier ist also kein böser Wille am Werk, außer man wollte Geschäftstüchtigkeit als bösen Willen betrachten.

Für den konkreten Unterricht bedeutet das nun, dass man im Unterricht strukturelle Gründe erfahrbar machen muss. Wer erlebt hat, dass er durch die Dynamik einer Situation, deren Randbedingungen nicht von ihm gesetzt wurden, in der er aber nach den vorgegebenen und eingehaltenen Spielregeln zu Handlungsergebnissen gekommen ist, die er in einer ruhigen Reflexion kritisieren würde, ist für das Wirken struktureller Ursachen sensibilisiert. Aus diesem Grund sollte ein Planspiel in der Unterrichtsgestaltung nicht fehlen.

Literatur

BP 2010: Deep water horizon accident report. BP 8.9.2010:

http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/incident_response/STAGING/local_assets/downloads_pdfs/Deepwater_Horizon_Accident_Investigation_Report.pdf letzter Aufruf 28.9.2010

REICH, MATTHIAS: Auf Jagd im Untergrund. Mit Hightech auf der Suche nach Öl, Gas und Erdwärme. Bad Salzdetfurth 2009.

KINGDOM DRILLING, Internetseite eines Beratungsunternehmens mit freiem download von Fachvorträgen: <http://www.kingdomdrilling.co.uk/Downloadfreelinks.aspx>

SEIFERT, THOMAS; WERNER, KLAUS: Schwarzbuch Öl. Eine Geschichte von Gier, Krieg, Macht und Geld. Berlin

STAUD, TORALF: Die Party geht weiter. Greepeace magazin Nr. 5/2010, S. 21 – 27.

SPIEGEL 2007: <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-52637606.html>

WIKIPEDIA: http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_bedeutender_Ölunfälle. Letzter Aufruf 21.10.2010

Heiko Schäfer

Mensch-Technik-Beziehungen analysieren: aktive und passive Sicherheitstechniken am Kfz

Vorbemerkung

In diesem Beitrag möchte ich über eine von mir bereits mehrfach unterrichtete Unterrichtssequenz im Technikunterricht der Jahrgangsstufe 13 berichten. Dabei werde ich auf die konkreten Unterrichtsinhalte sowie auf meine Erfahrungen eingehen.

1. Übersicht über die Unterrichtsinhalte der Schulhalbjahre 11/I bis 13/II

1.1. 11/I – Einführung in das Fach Technik – Technikbegriff Systeme des Energieumsatzes

Globales Energieproblem

- geschichtlicher Abriss der technischen Nutzung der Energie
- Energieumwandlung – Bereitstellung von Elektroenergie
- Umweltproblematik bei der Bereitstellung von Elektroenergie
- sorgsamer Umgang mit Energie

1.2. 11/II – Systeme des Informationsumsatzes

Hantieren – Mechanisierung – Automatisierung

- Grundlagen der Steuerungs- und Regelungstechnik
- Aufbau, Funktionsweise und sinnvoller Betrieb einer automatischen Heizungsanlage
- Entwicklungstendenzen bei Heizanlagen – Substitution von Brennstoffen

1.3. 12/I – Systeme des Stoffumsatzes – Unterrichtsgegenstand Kfz

Entwicklungsgeschichte des Kfz

Allgemeiner Aufbau von Maschinen

- Funktionsorgane von Maschinen
- Analyse eines Kfz – Zuordnung der einzelnen Baugruppen zu den Funktionsorganen

Antriebsorgane

- Verbrennungskraftmaschinen – Aufbau, Funktionsweise, Einsatz
- Optimierungsmöglichkeiten bei Verbrennungskraftmaschinen
- Elektromotore – Aufbau, Funktionsweise, Einsatz
- Vergleich der einzelnen Motorarten
- moderne Antriebsorgane - Hybridtechnik

1.4. 12/II – Systeme des Stoffumsatzes – Unterrichtsgegenstand Kfz

Übertragungsorgane

- Einteilung, Aufbau, Funktionsweise und Einsatzgebiete von Kupplungen
- Dimensionierung von Kupplungsbauteilen – Berechnung von Materialspannungen
- Einteilung, Aufbau, Funktionsweise und Einsatzgebiete von Getrieben
- Optimierung und Entwicklungstendenzen bei Getrieben

1.5. 13/I – Systeme des Stoffumsatzes – Unterrichtsgegenstand Kfz

Kfz-Fahrwerk

- Aufgaben und Baugruppen des Fahrwerks
- Rahmen, Radaufhängung, Federung, Lenkung, Bremsen
- Zusammenwirken der einzelnen Baugruppen
 - o Einfluss auf Verkehrssicherheit
 - o Folgen des Fahrwerkstunings – Auswirkungen auf Fahrverhalten
 - o Fahrwerkstuning kontra Verkehrssicherheit
- Konzipierung und Optimierung von Fahrwerken für spezielle Einsatzfälle

aktive und passive Sicherheitstechniken am Kfz (siehe Kapitel 2 bis 4)

1.6. 13/II – Systeme des Stoffumsatzes – Unterrichtsgegenstand Kfz

Moderne Produktion von Kraftfahrzeugen

- Einsatz von Industrierobotern
- Steuern mit dem Personalcomputer
- automatische Fabrik
- Entwicklungstendenzen in der modernen Produktion

2. Anliegen der Unterrichtssequenz „Aktive und passive Sicherheitstechniken am Kfz“

Meine Schule, das *Sally-Bein-Gymnasium Beelitz*, liegt im ländlichen Raum südlich von Berlin. Fast alle Schüler erwerben mit 18 bzw. 17 Jahren den Führerschein. Sie fahren dann sehr oft mit dem Pkw, welcher ihnen meist selbst gehört, auf Landstraßen und Alleen. Viele junge Fahrer in Brandenburg verursachen schwere und schwerste Verkehrsunfälle. Leider sind auch Schüler von den Schulen, an denen ich unterrichtete, im Straßenverkehr tödlich verunglückt oder wurden bei Verkehrsunfällen schwer verletzt. Mit dieser Unterrichtssequenz möchte ich ein hohes Sicherheitsbewusstsein bei den Schülern herausbilden. Die Einsicht in die Notwendigkeit der Einhaltung der Verkehrsregeln soll ebenfalls herausgebildet werden. Den Schülern soll bewusst gemacht werden, was Sicherheitstechniken an Kfz leisten können. Besonders wichtig ist dabei auch die Erkenntnis, was Sicherheitstechniken nicht leisten können. Die Erkenntnis der Schüler, dass nicht die Technik sondern der Mensch (Fahrzeugführer) durch eine verantwortungsvolle Fahrweise die meisten Verkehrsunfälle verhindern kann, ist sehr wichtig. Durch den Unterricht sollen die Schüler veranlasst werden, sich mit den Dokumentationen ihrer Kfz zu befassen und sich über das Vorhandensein von entsprechenden Sicherheitstechniken an ihren Kfz bewusst werden. Dabei sollen die Schüler erkennen, wie diese Sicherheitstechniken korrekt genutzt werden. Die Schüler sollen auch einsehen, dass die sachkundige Wartung und Reparatur von Kfz eine wesentliche Voraussetzung für ein sicheres Fahren ist. Durch das im Technikunterricht entwickelte technische Verständnis sollen die Schüler die Einsicht gewinnen, dass Umbauten an Kfz, besonders an Fahrwerken, nur in bestimmten Grenzen möglich und erlaubt sind und dennoch Auswirkungen auf das Fahrverhalten und somit auf die Verkehrssicherheit haben.

