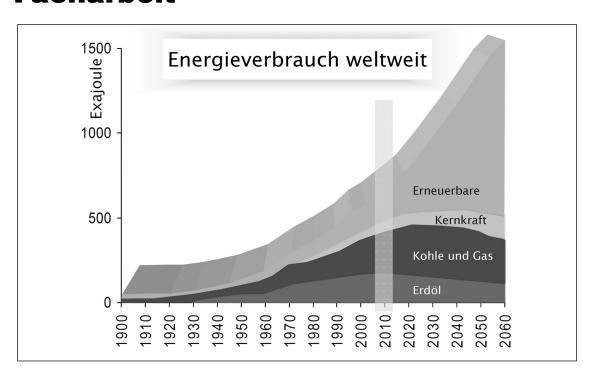
# lernen & lehren

**Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik** 

#### **Schwerpunktthema**

## Energiewende – Auswirkungen auf die Facharbeit



Thomas Vollmer
Arbeit und Berufsbildung auf dem
Weg ins Solarzeitalter

Meinhard Schumacher/Peter Röben Energieeinsparen mit System

Matthias Becker Elektromobilität und Beruf

#### **Impressum**

"lernen & lehren" erscheint in Zusammenarbeit mit der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik-Informatik e. V. und der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e. V.

Jetzt auch im Internet unter www.lernenundlehren.de.

Herausgeber: Gottfried Adolph (Köln), Klaus Jenewein (Magdeburg), Jörg-Peter Pahl (Dresden),

A. Willi Petersen (Flensburg), Georg Spöttl (Bremen), Bernd Vermehr (Hamburg)

Beirat: Josef Berghammer (München), Klaus Dähnhardt (Erfurt), Falk Howe (Bremen), Claudia Kalisch

(Rostock), Rolf Katzenmeyer (Dillenburg), Manfred Marwede (Neumünster), Rainer Petersen (Hamburg), Peter Röben (Heidelberg), Reiner Schlausch (Flensburg), Friedhelm Schütte (Berlin), Ulrich Schwenger (Köln), Thomas Vollmer (Hamburg), Andreas Weiner (Hannover)

Schriftleitung: Volkmar Herkner (Flensburg), Michael Tärre (Hannover)

Kommentar: Gottfried Adolph

Heftbetreuer: Peter Röben, Ulrich Schwenger

Redaktion: lernen & lehren

c/o Prof. Dr. Volkmar Herkner c/o StR Dr. Michael Tärre

Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat), Institut für Berufspädagogik und

Erwachsenenbildung (IfBE)

Universität Flensburg, 24943 Flensburg Leibniz Universität HAN, 30159 Hannover

Tel.: 0461/8 05-21 53 Tel.: 0511/7 62-4020

Alle schriftlichen Beiträge und Leserbriefe bitte an eine der obenstehenden Adressen.

Layout: Brigitte Schweckendieck

Verlag, Vertrieb und Heckner Druck- und Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG

Gesamtherstellung: Postfach 15 59, D-38285 Wolfenbüttel

Telefon: 05331/80 08 40, Telefax: 05331/80 08 58

Titelbild:

Bei Vertriebsfragen (z. B. Adressenänderungen) den Schriftwechsel bitte stets an die Geschäftsstelle der BAG richten.

#### Wolfenbüttel 2010

# lernen & lehren

### Elektrotechnik-Informatik/Metalltechnik

### Inhaltsverzeichnis

Gottfried Adolph
Herzlichen Dank und alles Gute
Editorial
Schwerpunktthema: Energiewende – Auswirkunger auf die Facharbeit
Arbeit und Berufsbildung auf dem Weg ins Solarzeitalter
Energiesparen mit System
Elektromobilität und Beruf
Praxisbeiträge
Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung 168 Wilko Reichwein
Karosserieleichtbau verbessert die Energiebilanz und verändert Arbeits- und Lernprozesse 172 Franz Krämer

Der Schwerpunkt "Regenerative Energien" an der Fachschule für Technik
Forum
Kreativer Einsatz interaktiver Tafeln in  Bildungsprozessen
Mitteilungen/Hinweise
Dank an Carsten Wehmeyer
Neuer Schriftleiter
Zukunfts-Workshop
16. Hochschultage Berufliche Bildung, Universität Osnabrück, 23.0325.03.2011 190
Sind 100 gelbe Hefte genug?
Verzeichnis der Autorinnen und Autoren 191
Beitrittserklärung

### Schwerpunkt

Energiewende – Auswirkungen auf die Facharbeit

100

#### Gottfried Adolph

### Auch eine Frage der Menschenwürde ...

Über etwas nachzudenken ist ein Geschehen, das jeder an sich beobachten kann. Tun wir es, tauchen sofort Fragen auf. Denken wir oder denkt es in uns? Eine schwierige Frage. Manchmal drängen sich die Gedanken auf. Wir können sie nicht loswerden. Manchmal sagen wir: "Darüber muss ich erst einmal nachdenken." Manchmal kommen die Gedanken von selbst, manchmal müssen wir sie herbeilocken. Warum ist das einmal so und das andere Mal so? Was geschieht eigentlich, wenn wir nachdenken? Oder gar, wenn wir gründlich nachdenken? Was veranlasst uns, nachzudenken oder gründlich nachzudenken?

Bei manchen kommen solche Fragen nicht. Anderen gehen solche Fragen nicht aus dem Kopf. Warum ist das einmal so, das andere Mal so? Warum entstehen überhaupt Warum-Fragen? Irgendwie hat das mit Interesse zu tun. Nur wer an einer Sache interessiert ist, stellt Warum-Fragen. Stellt er sie oder tauchen sie in ihm auf?

Von den Lehrern wird erwartet, dass sie Interesse wecken können. Sie sollen sogar motivieren können. Manchen Lehrern gelingt es, ihre Schüler zum Denken anzuregen. Manchen gelingt das weniger. Es gibt aber auch Lehrer, die nicht soviel Wert auf die Selbstständigkeit im Denken legen. Sie wollen ihren Schülern etwas beibringen. Die Schüler sollen sich merken, was ihnen beigebracht wird. Vor kurzem sagte ein Physiklehrer zu mir: "Es ist nicht so wichtig, dass meine Schüler das alles verstehen. Bei der Fülle des Stoffes ist das auch gar nicht möglich. Das Verstehen kommt später. Jetzt ist es vor allem wichtig, dass sie zunächst einmal ein gutes Abitur machen."

In der Tat gibt es vieles, was man sich (nur) merken muss. Jedem praktischen Tun liegt eine Fülle von Merkwissen zu Grunde. Was muss man nicht alles wissen, um Auto fahren zu können, um einen Computer in Gang zu setzen, um mit ihm Texte schreiben zu können, um im Internet recherchieren zu können, um Brüche dividieren zu können zu kö

nen, um mit der Bundesbahn fahren zu können, um die Gesellenprüfung zu bestehen, um das Abitur zu bestehen, um eine Staatsprüfung zu bestehen, um Recht sprechen zu können, um einen Blinddarm entfernen zu können, um einen Kranken richtig zu betten, und, und , und , und ....

Die Aufzählung all dessen, was man wissen muss, um das alltägliche Leben bewältigen zu können, geht ins Unendliche. Diesen Satz versteht man auch ohne zu wissen, wie die Mathematiker das Unendliche definieren. Um Auto fahren zu können, muss man nicht wissen, wie ein Verbrennungsmotor funktioniert. Um im Internet surfen zu können, muss man nicht wissen, wie das Datenspeichern funktioniert. Um mit einer Feile richtig umgehen zu können, muss man nicht die Gesetze an der schiefen Ebene kennen und nichts vom Energieerhaltungssatz verstehen.

Der Zimmermann weiß, dass man Nägel nur mit kurzen Hammerschlägen ins Holz treiben kann. Man muss den Hammer aus dem Handgelenk heraus schwingen lassen. Man darf ihm nicht – wie Anfänger es gerne tun – "den Hals zuhalten". Sind die Schläge nicht kurz genug, werden die Nägel krumm. Der Zimmermann lernt es in den ersten Tagen seiner Lehre. Man macht es ihm vor. Dem Anfänger gelingt es nicht auf Anhieb. Er muss es üben. Jetzt kommt zur Belehrung eigene Erfahrung hinzu.

Kann der Zimmermann besser nageln, wenn er weiß, warum die Schläge kurz sein müssen? Mit Sicherheit nicht. So ist es meist auch bei akademischen Berufen. Auch bei Lehrern. Auch ihr Können gründet sich auf Vormachen und Erfahrung, also weitgehend auf Merkwissen. Niemand weiß bis heute, wie Lernen funktioniert. Trotzdem wird überall dort, wo gelehrt wird, viel gelernt.

Der Computer hat sich in alle Lebensbereiche hineingefressen. Überall wird mit ihm professionell hantiert. Befindet sich unter all denen, die im täglichen Arbeitsleben so erfolgreich mit ihren Computern hantieren, einer, der weiß, wie ein Mikroprozessor funktioniert oder wie Zahlensysteme aufgebaut sind? Gewiss gibt es auch solche, die das wissen. Aber begründet dieses Wissen das erfolgreiche Hantieren?

Praktisches menschliches Können stützt sich weitgehend auf individuelles und kollektives Erfahrungswissen. Aus Fakten, Regeln und Handlungsalgorithmen bilden sich Wenn-Dann-Beziehungen. So wird intelligentes Handeln möglich. Wenn-Dann-Wissen kann gezielt übertragen, seine gedächtnismäßige Verankerung mit methodischen Mitteln bewirkt werden. Zu diesen Mitteln zählen auch Lohn und Strafe. "Wenn Du eine gute Note haben willst, dann musst Du ..."

Weil der Umfang und die Qualität des Merkwissens von geschicktem Lehren und fleißigem Lernen abhängt, kann die Wissensweitergabe und der Wissenserwerb unter Kontrolle gebracht werden. In modernen Gesellschaften obliegt es dem Staat zu bestimmen, welche Lehrgänge es gibt und was in den einzelnen Lehrgängen vermittelt werden darf und vermittelt werden muss. Der Lehrer muss das, was ihm die Lehrpläne vorschreiben, lehren. Er muss sich und seine Schüler (seine Klasse) unter Kontrolle haben. Entgleitet einem Lehramtskandidaten in der Prüfungslektion die Kontrolle über den Lehr-Lernprozess, kann er die Prüfung nicht bestehen. Es gibt heute wohl kaum einen Lebens-Bereich, der strenger kontrolliert wird als das Ausbildungs- und Bildungssystem.

Trotz aller Kontrolle bei der lehrenden Übertragung von Merkwissen gibt es unterschiedliche Lernerfolge. Auch der beste, der geschickteste Lehrer hat gute, weniger gute und schlechte Schüler. Also gibt es eine Grenze der kontrollierten Machbarkeit.

Sie findet in der Lebendigkeit der Belehrten ihre Grenze. Es gibt kein menschliches Wesen, das nicht eigenständig denkt. An dieser Eigenständigkeit scheitert jede didaktische Manipulation. Man kann einen Menschen zwingen, einen vorgesagten Satz Wort für Wort zu wiederholen, was aber "in seinem Kopf" mit dem Satz ausgelöst wird, entzieht sich jeder Kontrolle. Für die behavioristischen Lerntheoretiker war dieser Sachverhalt äußerst ärgerlich. Ihre Lerntheorie ist daran gescheitert.

Jeder denkende Kopf sortiert das von außen Eindringende nach eigener Art und Weise. Kein Kind wächst in der gleichen Umwelt auf. Das gleiche akustische Signal lässt den einen Säugling glücklich lächeln und den anderen "zu Tode" erschrecken. Ein Dritter hört es überhaupt nicht. Umwelt ist nicht das, was "draußen" ist. Umwelt ist das, was "innen" als Umwelt erlebt und gedacht wird.