3. Einordnung in den Rahmenplan

Die Unterrichtssequenz *Aktive und passive Sicherheitstechniken am Kfz* ist im Schulhalbjahr 13/I angesiedelt. Im Folgenden stelle ich die in dieser Unterrichtssequenz behandelten Unterthemen laut Rahmenplan Technik vor.

Unterthemen

- Analyse und Konstruktion technischer Anlagen / Systeme im Verbund

Im Unterricht werden der Aufbau und die Funktionsweise der einzelnen Sicherheitssysteme besprochen. Dabei wird auf die Aufgaben der einzelnen Systeme im Rahmen des Gesamtsystems Kfz eingegangen.

- Untersuchung der Prinzipien des Verbundprozesses

Hier liegt der Schwerpunkt auf dem Zusammenwirken der einzelnen Sicherheitssysteme bei der Vermeidung von Unfällen und beim Schutz von Personen bei einem Unfall. Weiterhin wird besprochen, wie die Sicherheitssysteme mit Fahrwerk, Motor und Karosserie zusammenwirken müssen, um ihre Aufgaben erfüllen zu können.

- Diskussion von Optimierungsvarianten

Es wird besprochen, wie die einzelnen Sicherheitssysteme optimiert werden können. Dabei wird auch auf den Fahrzeugmarkt und Akzeptanz der einzelnen Systeme eingegangen. Kosten-Nutzen-Betrachtungen werden im Unterricht ebenfalls ange stellt.

4. Darstellung der Unterrichtsinhalte, Unterrichtsgestaltung und Erfahrungen

4.1 Unterrichtsinhalte

- Ursachen von Unfällen – speziell bei Jugendlichen
- Unterscheidung in aktive und passive Sicherheitstechniken – Merkmale
- Überblick über heutige Sicherheitstechniken – Zweck und Einordnung als aktive oder passive Sicherheitstechniken
- Zweck, Aufbau, Funktionsweise und Grenzen ausgewählter Sicherheitstechniken – mindestens ABS, ESP, ASR, Knautschzone und stabile Fahrgastzelle, Sicherheitsgurt, Airbag, Möglichkeiten des Fußgänger- und Radfahrschutzes
- aktuelle Entwicklungen bei einzelnen Sicherheitssystemen
- Fahrassistenzsysteme – Überblick und Zweck
- Entmündigung des Fahrzeugführers durch Fahrassistenzsysteme
- korrekte Nutzung der Sicherheitstechniken zur Vermeidung von Unfällen bzw. zur Minderung von Unfallfolgen
- Wie können Fahrzeugführer zur Vermeidung von Unfällen beitragen?

4.2 Unterrichtsgestaltung

Zu Beginn der Unterrichtssequenz führen die Schüler in Gruppen Internetrecherchen zu Unfallursachen durch und stellen ihre Ergebnisse der gesamten Lerngruppe vor. Die einzelnen Schülergruppen recherchieren unter verschiedenen Gesichtspunkten (z. B. Unfallzahlen im Ländervergleich,

Unfallzahlen und Altersgruppen, Unfallursachen in den einzelnen Altersgruppen). Anschließend werden die Unfallursachen in der Lerngruppe diskutiert. Dabei werden Rückschlüsse auf das eigene Verhalten der Schüler im Straßenverkehr herausgearbeitet.

Im Lehrervortrag werden die Schüler mit der Einteilung in aktive und passive Sicherheitstechniken vertraut gemacht. Im anschließenden Unterrichtsgespräch werden Sicherheitstechniken zusammengetragen und zu den aktiven oder passiven Sicherheitstechniken zugeordnet. Nach entsprechender Vorbereitungszeit stellt jeder Schüler der Lerngruppe eine Sicherheitstechnik in einem Kurzvortrag vor. In diesen Kurzvorträgen wird auf den Zweck, den Aufbau, die Funktionsweise und die Grenzen der jeweiligen Sicherheitstechnik eingegangen. Ein wichtiger Teil des Kurzvortrags ist auch die korrekte Nutzung der vorgestellten Sicherheitstechnik. Wenn durch die Kurzvorträge nicht alle in den Unterrichtsinhalten genannten Sicherheitstechniken vorgestellt werden, stelle ich die noch fehlenden Sicherheitstechniken im Lehrervortrag vor.

Den Kurzvorträgen schließt sich eine Diskussion über das Zusammenwirken, die Grenzen und Optimierungsmöglichkeiten der Sicherheitstechniken an. In diesem Unterrichtsabschnitt werden geeignete Modelle verwendet, welche auch von den Schülern selbst gebaut oder beschafft werden.

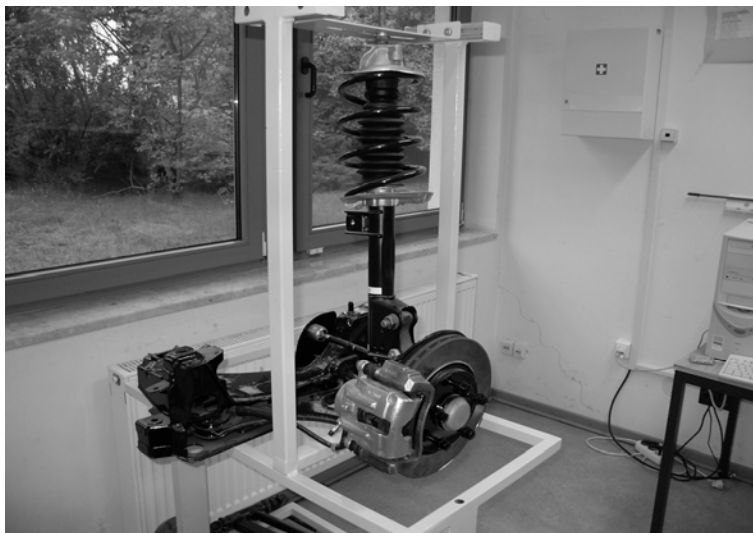


Abbildung 1: Vorderradaufhängung

Am Modell einer Vorderradaufhängung, welches in einem Projekt mit der Mercedes-Benz Ludwigsfelde GmbH entstand, wird das Zusammenwirken von Sicherheitstechniken und Fahrwerk veranschaulicht. Dabei werden auch die Ausstattung marktfähiger Kfz mit Sicherheitstechniken und die Kosten-Nutzen-Problematik sowie die Akzeptanz der einzelnen

Sicherheitstechniken in den einzelnen Fahrzeugklassen diskutiert. Es werden auch Entwicklungstendenzen bei Sicherheitstechniken in der Diskussion herausgearbeitet.