Das im Lehr-Lernprozess aufgenommene Merkwissen wird vom Aufnehmenden in vielfältiger Weise strukturiert. Es bilden sich Unter- und Oberbegriffe, Zuordnungen und Trennungen, Allgemeines und Partikuläres, Ganzheiten und Disparitäten, Kategorien, Denk- und Bewertungsmuster. Jeder Lernstoff weist solche Strukturen auf. Vieles wird vom Lernenden auch so, wie gelehrt, aufgenommen. Es bleibt aber stets ein Rest, den der Lernende in eigener Weise verarbeitet. Jegliches von außen eindringende Merkwissen wird so durch individuelles, eigensinniges "Denkwissen" verformt. Dabei entwickeln sich auch Warum-Fragen. Aus ihnen entwickeln sich Vermutungen und Gewissheiten. Trotz aller kollektiver Einflüsse bleibt jeder Mensch ein autonomer Denker und in jedem Kopf entsteht das, was man, wenn wissenschaftlich kontrolliert, Theorie nennt.

Es ist nicht weiter verwunderlich, dass sich in einem System, das alles unter Kontrolle bringen will, Abwehrmechanismen gegen das unkontrollierbare Eigenständige entwickeln. Es entwickelt sich ein starker Konformitätsdruck. Seine Instrumente sind die Begrenzungen der Lehrinhalte und die über die Lehrerausbildung durchgesetzten Unterrichtsmethoden. Noch Ende des 19. Jahrhunderts durften den Frauen in den höheren Frauenschulen keine Alten Sprachen gelehrt werden. Der weibliche Geist und das weibliche Ge-

müt würden sonst Schaden nehmen. Auf der methodischen Ebene war und ist es bis heute der "fragend-entwickelnde Frontalunterricht", der Denkkonformität herbeiführen soll. Welche Schülerantworten "richtig" und "falsch" sind, entscheidet hier einzig und alleine der Lehrer. Von den Antworten, die er als "richtig" oder "falsch" bewertet, hängen die Zensuren ab und von diesen Lebenschancen.

Das Fatale ist, dass hinter diesen Konformitätsmechanismen kein individueller böser Wille steckt. Noch heute sind viele "Bildungsbürger" der Auffassung, dass bestimmte Lehrinhalte bei bestimmten Lernenden nur schädliche Verwirrung stiften. Dieser Glaube wirkt sich besonders stark auf die berufliche Bildung aus. Ungeniert können auch heute noch Politiker der Berufsschule Kopflastigkeit vorwerfen. Sie wollen nur solche Lehrinhalte zulassen, die auf Lernende ausgerichtet sind, die auf Grund ihrer "Anlage" mehr mit dem Körper als mit dem Kopf denken. Ärgerlich ist, wenn Berufspädagogen, ohne das sie es recht merken, in das gleiche Horn pusten. So forderte der wissenschaftlich sehr geschätzte Berufspädagoge Stratmann, dass die Aufgabe der Berufspädagogik unter anderem darin bestehe, nach solchen theoretischen Lerninhalten zu suchen. die der beruflichen Praxis auf die Beine helfen.

Was eine solche Aussage bedeutet. kann man sich leicht an dem Beispiel des Nägel einschlagenden Zimmermanns deutlich machen. Wem nützt es, wenn der Zimmermann weiß, warum das Nageln nur mit kurzen Hammerschlägen gelingt? Wenn er mit Hilfe von 3 Münzen auf einer glatten Tischplatte zeigen kann, was beim Nageln im Nagel vor sich geht? Dem Nageln-Können nutzt es sicher nicht. Also macht es wenig Sinn, dem Zimmermann in der Ausbildung zu dieser Einsicht zu verhelfen. Welche Theorie benötigt also der Zimmermann, als Zimmermann, damit er besser Nageln kann? Offensichtlich keine. Im 19. Jahrhundert fragte man: "Was nutzt es der Frau als Hüterin des Hauses, wenn sie Griechisch und Latein kann?"

In beiden Fällen werden Menschen auf ihre jeweilige gesellschaftliche Funktion reduziert und man fragt, was nützt dieser Funktion und nicht, was bringt

es dem Menschen, der hinter der Funktion steht. Eine Pädagogik, die sich nur auf die Funktion ausrichtet, hat ihren Namen nicht verdient.

Jeder Mensch ist ein auf eigenständiges Denken angelegtes Wesen, und wenn es um Pädagogik geht, kann die Frage nur lauten: Welche Inhalte und welche Methoden dienen der Förderung des eigenständigen Denkens?

Wer argumentiert, dass es dem Zimmermann wenig Nutzen bringt, wenn er weiß, warum die Hammerschläge kurz sein müssen, reduziert ihn auf seine wirtschaftliche Nützlichkeit. Für ihn ist der Zimmermann kein lebendiger, eigenständig denkender "Geistesmensch", sondern eine lebende Nagelmaschine. Als eigenständig denkender Mensch hat aber auch der Zimmermann geistige Bedürfnisse. Reduzieren wir ihn auf seine Funktion, ignorieren wir seine Menschlichkeit.

Wie der Körper, so braucht auch der Geist Nahrung. Wird in der Ausbildung nur nützliches Faktenwissen vermittelt, wird der Geist fehlernährt. Weil man aber nur die eigenen Gedanken wirklich versteht und jeder Mensch darauf angelegt ist, in einer verstehbaren Welt zu leben, sucht er dort, wo er solche findet. Findet er sie nicht im Bildungssystem, findet er sie in vielen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens, in den Medien und an der Theke in der Kneipe. Dagegen wäre nichts einzuwenden, wenn hier nicht etwas Wesentliches fehlen würde, nämlich die systematische Kritik. Nur durch sie lässt sich Distanz zu dem Hier und Jetzt gewinnen und nur mit ihr wird der Denkende zum mündigen Denker. Selten entwickelt ein Jugendlicher solcherart Mündigkeit "aus sich heraus", ohne fremde Anregung und Unterstützung. Es bedarf in der Regel der systematischen Unterstützung durch das Bildungssystem.