Am Ende der Unterrichtssequenz wird das Thema *Motorleistung kontra Verkehrssicherheit* diskutiert.

4.3 *Erfahrungen*

Die Schüler besitzen zu diesem Thema viele Erfahrungen und bringen diese bereitwillig in den Unterricht ein. Es ist ein großes Interesse der Schüler an der Kfz-Technik allgemein aber auch an Themen der Verkehrssicherheit festzustellen. Durch Schilderungen eigener Erlebnisse im Zusammenhang mit kritischen Verkehrssituationen oder Verkehrs-unfällen tragen Schüler zur Veranschaulichung und zum Wissenserwerb bei. Das große Interesse der Schüler an diesem Thema wird durch viele Fragen der Schüler dokumentiert. Häufig werden die gestellten Fragen durch Schüler selbst beantwortet.

Der Wechsel von selbständiger Schülertätigkeit und anschließender Diskussion funktioniert bei diesem Thema sehr gut. Die Schüler zeigen eine sehr gute Diskussionskultur. In langen Phasen des Unterrichts kann ich als Lehrer in den Hintergrund treten. Die Schüler legen in den Diskussionen die konkreten Inhalte selbst fest, so dass ich nur noch orientierende Anregungen geben muss. In dieser Unterrichtssequenz werden die Schüler sehr oft aktiv. Der Unterricht ist sehr schülerorientiert.

Die Schüler beweisen, dass sie sich selbständig mit neuen Techniken auseinandersetzen und diese bewerten können. Im Unterricht kommen von Seiten der Schüler oft Anregungen zu neuen Unterrichtsinhalten.

In den Diskussionen wird deutlich, dass Schüler über ihr eigenes Verhalten im Straßenverkehr reflektieren und entsprechende Rückschlüsse für ihr zukünftiges Verhalten ziehen. Gerade daraus entnehme ich, dass zumindest teilweise meine eingangs dargestellten Ziele erreicht werden.

Andreas Vogler

RFID - radiofrequente Identifizierung begreifen

Zukunftstechnologien als Unterrichtsinhalt

Vorbemerkung

Auf der Suche nach relevanten Unterrichtsinhalten gibt es vielfältige Zugänge. BERND MEIER verwies auf die Delphi-Methode und orientierte auf Zukunftstechnologien als Inhaltselement für die allgemeine technische Bildung. (vgl. MEIER 2001, S. 58)

Ich folge nachstehend dieser Position und werde exemplarisch eine solche Technologie inhaltlich darstellen und Anregungen für die Umsetzung im Unterricht aufzeigen.

RFID und Healthcare, RFID und Automotive, Modernes Zutritts- und Berechtigungsmanagement, Produktpiraterieschutz im Maschinen- und Anlagenbau durch Kennzeichnung – bereits beim ersten Überfliegen des für den Monat September 2010 durch die Fachzeitschrift RFID im Blick zusammengestellte Seminar- und Konferenzangebotes zeigt sich, die Vielfältigkeit der RFID-Technik. Aber nicht nur das Angebot an Konferenzen und Seminaren ist groß, auch der reale Einsatz hat in verschiedenste Wirtschaftskreise schon Einzug gehalten beziehungsweise wird dort erforscht. So hat die GERRY WEBER INTERNATIONAL AG die RFID-Technik in den letzten Jahren erfolgreich getestet und hat nun alle Märkte erfolgreich auf diese umgestellt, dazu aber später mehr. Auch andere große Firmen, wie zum Beispiel die Holding-Gesellschaft METRO GROUP unterhält in Nordrhein-Westfalen einen Future Store (siehe www.future-store.org), in welchem neue Technologien, wie auch RFID, unter realen Bedingungen getestet werden. Auch im privaten Leben kommt RFID inzwischen zum Einsatz. So beinhaltet zum Beispiel jeder seit dem 1. November 2005 ausgegebene Reisepass, einen RFID-Chip. Aber auch die meisten Warensicherungssysteme, mit welchen jeder beim täglichen Einkaufen bewusst oder unbewusst in Berührung kommt, funktionieren auf dem Prinzip von RFID. So kann also auch in der neuen Jacke eines Schülers oder auf der Verpackung der neuen CD ein RFID-Chip vorhanden sein. Und auch der Zugangsschlüssel für den Fahrstuhl der Schule kann auf dieser Technologie basieren.

Um Schülerinnen und Schülern diese Technologie verständlich und vor allem auch begreifbar zu machen, bietet sich das System *NXT Mindstorms*

der Firma LEGO® an. Wie dies geschehen kann soll dieser Artikel kurz umreißen.

1. Was bedeutet RFID?

Die Buchstaben *RFID* stehen für *Radio Frequency Identification*, also die Identifikation durch elektromagnetische Wellen. Damit gehört dieses System zur Gruppe der automatischen, maschinenlesbaren Identifikation, wie auch Iris-, Fingerabdruck- oder Stimmerkennung. Die wesentliche Funktion eines *RFID*-Systems ist dabei der inhaltlich vollständige, erfolgreiche Empfang des Transpondersignals sowie die erfolgreiche und richtige Programmierung des Chips. (vgl. Kern2007, S. 38)

Dabei handelt es sich grundsätzlich um keine neue Erfindung. Die ersten *RFID-Anwendungen* wurden bereits zum Ende des zweiten Weltkrieges zur Freund-Feind-Erkennung eingesetzt. Spätere Entwicklungen konzentrierten sich dann auf die Identifikation von Bauteilen (*Siemens Car Identification*) in der Autoindustrie. In den 1970er Jahren wurden dann erste (primitive) Vorläufer der *RFID-Technik* für elektronische Warensicherungssysteme eingesetzt. Weitere Einsatzgebiete waren zum Beispiel in den 1980er bzw. 1990er Jahren die Erfassung von Mautgebühren in den USA und Norwegen oder elektronische Schlösser, Tankkarten oder Skipässe.

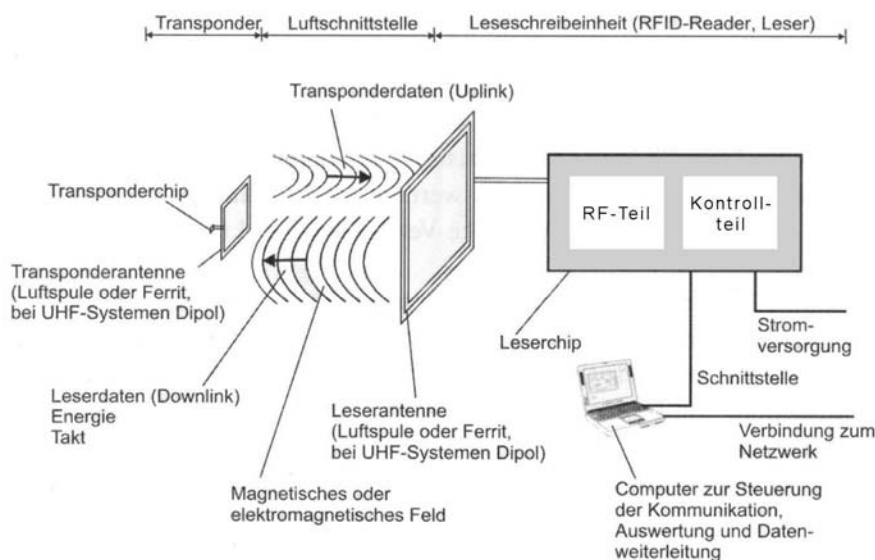


Abb. 1: Grundlegender Aufbau und Funktion eines RFID-Systems

Grundsätzlich handelt es sich um eine kontaktlose, auf Abruf gestartete Übermittlung vom Transponder zum Lesegerät. Das heißt also, der Chip sendet nicht wahllos die auf ihm gespeicherten Daten, sondern nur nach

vorhergehendem Abruf durch den Leserchip. Wie auf Abbildung 1 gut zu erkennen ist, besteht zwischen dem Transponderchip und der Leserantenne kein direkter Kontakt. Dabei kann, je nach Bauform bzw. Ausführung des Systems, dieser Abstand variieren.

Die Einteilung der *RFID-Systeme* kann nach verschiedenen Kriterien erfolgen. Dabei können Antennenart, Reichweite, Betriebsart, Frequenzbereich oder Transponderarten unterschieden werden. All dieses darzustellen, soll aber nicht Inhalt dieses Beitrags sein. Im Fokus soll vielmehr ein Überblick über diese neue Technologie liegen und die Möglichkeiten, welche sich bieten, diese zu vermitteln. Daher werden im Folgenden lediglich die Transponder näher betrachtet.

RFID-Transponder können neben dem Frequenzbereich, auch nach ihrer Stromversorgung unterschieden werden.



Abb. 2: Stromversorgung für Transponder

Dabei werden, wie in Abbildung 2 zu erkennen, die folgenden Kriterien unterschieden: passiv, aktiv und semi-aktiv.

Betrachten wir zuerst die *passiven Transponder*. Diese beziehen die für die Übertragung benötigte Energie durch Induktion. Hierfür entziehen sie dem elektro-magnetischen Feld der Leserantenne Energie, die für die Versorgung des Chips und das Senden der Informationen an die Antenne benötigt wird.

Im Gegensatz hierzu verfügen *aktive Transponder* über eine eigene Batterie für die Stromversorgung des Chips. Dadurch kann eine höhere Sendeleistung und somit ein größerer Abstand zwischen Transponder und Antenne erreicht werden. Durch die höheren Kosten der Transponder werden diese jedoch nur in Bereichen eingesetzt, wo sie keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielen und eine erhöhte Sendeleistung benötigt wird. Kritisch ist dabei anzumerken, dass aktive Transponder, durch die eingeschränkte Lebensdauer der integrierten Batterie, nur eine begrenzte Lebensdauer besitzen.

Um dieses Manko auszugleichen, wurden *semi-aktive Transponder* entwickelt. Da ihre Anschaffungskosten relativ hoch sind, werden sie meist nur für Spezialanwendungen mit hohen Anforderungen an die Lesereichweite eingesetzt. Der Vorteil dieser Transponderart besteht darin, dass die Energie, welche für die Übertragung der Daten benötigt wird, entweder von der integrierten Batterie geliefert wird oder durch Induktion erzeugt werden kann. Weiterhin ist es möglich, die Batterie durch die durch Induktion entstandene Spannung zu laden.

Neben den verschiedenen Stromversorgungsmöglichkeiten unterscheiden sich Transponder in ihren Bauformen. Diese gehen von Glaskapseln, Etiketten, Karten über Kunststoffkapseln bis hin zu Sondergehäusen für spezielle Anwendungen (vgl. Abbildung 3). Die Vielzahl an Bauformen resultiert dabei nicht zuletzt aus den speziellen Anforderungen der, bereits eingangs erwähnten, verschiedenen Anwendungsgebiete.

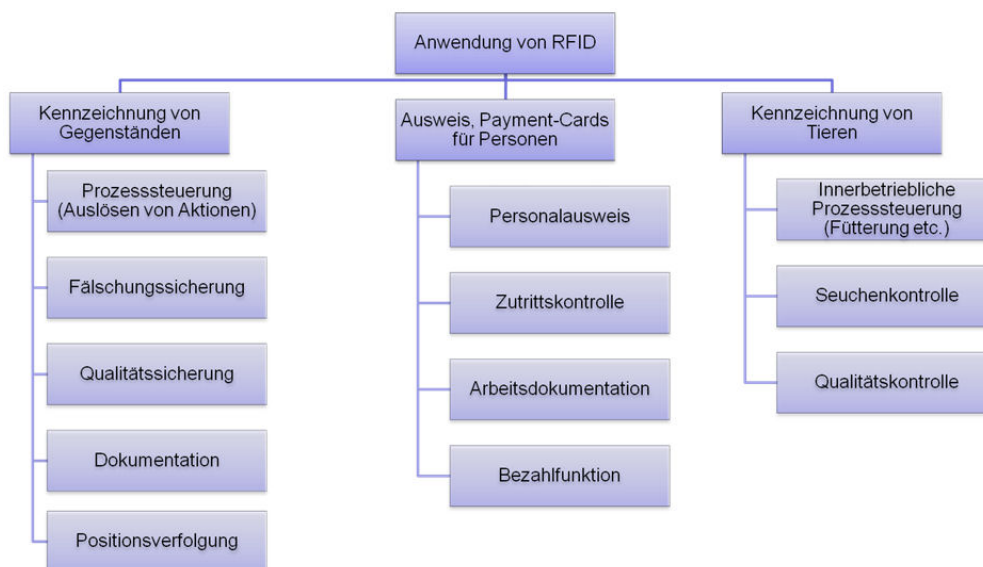


Abb.3: Anwendungen von RFID

Eine Auswahl die nicht auf Vollständigkeit abzielt, kann Abbildung 3 entnommen werden. Deutlich wird hier die Notwendigkeit der verschiedenen Bauformen.

Zum Beispiel werden für die Kennzeichnung von Tieren Kunststoffkapseln genutzt. So können Hunde beim Besuch des Tierarztes oder beim Verkauf eindeutig identifiziert werden. Weitergehend kann die Kennzeichnung von Kühen bei der Fütterung und der Logistik an automatischen Melkmaschinen helfen.

Im Gegensatz hierzu steht die Identifikation von Personen. Hier kommen heutzutage meist verschiedenste Karten zum Einsatz. Sei es nun die Zutrittskarte für einen sicherheitsrelevanten Bereich oder der neue Personalausweis (Einführung 1.11.2010), auf welchem die wichtigsten Daten zur entsprechenden Person gespeichert sind. Auch sind in diesem Bereich Kombinationen möglich.