Wir müssen uns also fragen: Mit welchen Inhalten und welchen Methoden können wir (um mit Stratmann zu sprechen) dem mündigen Denker auf die Beine helfen? Das geht nur, wenn es bei allen zu lehrenden Inhalten um Verstehen und Einsicht geht. Wenn das aus subjektiven und objektiven Gründen nicht möglich ist, müssen die Gründe dafür geklärt werden. Auf der methodischen Ebene müssen die

Methoden praktiziert werden, in denen jeder einzelne Denker mit seinen Vorstellungen zu seinem Recht kommt. Richtiges und Falsches muss sich an der Sache erweisen und nicht durch die Autorität des Lehrenden behauptet werden. Der Mathematiker Beutelspacher hat in seiner Schrift "Kleines Mathematikum" für das Methodische einen deutlichen Hinweis gegeben, wenn er sagt: "Mathematiklehrerinnen und -lehrer haben zunächst nicht das Ziel, mit ihren Schülerinnen und Schülern Mathematik zu machen, sondern sie wollen ihnen etwas >beibringen<."

Mit den Schülern Technik machen. Darauf kommt es an. Deshalb haben wir die Handlungsorientierung, innerhalb des Konzeptes Technikgestaltung, als Methode entwickelt. Ob die Schüler sich hierbei auch mehr Merkwissen aneignen, ist zunächst von untergeordneter Bedeutung. Selbstvertrauen in das eigene produktive Denken zu gewinnen, darauf kommt es an. Wenn es auch in allem Technischen zunächst um das Wie geht, muss allem Wie ein Warum folgen. Wenn es gelingt entwickeln die Schüler mit Hilfe des Lehrers Einsichtmuster und Anschauungsmodelle in die das notwendige Merkwissen eingeordnet werden kann. Die Anforderungen an die Lehrenden sind hier besonders hoch. Sie müssen die Sache, um die es geht, sicher beherrschen und müssen sich die Einsichts- und Verstehensmodelle erarbeitet haben. Die Schüler müssen wissen, dass auf die fachliche Kompetenz des Lehrers Verlass ist. Besondere Sensibilität im Umgang mit den Denkprodukten der Schüler ist gefragt. Jeder Schülerbeitrag muss ernst genommen werden. Aber falsches Lob und demütigende Ablehnung wirken gleichermaßen destruktiv. Es muss ein Denkarbeitsklima herrschen, in dem sich keiner blamieren kann. "Das war blöd" muss jeder (Lehrer und Schüler) ohne Ansehensverlust sagen können.

Es gibt eine elementare Freude an der Erkenntnis. Durch bittere Schulerfahrung kann sie verschüttet sein. Durch positive Erfahrung kann sie wieder hervorgelockt werden.

Es ist mir sehr klar und deutlich, das das alles sehr, sehr schwierig ist.

### **Herzlichen Dank und alles Gute**

## Nach dem hundertsten ,I & I'-Heft müssen wir auf Gottfried Adolphs Kommentare verzichten

Am 31.3.1983 erschien ,Lehren & Lernen' mit 131 Seiten (A 5) - fast ein Buch - zum ersten Mal. Die Druckvorlage wurde mit einer IBM-Kugelkopf-Schreibmaschine erstellt. Einer der vier Mitbegründer und Herausgeber war Gottfried Adolph. Seither hat er mit seinen Kommentaren ,I & I' nicht nur ein unverwechselbares Gesicht gegeben. Seine Kommentare zu aktuellen Problemen - eingebettet in ihre historische Genese und die grundlegenderen Fragen beruflicher Bildung haben einen kaum abschätzbaren Beitrag zur Entwicklung des pädagogischen Bewusstseins vieler Berufsschullehrer und Ausbilder geleistet. Zum Bildungsverständnis Gottfried Adolphs gehörte auch, den Zusammenhang von ,Lehren und Lernen' umzukehren. Auf GOTTFRIED ADOLPHS Initiative hin veränderte ,Lehren & Lernen' ab Heft 15 (1989) nicht nur ihr Gesicht in ,Lernen & Lehren', sondern vollzog einen Perspektivwechsel, der bis dahin allenfalls diffus in ,I & I' angelegt war: Lernen ermöglichen statt belehren. Mit seinem Kommentar (4/1989) "Lehren und Lernen oder Lernen und

Lehren?" hat GOTTFRIED ADOLPH nicht nur den neuen Namen erklärt, – so einfach kamen die Leser seiner Kommentare nicht davon –, sondern er hat sie herausgefordert, diese Umkehr zu durchdenken.

Es ist bei diesem Kommentar so wie bei allen anderen: Sie sind eher ein Spiegel, der zum Reflektieren der eigenen pädagogischen Sünden herausfordert, als Verkündigungen von Leitideen und Erkenntnissen. Sie eröffnen dabei immer auch Wege zur Besserung. ,Lernen und Lehren' bedeute nicht, "menschliches Wissen durch neue unterrichtstechnische Tricks wie Handlungsorientierung und selbstorientiertes Lernen auf andere Menschen zu übertragen. [...] Nur wenn man verstehe, was Lernen bedeutet, gewinnen diese Konzepte im didaktischen Handeln von Lehrern eine Bedeutung: "Lernen ist ein autonomer Prozess, Lernen kann angeregt, angestoßen, unterdrückt und behindert, aber nicht gemacht werden. Da mögen die Belehrungsbemühungen noch so geschickt und noch so intensiv sein. Wenn der Belehrte nicht selbstständig mitmacht, gibt es keine Lerner und die Belehrung geht im wörtlichen Sinne ins Leere." Um diesem Zusammenhang auch äußerlich Druck zu verleihen, sind die Mitherausgeber Gottfred Adolphs Vorschlag gefolgt: "Diese Zeitschrift von nun an mit dem Titel "Lernen & Lehren" herauszugeben."

Lernen bedeutet für Gottfried Adolph immer auch Verstehen. Berufliches Lernen verfüge über ein besonders reichhaltiges Potential, die Arbeitswelt und die Gesellschaft in ihrer Gewordenheit zu begreifen. Warum ist eine neue Technik so und nicht anders? Geht es auch anders? Dies sind zwei Fragen, die heute aus der Didaktik beruflicher Bildung nicht mehr wegzudenken sind. Es reiche nicht, so Gottfried Adolph, die Entwicklung in einer demokratischen Gesellschaft nur zu verstehen, sondern es komme auch darauf an, sie mit zu gestalten, jeden Tag aufs Neue. Zur Frage, wie diese hehre Idee in den Prozessen des beruflichen Lernens und Lehrens praktisch werden kann, hat ,I & I' eine Vielzahl von Antworten

gegeben. ,I & I' hat auf ihre Weise sicher dazu beigetragen, dass seit 1996 in jedem von der KMK entwickelten Rahmenlehrplan steht, worauf es in der beruflichen Bildung ankommt: "Auf die Befähigung der Auszubildenden zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und der Gesellschaft in sozialer und ökologischer Verantwortung." Anders als die wissenschaftliche Bildung, die sich allzu sehr an die hoch arbeitsteiligen Strukturen der Wissenschaftsdisziplinen anlehnt, ist die berufliche Bildung darauf verwiesen, bei der Lösung beruflicher Aufgaben stets nach guten Kompromissen zu suchen – und dabei keines der relevanten Kriterien außer Acht zu lassen.

.I & I' ist mehr als eine Fachzeitschrift, in der regelmäßig eine Sammlung von Fachaufsätzen veröffentlich wird. Sie zeichnete sich schon bald nach ihrer Gründung dadurch aus, dass sie mit den einleitenden Kommentaren von GOTTFRIED ADOLPH in vielfältiger Weise Zusammenhänge herstellt zwischen der Praxis des beruflichen Lernens und Lehrens und den großen Themen. die die (Berufs-)Pädagogik seit jeher bewegen: Wie lässt sich die Qualifizierung von Fachkräften mit der Leitidee der zweckfreien Bildung in Übereinstimmung bringen? Bietet die von HERWIG BLANKERTZ formulierte Formel "Bildung im Medium des Berufes" eine praktikable Lösung an? Wie können Technik und Arbeit zum Gegenstand von Bildung - und nicht nur der Vermittlung funktionaler Qualifikationen werden? GOTTFRIED ADOLPH hat diese und viele weitere Fragen immer wieder unter neuen Gesichtspunkten aufgegriffen und diskutiert.

In seinen grundlegenden pädagogischen Orientierungen ist er geprägt durch die Zusammenarbeit mit HER-WIG BLANKERTZ bei dem Versuch, die Parallelität von beruflicher und allgemeiner Bildung im Kollegschulprojekt zu überwinden. Die Arbeiten von HANS AEBLI, MARTIN WAGENSTEIN und Wolfgang Klafki haben sein pädagogisches Denken ebenso geprägt, wie seine Arbeitserfahrung als Elektroinstallateur, Elektromeister und Gewerbelehrer. Auch später hat er sich als Schulleiter und als Leiter eines Gesamtseminars in Köln und schließlich auch als Honorarprofessor an der Universität Bremen zu allererst als ein

Lernender begriffen. Es ist vor allem diese Biographie, die Authentizität, die Klarheit seiner Texte und die darin eingebetteten Fragen, die bei seinen Lesern etwas zum Schwingen bringen und sie herausfordern, über die eigene Praxis – und über diese hinaus – nachzudenken.

Nicht selten habe ich mich beim Lesen seiner Texte dabei ertappt, dass ich mir etwas Angelesenes allzu leicht zu Eigen gemacht hatte. Das Motto, das solchen Erfahrungen entspringt, kann nur lauten: Den Dingen auf den Grund gehen und sich nicht dazu verleiten lassen, zum Trittbrettfahrer der je neuesten pädagogischen und didaktischen Moden zu werden. Und davon gibt es genug: Handlungslernen, Output- und Outcome-Orientierung, Lernziel- und Wissenschaftsorientierung, Arbeits- und Geschäftsprozessorientierung etc. Nicht, dass all diese Orientierungen auch den einen oder anderen richtigen und guten Gedanken beinhalten würden. Aber: Welche Bedeutungen sie transportieren und zu welchen Handlungen eine allzu oberflächliche Rezeption dieser Orientierungen verleiten, sind Fragen, die im Alltag des didaktischen Handelns oft zu kurz kommen.

Ich bin ganz sicher, das 'Lernen und Lehren' und vor allem GOTTFRIED ADOLPHS Kommentare Generationen von Lehrern sensibilisiert haben, zwischen pädagogischen Moden und innovativen Entwicklungen zu unterscheiden.

Auf die Funktion beruflicher Schulen als Ort der Fort- und Weiterbildung von Fachkräften der Wirtschaft – später wurde daraus die Initiative ,Berufliche Schulen als regionale Kompetenzzentren' - hat Gottfried Adolph schon sehr früh hingewiesen: "Als in den 60er Jahren, ausgelöst durch die sich beschleunigenden Prozesse der Automatisierung in den Betrieben ein Bedarf an beruflicher Fort- und Weiterbildung entstand, wandten sich viele Betriebe hilfesuchend an Berufsschullehrer. So schulte z. B. [...] ein Berufsschullehrer IBM-Techniker von der Röhrentechnik auf Transistortechnik um, [...] ein anderer unterrichtete bei der Firma Ford Industrieelektronik und wieder ein anderer bei Bayer [...] über hydraulische und pneumatische Steuerungen." Kann die heutige Berufsschule, fragt Gottfried Adolph, die Funktion der einheitlichen Vermittlung von Erst- und Weiterbildung erfüllen? Ist die öffentliche berufliche Schule nicht die zuständige Instanz für die didaktisch kompetente Vermittlung der gesamten beruflichen Bildung? Vor 20 Jahren stellte Gottfried Adolph diese Fragen, bevor die Diskussion über das lebenslange Lernen und das Konzept der Weiterentwicklung beruflicher Schulen zu beruflichen Kompetenzzentren auf die Tagesordnung der politischen und berufspädagogischen Diskussion gesetzt wurden (Heft 17 von 1990 von ,I & I'). Elf Jahre später hat die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und -forschung in einer Fachtagung zur Rolle und Funktion beruflicher Schulen als Kompetenzzentren in regionalen Bildungsnetzwerken dieses Thema aufgegriffen, und heute wird die Weiterentwicklung beruflicher Schulen zu "Vocational Colleges" diskutiert. Lieber Gottfried Adolph, Ihre Kommentare waren für die .I & I'-Leser mehr als ein Kompass. Man muss vor allem wissen, wohin man will, sonst nutzt der beste Kompass nichts. Genau dazu haben Sie mit Ihren Kommentaren beigetragen. Ihre Botschaft .Belehrung ist destruktiv' haben Sie sich auch in Ihren Kommentaren zu Eigen gemacht. Diese sind alles andere als belehrende Botschaften. Sie fordern die Leser dazu heraus, ihr didaktisches Handeln zu durchdenken und Schülern Lernchancen zu eröffnen.