Abb.4: Studentenausweis Universität Potsdam

So können sich Studenten der Universität Potsdam mit dem Studentenausweis (*PUCK* - *P*otsdamer *U*niversitäts *C*hip *K*arte) ausweisen, Bücher ausleihen, aber auch in Mensen oder an Kopierern bezahlen (Bezahlungsfunktion der Karte).

Bei der Kennzeichnung von Gegenständen hingegen wird meist aus der Vielfältigkeit der Bauformen frei gewählt. So werden *RFID*-Transponder für die Fälschungssicherheit von höherwertigen Produkten direkt in diese integriert oder zum Beispiel verschiedene Etiketten dafür genutzt, Herkunft und Unterbrechungsfreiheit der Kühlkette von verderblichen Waren sicherzustellen.

2. LEGO® Mindstorms NXT

2.1 Geschichte und Entwicklung

LEGO® *Mindstorms* ist eine Produktreihe vom gleichnamigen Spielzeughersteller. Es handelt sich dabei um ein System aus einem programmierbaren Baustein und diversen Sensoren und Aktoren, womit verschiedene technische Systeme gebaut und programmiert werden können.

Die Grundlagen für die *Mindstorms* Roboter-Technik wurden am MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT) gelegt. Im dort ansässigen *media lab* und *longlife kindergarten* wurden unter der Leitung von SEYMOUR A. PAPERT (siehe hierzu PAPERT 1982) verschiedene Techniken und Technologien entwickelt, die das Technikverständnis von Jugendlichen verschiedener Altersstufen stärken und Ansätze für den Einsatz in der Lehre bieten sollten.

Bereits im Jahr 1986 wurden erste Versuche gestartet, Computertechnologie mit LEGO® zu verknüpfen. Dieses Produkt konnte sich jedoch nicht am Markt durchsetzen. Erst durch die Einführung des *Robotic Command Ex-*

plorer (RCX) im Jahre 1998 konnte diese Idee erfolgreich auf dem US-amerikanischen Markt etabliert werden. Ende 1999 wurde der *RCX* dann auch in Europa auf den Markt gebracht.

Das LEGO® *Mindstorms NXT* – System (im folgenden *LEGO NXT* genannt) wurde 2006 als Nachfolger des *RCX*-Systems eingeführt. Das System *LEGO NXT* wartete dabei mit verschiedenen Verbesserungen auf.

Die augenscheinlichste Änderung war, dass *LEGO NXT* mit den Technik-Baukästen von LEGO® zusammenarbeitete und sich in diese Baureihe eingliederte. Die *Mindstorms NXT*-Komponenten können so genutzt werden, um verschiedene Technik-Bausätze in Bewegung zu setzen.

Weiterhin benutzt das neue System sechsadrige Verbindungskabel, um mehr Informationen zu/von Sensoren und Aktoren übertragen zu können.

2.2 Elemente des Systems



Abb. 5: NXT-Baustein mit Sensoren und 3 Motoren

Das Herzstück des LEGO® *Mindstorms NXT*-Systems ist der programmierbare *NXT*-Baustein [1]. An diesen können an den Eingängen 1 bis 4 die Sensoren (Tast- [2], Geräusch- [3], Licht- [4] und Ultraschallsensor [5]) angeschlossen werden. Oberhalb des Displays können an den Ausgangsports A bis C, Servomotoren oder LEDs [6] angeschlossen werden. Weiterhin befindet sich an der Oberseite der *USB-Anschluss* zum Verbinden des *NXT*-Bausteins mit einem PC.

Der *NXT*-Baustein ist das *Gehirn* eines jeden LEGO® *Mindstorms* Roboters. Er verfügt über einen 32-Bit-Mikro-controller, *Flash*-Speicher und ein 100 x 64 Pixel grafisches *LCD-Display*. Die vier Eingangs- und drei Ausgangsports verfügen über eine digitale Plattform für sechsadrige Kabel. Für

die Übertragung der Programme von der PC-basierten *NXT*-Software zum Baustein selbst, stehen ein *USB*-Port und ein *Bluetooth* Modul zur Verfügung. Über dieses kann der *NXT*-Baustein auch mit anderen Bausteinen kommunizieren. Somit können größere Modelle mit mehr Sensoren/ Aktoren realisiert werden.

Neben der Programmierung der Modelle über die grafisch basierte *NXT*-Software am PC oder direkt am *NXT*-Baustein steht dem versierten Benutzer noch eine dritte Möglichkeit zur Verfügung. Hierbei können höhere Programmiersprachen wie *Java* oder *Delphi* und spezielle Programmiersprachen wie *NBC* (*Next Byte Codes*) oder *NXC* (*Not eXactly C*) genutzt werden, um Sensoren und Aktoren exakter anzusteuern. Die Programmierung geht dabei weg von einem einfachen *drag and drop* hin zu einer anspruchsvollen Programmierung.

Auf die Vorstellung der einzelnen Sensoren und Aktoren (siehe Abbildung 5 Punkt [2] bis [5]) möchte ich hier verzichten und verweise auf die technische Dokumentation von LEGO® (THE LEGO® GROUP 2006) und die Ausarbeitung zu LEGO® von FRISCHKNECHT; OTHER 2006.

Die Entwicklung der Technik für das *NXT*-System ist noch nicht abgeschlossen. So kommen immer wieder neue Sensoren auf den Markt, mit denen man die Funktionsweise von vorhanden Robotern oder technischen Systemen ändern oder gar neue technische Funktionen kennenlernen kann. Über verschiedene Internet-Shops, aber auch direkt bei LEGO® können weitere Sensoren, wie zum Beispiel Temperatur-, Kompass- oder Farb-Sensoren, bestellt werden. So besteht die Möglichkeit, den Funktionsumfang der Sets stetig erweitern zu können.

2.3 RFID-Sensor

Zu den erwähnten neuen Sensoren gehört auch der im Januar 2008 in Zusammenarbeit mit der österreichischen Firma CODATEX entwickelte *RFID*-Sensor. Dieser Sensor kann die Informationen der speziellen *RFID*-Chips der Firma auslesen und diese verarbeiten. Es ist somit möglich, eine Zeiterfassung nachzubauen oder Roboter auf verschiedene *RFID*-Transponder unterschiedlich reagieren zu lassen.



Der Sensor ist durch LEGO® für die Nutzung mit LEGO® *NXT* zertifiziert

Abb. 6: *RFID*-Sensor und -Transponder

und kann genau wie die anderen Sensoren am *NXT*-Baustein angeschlossen und in die verschiedenen Modelle integriert werden. Zur Grundausstattung gehören der Sensor selbst und fünf Transponder. Weiterhin können zusätzliche Transponder als Ergänzung gekauft werden. Für die Integration des Sensors in die Programmierung eines Modells stellt die Firma auf ihrer Internetseite einen Sensor Block für die Mindstorms Software zur Verfügung. Über diese kann der Sensor, entsprechend seiner Betriebsarten, in eine Steuerung integriert werden. Dabei werden die folgenden Arten unterschieden:

- **Single Read** (Die verfügbaren Transponder wird exakt einmal gelesen – danach schaltet der Sensor in den *sleep-mode* – bei wiederholter Ausführung kann eine maximale Leserate von 2 bis 3 Lesungen pro Sekunde erreicht werden.)
- **Continuous Read** (Der Sensor liest kontinuierlich – dabei können Leseraten von bis zu 10 Lesungen pro Sekunde erreicht werden.)
- **Stop** (Stoppt den *RFID*-Sensor und versetzt ihn in den *sleep-mode*)

Bei einer Arbeitsfrequenz von 125 kHz, können so 5 Byte Transpondernummern durch die Software mit Vorgaben verglichen werden. Für die Programmierung bietet die Software dabei eine *Live-Update*-Funktion, welche das schnelle Einlesen während der Programmierphase ermöglicht.