Beim Erscheinen des nächsten ,I & I'-Heftes werde ich in alter Gewohnheit Seite 2 aufschlagen. Es wird mir so gehen wie vielen anderen ,I & I'-Lesern. Wir werden Ihre Kommentare vermissen.

Herzlichen Dank und alles Gute

Felix Rauner

#### Peter Röben/Ulrich Schwenger

### **Editorial**

#### Die Energiewende verlangt Umweltbildung!

Der rasante Anstieg der erneuerbaren Energien, die immer deutlicher werdende Verknappung der Energieressourcen, insbesondere des Erdöls, der Streit um das Energieprogramm der Bundesregierung und nicht zuletzt die großzügige Gewährung von Restlaufzeiten der Atomkraftwerke haben zu einem Wiedererstarken des Umweltthemas auch in der beruflichen Bildung geführt. Aber anders als in den neunzehnhundertachtziger und neunziger Jahren, als Umweltbildung schon einmal zu einem aktuellen Thema wurde, haben wir heute eine boomende Umweltbranche, die auch in der Wirtschaftskrise gut da steht und in den letzten Jahren bemerkenswerte Umwachszuwächse erzielt hat. Das Umweltthema ist so positiv besetzt, dass der Konzern Siemens nun zum grünen Unternehmen werden will, zum Umweltkonzern. Dem Aktienkurs hat dies keinen Abbruch getan. Man stelle sich vor, diese Ankündigung wäre 1985 erfolgt ...

Doch nicht nur für Aktionäre ist der Umweltboom interessant. Die Umsatzzuwächse in der Umweltbranche sind eng verkoppelt mit dem Zuwachs an Arbeitsplätzen, wie das BMU über den Bereich der erneuerbaren Energien berichtet: "Erste Schätzungen aus einem laufenden Forschungsvorhaben für das BMU gehen von rund 300.500 Beschäftigten aus. Gegenüber dem Vorjahr (rund 278.000) ist dies ein Plus von rund acht Prozent" (http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/45800/). In einer Befragung der Unternehmensberatung Berger wurde die Bedeutung der Fachkräfteverfügbarkeit von den betroffenen Unternehmen klar benannt, der Fachkräftemangel wird in der Umweltindustrie schon jetzt als Wachstumsbremse erkannt. Daher kommt der Nachwuchsförderung in den technisch-naturwissenschaftlichen Berufen eine weiter gestiegene Rolle zu, denn auch außerhalb der Umwelttechnik-Branche werden die Klagen über einen Mangel an geeigneten Bewerbern für anspruchsvolle Ausbildungsplätze immer lauter. Aber wenn sich nun in einer Wachstumsbranche der Arbeitsmarkt als Wachstumsbremse herausstellt, dann darf dies als eine neue Qualität in Bezug auf die Herausforderung der Sicherstellung von qualifiziertem Nachwuchs betrachtet werden. Berufswahlentscheidungen sowie den ihnen zugrunde liegenden Berufsorientierungsprozessen von Jugendlichen wird daher ein besonderes Augenmerk entgegengebracht und nach den Ursachen für den relativ geringen Zulauf zu den naturwissenschaftlich-technischen Berufen gefragt. Im Unterschied zu früher zeigt sich heute, dass diese Berufe von den Jugendlichen nicht mehr tendenziell skeptisch gesehen werden. Jugendliche haben heute durchaus ein Interesse an naturwissenschaftlich-technischen Berufen, schätzen sich selbst aber in Hinblick auf ihre Erfolgchancen gering ein und dies wird als Grund der Zurückhaltung gewertet. Die Bundesregierung möchte daher das Interesse an Umweltthemen in ein Interesse an technischen Berufen umlenken. Doch damit es gelingt, über das Interesse an Umweltthemen ein Interesse an Umwelttechnik zu wecken, stellen sich der Umwelterziehung deutlich andere Aufgaben als früher, wo mittels Appell und Zeigefinger einzelne individuelle Verhaltensänderungen bewirkt werden sollten. Zu den damals vorrangigen pädagogischen Strategien gehörten die Erzeugung von Wissen über ökologische Zusammenhänge, die Erzeugung von Betroffenheit durch die Verdeutlichung einer persönlichen Bedrohung sowie die Erzeugung von ökologischen Gefühlen durch positive Erlebnisse in der Natur. Dies hat sich allerdings nicht als erfolgreich herausgestellt.

Als Alternative hat sich der Ansatz der sozio-ökologischen Umweltbildung etabliert, dabei handelt es sich um ein pädagogisches Konzept, um Handlungswissen systematisch in Umweltbildungsprozesse zu integrieren. Eine so verstandene Umweltbildung liefert

schnell Bezugspunkte zu technischen und beruflichen Handlungssituationen.

Auch in der beruflichen Bildung sind seit den achtziger Jahren zahlreiche Modellversuche zur Umsetzung der Umweltbildung in Schule und Betrieb durchgeführt worden über die zum Teil auch hier berichtet wurde. Über den Erfolg kann man geteilter Meinung sein, Umweltthemen gehören aber sicherlich nicht gerade zu den Rennern des Unterrichts an beruflichen Schulen.

In dieser Ausgabe von Lernen und Lehren zeigen wir auf, dass die konkreten Lösungsansätze der Energiefrage eindrucksvolle Beispiele dafür sind, wie sich Einstellungen und Haltungen zur Umwelt in beruflichem Handeln niederschlagen und zum Element der Fachkompetenz werden.