Die mitgelieferten Schlüsselanhänger (Transponder vom Typ EM 4102) werden bis zu ca. 30 mm erkannt und das erfolgreiche Einlesen wird durch eine im Sensor integrierte LED dem Benutzer angezeigt.

Weiterführende Informationen und Beispiele für diesen Sensor, finden sich auf der Internetseite des Anbieters Codatex LEGO® Mindstorms Baukästen in Bildungseinrichtungen (Link am Ende des Beitrags).

Zum LEGO® *Mindstorms-RCX*- als auch *-NXT-System* wurden parallel modifizierte *Education*-Baukästen auf den Markt gebracht. Diese bieten neben den klassischen Bauelementen diverse Erweiterungen und verschiedene Unterrichtsmaterialien für den Einsatz der Sets in Unterricht, Arbeitsgemeinschaften und anderen Bildungseinrichtungen.

So stehen für die *Education*-Sets der *NXT-Serie* als Besonderheit Adapterkabel zur Verfügung, damit die Sensoren von *RCX*-Sets (zweiadriges Verbindungskabel mit einem quadratischen Anschluss) auch in Kombination mit dem *NXT* genutzt werden können. Weiterhin gehören drei LED-

Bausteine mit entsprechenden Anschlussmöglichkeiten zur Ausstattung, so dass zum Beispiel auch eine Ampelsteuerung nachgebaut werden kann.

Das im Folgenden vorgestellte Modell ist mit dem Baukasten LEGO® *Mindstorms NXT 1.0 Education* mit einem zusätzlichen *RFID*-Sensor gebaut worden.

3. Einsatz in der Schule

3.1 Einsatzmöglichkeiten allgemein

Der Einsatz von LEGO® *Mindstorms NXT*, mit welchem fühlbares Lernen unterstützt und gefördert wird, welches sich nachweislich positiv auf das Lernverhalten auswirkt, gliedert sich sehr gut in die Lernspirale von MITCHEL RESNICK ein. (Abbildung 7) RESNICK ist ebenfalls Forscher am MIT und beschäftigt sich mit der Förderung von Kreativität.

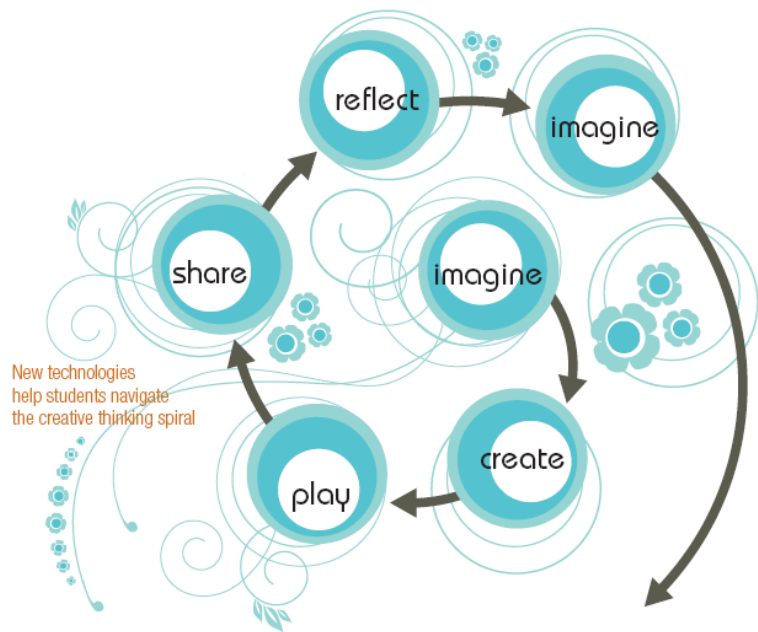


Abb. 7 - Lernspirale nach RESNICK

Für ihn stehen die Vorstellung, das Erschaffen und das Spielen im Vordergrund von kreativem Lernen. Dies kann mit *Mindstorms* sehr einfach erreicht werden. Das Teilen und Vorstellen von Erfolgen und das Reflektieren kann in kleinen Gruppen, aber auch über Foren oder Videopräsentationen geschehen. Die Erfahrungen daraus können dann für Verbesserungen bzw. Veränderungen von alten oder neuen Ideen genutzt werden. (RESNICK 2008)

Zur Erklärung technischer Systeme bieten sich im Technikunterricht Baukästen sehr an. Sie vereinfachen Systeme so, dass Zusammenhänge aus *black boxes* herausgelöst werden können und Schülerinnen und Schüler diese einfach verstehen und begreifen können. (MESCHENMOSER; FAST, U.A. 2006)

Für den Einsatz von LEGO® *Mindstorms NXT* in der Lehre, sei es im Unterricht oder in Projekten in der Schule oder an Universitäten, bieten sich verschiedene Herangehensweisen und Möglichkeiten an.

LEGO® besitzen die meisten Kinder und Jugendlichen oder haben bei Freunden damit gespielt. Diese Erfahrungen kann man aufgreifen, um Modelle von technischen Systemen nachzubauen. Da durch die Technik von LEGO® auf die Benutzung von Werkzeugen verzichtet werden kann, ist eine Nutzung bereits frühzeitig möglich. Die Integration der *Mindstorms NXT*-Komponenten ist dann nur eine logische Erweiterung unter Verwendung von bereits vorhandenem Wissen.

So können Modelle von technischen Systemen entweder anhand von vorgegebenen Bauplänen nachgebaut werden oder es kann versucht werden, technische Modelle anhand von Problemstellungen selbst zu entwerfen.

Im ersten Fall können die Vorgaben genutzt werden, welche mit den verschiedenen Sets mitgeliefert werden. Mit dem *Education-Set* werden 39 Anleitungen zum Bau und zur Programmierung von Robotermodellen zur Verfügung gestellt. Schülerinnen und Schüler der verschiedenen Alters- und Klassenstufen können so lernen, mit dem System umzugehen und eigene Ideen damit umzusetzen.