Den Anfang macht THOMAS VOLLMER mit seinem Aufsatz zur nachhaltigen Nutzung von Ressourcen. Er referiert aktuelle Diskussionen der Umweltbildung, wie z. B. das pädagogische Konzept des ökologischen Fußabdrucks mit dem die Inanspruchnahme von Naturressourcen durch z. B. eine Stadt oder auch eine Person veranschaulicht wird, stellt die Konzepte von Effizienz, Suffizienz und Konsistenz dar, ebenso wie die Zukunftsaufgaben der gewerblich-technischen Facharbeit. In diesem Licht ist auch der Artikel von WILKO REICHWEIN zu betrachten. Er setzt sich mit der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen im Umfeld der Frage eines energieeffizienten und Ressourcen schonenden Umgangs mit Alltagstechnik am Beispiel des "grünen Handyshops" auseinander. Und dies sowohl auf der Erzeuger-, der Händler- und der Verbraucherebene.

In dem Aufsatz von Schumacher/Röben wird an einem Beispiel aus der Antriebstechnik deutlich gemacht, wie anspruchsvoll aber auch wie effizient die technische Umsetzung von Energiesparmassnahmen sein kann, wenn man über die Ebene des einzelnen

technischen Artefakts (z. B. Elektromotor) hinausgeht und das technische System in seiner Dynamik betrachtet. Berufliche Umweltbildung wird damit zu einem integralen Bestandteil der Fachkompetenz und der Arbeitshandlungen von Elektronikern und erhält damit eine neue Qualität.

Mit der gleichen Technologie, aber einem völlig anderen Kontext beschäftigt sich der Artikel von Matthas Grywatsch und Wieland Hering. Hier werden gleich zwei interessante Fragen aufgeworfen: Wie stellen sich formale Lernprozesse im Umfeld technischer Innovationen dar und welche Möglichkeiten gibt es zur Teilhabe? – Eine Frage, die später auch im Artikel von Franz Krämer aufgenommen

wird – und: Auf welcher Ebene ist das Outcome beruflicher Weiterbildung, gemessen an der Selbstständigkeit in der Gestaltung beruflicher Lern- und Handlungsprozesse, angesiedelt?

Mit ganz ähnlicher Intention wirft FRANZ KRÄMER die Frage auf, wie sich eine rasante konstruktive Veränderung – hier in der Karosserietechnik –, die durch das Streben nach Energieeffizienz und Ressourcenschonung ausgelöst wurde, im Arbeitsalltag der Fachkräfte auswirkt, die im Reparatur- und Instandhaltungssektor arbeiten. Auch hier geht es um Antworten auf die Frage: Wie wird frühzeitig der Standard von Fachkompetenz im Lernprozess gesichert und was bedeutet dies für

die Lernkompetenz von Lehrern und Lernern?

Fahrzeugkonzepte der Zukunft sind Folge der Energiewende. Entwicklungsstränge sind sichtbar und Lösungen verändern vor allem die Antriebstechnologien erheblich. Wenn auch grundlegende Fragen der Energiespeicherung noch nicht zufriedenstellend gelöst sind, lassen sich aber schon jetzt Überlegungen anstellen, wie sich die bis jetzt bekannten Entwicklungen auf die berufliche Bildung auswirken werden. Dies macht uns MATTHIAS BECKER in seinem Artikel zu Elektromobilität und Beruf deutlich.

#### Thomas Vollmer

# Arbeit und Berufsbildung auf dem Weg ins Solarzeitalter

#### Befähigung zur Mitgestaltung der Energiewende

Mit dem Beitrag wird ein Blick in die Zukunft geworfen und die Entwicklung hin zu einer solaren Energiebasis der Gesellschaft skizziert. Wenn nicht weiter Raubbau an den Lebensgrundlagen betrieben werden soll, ist das Beschreiten dieses Weges unabdingbar. Technische Facharbeit und berufliche Bildung sind dabei in besonderem Maß gefordert, einen Beitrag zu leisten. Nachfolgend werden technische Perspektiven der Energiewende sowie die damit verbundenen Handlungsoptionen und Beschäftigungschancen beleuchtet.

#### **Einleitung**

Die industrielle Revolution hat Waren billiger und für breite Bevölkerungsschichten zugänglich gemacht. Der Wohlstand hat mittlerweile bei uns ein früher kaum für möglich gehaltenes Niveau erreicht. Dies wurde möglich durch die Nutzung unbegrenzt erscheinender fossiler Energieträger, zunächst Kohle, später Erdöl und Gas, schließlich kam die Kernenergie hinzu. Die Entwicklung der Dampfmaschine hat dieses Zeitalter eingeleitet. Aber schon in dieser frühen Zeit wurde erfolgreich nach Alternativen zur Verbrennung von Kohle gesucht. So hat Augustin MOUCHOT 1866 erste Solar-Maschinen konstruiert, bei denen Wasser über einen Hohlspiegel zum Kochen gebracht wurde, um damit Dampfmaschinen

anzutreiben. Eine größere Maschine von ihm mit einem Konusspiegel mit 5 m Durchmesser und einer Leistung von mehreren kW erhielt 1878 auf der Weltausstellung in Paris sogar eine Goldmedaille (vgl. MOUCHOT 1987). Als Frankreich Zugang zu billigerer Kohle bekam, wurde ihm die staatliche Unterstützung entzogen und er stellte die Entwicklungsarbeiten ein – die Klima beeinflussende weltweite Verbrennung fossiler Energieträger nahm damit alternativlos erscheinend ständig zu.

Die Sonnenenergie ungenutzt zu lassen können wir uns in unserer globalisierten Welt nicht mehr erlauben – zumal mittlerweile ehemalige Schwellenund auch einzelne Entwicklungsländer wirtschaftlich an den Industrienationen aufschließen und Wohlstand generie-

ren, der ihnen in der Vergangenheit vorenthalten war. Darüber hinaus ist überhaupt noch nicht absehbar, inwieweit sich die Verhältnisse in Zukunft darstellen, wenn im Jahr 2050 nicht mehr sechs, sondern mindestens neun Milliarden Menschen die Ressourcen unseres Planeten beanspruchen werden (vgl. SINDING 2007).