3.2 LEGO® und RFID

Wie schon in Absatz 2.3 erläutert, können mit dem LEGO® *NXT* und einem zusätzlichen *RFID*-Sensor verschiedene Anwendungsbeispiele als Modell nachgebaut und mit entsprechenden Funktionen belegt werden. Hierbei können zwei Herangehensweise verfolgt werden. Zum einen kann aufgrund einer Problemstellung ein entsprechendes Modell gebaut und programmiert werden, welches der angestrebten Problemlösung entspricht. Zum anderen können die Schüler auch ein fertiges Modell untersuchen und durch die Funktion, die dahinterliegende Technik untersuchen.

Für das folgende Beispiel wählen wir den zweiten Fall. Vorausgesetzt werden muss, dass die Schülerinnen und Schüler das LEGO® *NXT* bereits kennen, jedoch der *RFID*-Sensor noch nicht verwendet wurde. Nun kann das in Abbildung 8 zu sehende Modell eingesetzt werden.

Erläuterung zum Modell:

Auf dem *NXT*-Baustein [1] läuft ein Programm, das im System hinterlegte Transpondernummern mit der aktuellen Nummer eines Transponders vergleicht, der vor den *RFID*-Sensor [2] gehalten wird. Um die Funktion besser darstellen zu können und Strom des *NXT*-Bausteins zu sparen, liest der *RFID*-Sensor nicht kontinuierlich, sondern wird nur aktiviert, wenn ein Gegenstand in dessen Nähe durch den Ultraschallsensor [3] erkannt wird.

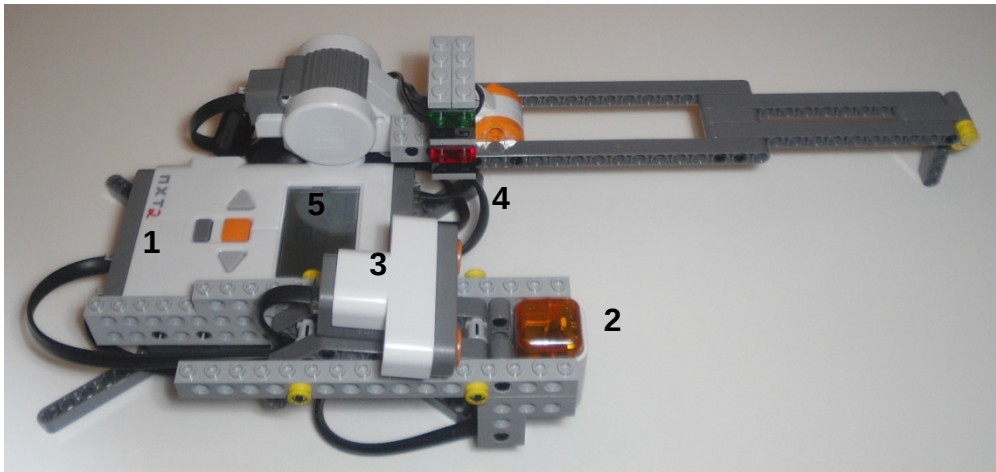


Abb. 8: Modell Zugangskontrolle mit LEGO® *Mindstorms NXT*

Ein Gegenstand wird durch ein rotes Signal an der Ampel (je eine LED für rot und grün) [4] angezeigt. Ist die eingelesene Transpondernummer im System, so wird dies über ein grünes Signal angezeigt und der Motor [5] öffnet für eine bestimmte Zeit die Schranke. Andernfalls wird das rote Signal durch einen Signalton verstärkt und der Transponder entsprechend abgelehnt.

Diese Funktionsweise müssen die Schülerinnen und Schüler selbst erarbeiten und untersuchen. Folgende beispielhafte Aufgaben- bzw. Fragestellungen können sie nun auf Grundlage des Modells untersuchen:

Analysiere das vorliegende Modell!
 Welche Sensoren kommen zum Einsatz?
 Informiere dich über Art und deren Einsatz in der Praxis!
 Stelle deine Ergebnisse in angemessener Weise dar!

Welche anderen Modelle sind mit dem NXT-Baukasten und diesen Sensoren möglich?
 Erläutere Aufbau, Funktion (auch der einzelnen Elemente) und Programmierung des Modells!

Anhand der Aufgaben können die Schülerinnen und Schüler ein Dossier zum Thema erstellen. Sie beschäftigen sich so mit der Thematik und durch den Bezug *Einsatz in der Praxis* wird induktives Lernen vom Beispiel des Modells hin zu vielen Einsatzmöglichkeiten und zur Technik selbst gefördert. Es erfolgt also ein Zugang von mehreren Seiten. Auch werden die

Phasen der technischen Ontogenese von der wissenschaftlichen Forschung über technische und wirtschaftliche Realisierung bis hin zur Diffusion betrachtet. (vgl. ROPOHL 1979)

Für die Erstellung eines Dossiers müssen die Schülerinnen und Schüler ausreichend Informationen sammeln und entsprechend aufbereiten. Die Thematik *RFID* stellt also einen aktuellen Repräsentanten neuer Informationstechnik und der Neuen Technologien dar, dem sich die Schülerinnen und Schüler auch in Bezug auf *Technikbewertung* nähern können. So wird diese gestärkt und ein induktives Lernen gefördert.

3.3 Einordnung der Thematik

Am Beispiel des Rahmenlehrplans *Wirtschaft-Arbeit-Technik* für die Sekundarstufe I des Landes BRANDENBURG, soll der Einsatz für das Thema zeitlich eingeordnet werden. Durch die Vielschichtigkeit dieser Thematik bieten sich grundsätzlich verschiedene Einordnungsmöglichkeiten an. So kann eine Einordnung im Themenfeld 3: *Produktion und Unternehmen*; 1. *Arbeit und Beruf* der Doppeljahrgangsstufe 7/8 oder im Themenfeld 1 *Arbeit, Ausbildung, Beruf*; 4. *Strukturwandel und Zukunft der Arbeit* in den Klassen 9/10 erfolgen. Auch sind Verknüpfungen zum Themenfeld 4 *Infrastrukturen*; *Transport und Verkehr* und *Information und Kommunikation* möglich. Wichtig ist aber, dass die Kompetenzanforderungen innerhalb der Themenfelder des Rahmenlehrplans Beachtung finden:

- Individuelle und soziale ökonomische Probleme bewerten und mitgestalten (Wirtschaft)
- Arbeitsweltliche und berufsbezogene Entwicklung analysieren und bewerten (Arbeit)
- Technische Sachsysteme und Prozesse analysieren (Technik)

Abschließend ist festzuhalten, dass die neuen Technologien, wie hier vorgestellt, in verschiedenen Lebensbereichen Schülerinnen und Schüler betreffen und sie wahrscheinlich täglich mit diesen mehr unbewusst als bewusst in Berührung kommen. Daher ist eine Beschäftigung mit diesem Themenfeld bereits in der Schule notwendig, um Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit an die Hand zu geben, diese Technologien nicht nur zu nutzen, sondern sie auch im Grundsatz zu verstehen und bewerten zu können.

Literatur

MEIER, B.: Zukunft der Technik : Zukunftstechnologien. In: Unterricht: Arbeit + Technik. Heft 9/2001, S. 58 – 59

MEIER, B.: Zukunftstechnologie -RFID – Waren die Informationen senden. Unterricht: Arbeit + Technik. Heft 32/2006, S. 60 - 62

MESCHENMOSER, H., FAST, L. U.A.: Unterricht: Arbeit + Technik, Heft 29 – Baukästen; Friedrich Verlag, Seelze 2006

MINISTERIUM FÜR BILDUNG, JUGEND UND SPORT: Rahmenlehrplan „Wirtschaft-Arbeit-Technik“ Sek. I. Land Brandenburg 2008

PAPERT, S.: Mindstorms: Kinder, Computer u. neues Lernen. Basel 1982

ROPOHL, G.: Eine Systemtheorie der Technik. München Wien 1979

VOGLER, A. : Die Funktionsweise von Industrierobotern am Beispiel von LEGO® Mindstorms NXT - ein Modellversuch. Potsdam 2009 (Bachelorarbeit)

Links

CODATEX: (http://www.codatex.com/index.php?RF_ID_Sensor-1 letzter Aufruf: 27.12.2010).

FRISCHKNECHT, C.; OTHER, T.: LEGO® Mindstorms NXT – Next Generation. ETH Zurich 2006 (Internet) http://www.tik.ee.ethz.ch/tik/education/lectures/PPS/mindstorms/sa_nxt/download/sa-2006.18.pdf | letzter Aufruf: 28.12.2010

RESNICK, M.: Sowing the Seeds for a More Creative Society. ISTE 2008. (Internet) <http://web.media.mit.edu/~mres/papers/Learning-Leading-final.pdf> letzter Aufruf: 30.12.2010

THE LEGO GROUP: LEGO® Mindstorms NXT, Hardware Developer Kit. 2006. (Internet) <http://mindstorms.lego.com/Overview/nxtreme.aspx> | letzter Aufruf: 27.12.2010

Bienhaus, Wolf, Prof., Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Institut für technische und häusliche Bildung, Abteilung Technik
E-Mail: wolf.bienhaus@ph-karlsruhe.de

Binder, Martin, abgeordneter Reallehrer, Pädagogische Hochschule Weingarten, Fak. II, Fach Technik,
E-Mail: binderm@ph-weingarten.de

Czech, Olaf, Prof. Dr., Universität Potsdam, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät. Professur für Technologie und berufliche Orientierung. Lehrereinheit für Arbeitslehre/Technik
E-Mail: czech@uni-potsdam.de

Dutz, Katarina, Dipl.-Päd., Universität Oldenburg., Fak. V, Institut für Physik, Studiengang Technik
E-Mail: k.dutz@uni-oldenburg.de

Fischer, Anja, wissenschaftliche Hilfskraft, Universität Potsdam, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät. Professur für Technologie und berufliche Orientierung. Lehrereinheit für Arbeitslehre / Technik
E-Mail: anjfisch@uni-potsdam.de

Graube, Gabriele, PD Dr. phil. habil., Dr.-Ing., Technische Universität Braunschweig. Abtlg. Weiterbildung und Medien
E-Mail: g.graube@tu-bs.de

Heitzmann, Anni, Prof. Dr., Pädagogische Hochschule Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Sekundarstufe I und II, Naturwissenschaftsdidaktik
E-Mail: anni.heitzmann@fhnw.ch

Höpken, Gerd., Dr., Akademischer Oberrat i.R., ehemals Universität Flensburg. Institut für Technik und ihre Didaktik
E-Mail: gerd@hoepken.de

Jakupec, Victor, Prof. Dr., vormals University of Technology, Sydney, z. Z. Honorarprofessor an der Universität Potsdam, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät. Professur für Technologie und berufliche Orientierung
E-Mail: vjakupec@uni-potsdam.de

Jucknischke, Ulrich, Hauptschullehrer, Leiter des Zertifikatskurses Technik der Bezirksregierung Münster
E-Mail: UlrichJucknischke@t-online.de

- Lehmke, Johannes, Fachleiter für Technik am Studienseminar in Recklinghausen, Lehrer für Physik und Technik am Hittorf-Gymnasium in Recklinghausen
E-Mail: johannes.lehmke@t-online.de
- Liermann, Angelika, Dr.-Ing., akademische Mitarbeiterin, Universität Potsdam, (Lehreinheit Arbeitslehre), Professur für Technologie und berufliche Orientierung
E-Mail: liermann@uni-potsdam.de
- Meier, Bernd, Prof. Dr. habil., Universität Potsdam, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät. Professur für Technologie und berufliche Orientierung
E-Mail: meierbe@uni-potsdam.de
- Meiners, Reinhard, Dr., Universität Oldenburg, Fak. V, Institut für Physik, Studiengang Technik
E-Mail: reinhard.meiners@uni-oldenburg.de
- Meschenmoser, Helmut, PD Dr. habil., Universität Oldenburg, Institut für Sonder- und Rehabilitationpädagogik
E-Mail: h.meschenmoser@uni-oldenburg.de
- Mette, Dieter, Prof. Dr., Universität Potsdam, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät. Lehreinheit Arbeitslehre/ Technik
E-Mail: mette@rz.uni-potsdam.de
- Reich, Gert, Prof. Dr., Universität Oldenburg, Fak. V, Institut für Physik, Studiengang Technik
E-Mail: gert.reich@uni-oldenburg.de
- Rikowski, Sebastian, Student, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Fachbereich Physik, Institut für Technik und ihre Didaktik
E-Mail: sriko01@uni-muenster.de
- Röben, Peter, Prof. Dr., Pädagogische Hochschule Heidelberg, Fak. III, Institut für Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft, Fach Technik
E-Mail: roeben@ph-heidelberg.de
- Schäfer, Heiko, Lehrer für W-A-T, Technik und Informatik, Sally-Bein Gymnasium, Beelitz
E-Mail: schaefer.heiko@freenet.de
- Schlagenhauf, Wilfried, Prof. Dr., Pädagogische Hochschule Freiburg, Institut für Technik, Haushalt und Textil. Abteilung Technik
E-Mail: schlagenhauf@ph-freiburg.de

Theuerkauf, Walter, Prof. em. Dr.-Ing., Technische Universität Braunschweig, Institut für Erziehungswissenschaft, Abtlg. Weiterbildung und Medien

E-Mail: w.theuerkauf@tu-braunschweig.de

Vogler, Andreas, wissenschaftliche Hilfskraft, Universität Potsdam, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät, Lehrereinheit Arbeitslehre / Technik

E-Mail: avogler@uni-potsdam.de

Weber, Thomas, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Fachbereich Physik, Institut für Technik und ihre Didaktik

E-Mail: thoweber@uni-muenster.de

Wiesmüller, Christian, Prof. Dr. habil., Pädagogische Hochschule Karlsruhe, Institut für technische und häusliche Bildung, Abteilung Technische Bildung

E-Mail: cwiesmueller@ph-karlsruhe.de

Winter, Stephan, Lehrer für Physik und Technik an der Städtischen Realschule Waltrop