Wir in den entwickelten Industrienationen leben bisher auf Kosten der ärmeren Länder, weil wir übermäßig fossile Energieträger und andere Ressourcen verbrauchen und mit unseren Abfällen und Emissionen künftige Generationen belasten. Diese Lebensweise ist an natürliche Grenzen gestoßen und bietet keine Zukunftsperspektiven, weil sie die Lebensgrundlagen aufzehrt. Eine verantwortungsvolle

Nutzung der verfügbaren Ressourcen in allen Lebensbereichen ist daher unumgänglich und stellt somit auch eine Herausforderung und Chance für die Facharbeit und die berufliche Bildung dar. Ziel ist es, durch privates und berufliches Handeln Verantwortung für die ökologische Tragfähigkeit unseres Planeten zu übernehmen und dazu ist ein durchgreifender gesellschaftlicher Wandlungsprozess erforderlich, der alle Menschen betrifft und von jedem gelebt werden muss.

### Zukunftsverantwortung übernehmen lernen

Die Lösung dieser Zukunftsaufgabe ist ein wesentlicher Kern der politischen Strategie einer nachhaltigen Entwicklung. "Besonders die Industriegesellschaften sind aufgerufen, nachhaltige Wirtschaftsweisen und neue Konsummuster zu entwickeln. Dabei müssen die Wechselwirkungen zwischen ökologischen, ökonomischen, sozialen und kulturellen Prozessen beachtet werden. Ziel ist ein Generationenvertrag, in dem die heute lebenden Menschen sich verpflichten, bei der Erfüllung ihrer Bedürfnisse die Erhaltung gleicher Optionen für künftige Generationen zu berücksichtigen" (DUK 2003). Zur Umsetzung dieser Ziele ist ein nationaler Aktionsplan erarbeitet worden, mit dem die Verantwortung für die Erhaltung der Lebensgrundlagen in allen Bereichen der Bildung in Deutschland zu verankern ist, weil davon ausgegangen wird, dass ein erfolgreicher Weg zur Nachhaltigkeit über die Bildung führt.

Nachhaltige Wirtschaftsweisen und neue Konsummuster zu entwickeln bedeutet mit den verfügbaren Materialien und Energien erheblich sparsamer umzugehen als bisher. Dabei ist es wichtig, sich bewusst zu machen, dass jedes Produkt einen so genannten ökologischen Rucksack hat, mit dem der nicht unmittelbare wahrnehmbare Material- und Energieaufwand für die Herstellung umschrieben wird. Jedes Kilogramm Industrieprodukte beinhaltet bei uns im Durchschnitt etwa 30 Kilogramm Naturverbrauch. Beispielsweise benötigt die Herstellung eines Autos etwa soviel Energie, wie es im Laufe seiner Nutzung verbraucht. Eine Wende kann erreicht werden, indem in unserer Überflussgesellschaft Verschwendung vermieden und geprüft wird, welche Ressourcen für die Lebensgestaltung wirklich erforderlich sind. In diesem Zusammenhang stellen sich Fragen, wie:

- Sind tatsächlich alle unsere Fahrten sinnvoll, müssen sie mit dem Auto erfolgen und gibt es Alternativen?
- Welche Räume in der Wohnung müssen geheizt werden, welche Temperaturen sind dort jeweils für das Wohlbefinden wirklich erforderlich und welche Energieträger werden genutzt?
- Ist es möglich, die Raumbeleuchtung nur dann einzuschalten, wenn sie wirklich gebraucht wird und mit welchen energiesparenden Leuchtmitteln kann ein behagliches Licht geschaffen werden?

Genügsamkeit – auch Suffizienz genannt – muss nicht Einschränkung bedeuten, sondern kann sogar zu einem Gewinn an Lebensqualität führen, weil weniger für Energiekosten gearbeitet werden muss oder weil es durch den eingeschränkten Raubbau und verbesserten Klimaschutz mehr intakte Natur gibt. Es stellt sich in diesem Zusammenhang also auch die Frage danach, was unter Wohlstand zu verstehen ist – auch für die Lernenden in der beruflichen Bildung.

Im Unterschied zur Suffizienz zielt der Begriff Effizienz bzw. Produktivität nicht auf Verzicht, sondern auf eine Zielerreichung mit geringstmöglichem Material- und Energieverbrauch. Ein

aktuelles Beispiel ist das Verbot der herkömmlichen Glühlampen und deren Substitution durch energiesparende Halogen-, Leuchtstoff- oder LED-Lampen. Der Club of Rome hat mit seinem neusten Bericht "Faktor fünf" einen zukunftssicheren Pfad aufgezeigt (WEIZ-SÄCKER u. a. 2010), auf dem wir fünfmal so viel Wohlstand aus einer Kilowattstunde Energie, aus einer Tonne Kupfererz oder einem Kubikmeter Wasser entstehen lassen können, oder umgekehrt, für unseren Wohlstand nur noch ein Fünftel einer Ressource benötigen. Das schafft global Spielraum für die Steigerung von Wohlstand und Lebensqualität der bisher benachteiligten Länder bei gleichzeitiger Schonung der Ressourcen. Beides, Suffizienz und Effizienz, sind erforderlich, wenn das Ziel eines erheblich sparsameren Ressourcenverbrauchs zum Erhaltung der Lebensgrundlagen erreicht werden soll.

Die Bundesregierung hat als Entwicklungsziel vorgegeben, die Energieproduktivität - das Maß für den Verbrauch im Verhältnis zum preisbereinigten Bruttoinlandsprodukt - innerhalb von rund 30 Jahren bis 2020 zu verdoppeln. Das Umweltbundesamt hat allerdings festgestellt, dass eine Beibehaltung des bisherigen Entwicklungstempos nicht ausreichen würde, diese Produktivitätsziele zu erreichen (vgl. UBA 2007, S. 20).1 Dies könnte auch ein Wettbewerbsnachteil im globalen Markt sein, der in unserem Wirtschaftssystem eine ständige Steigerung der Produktivität erfordert. Die

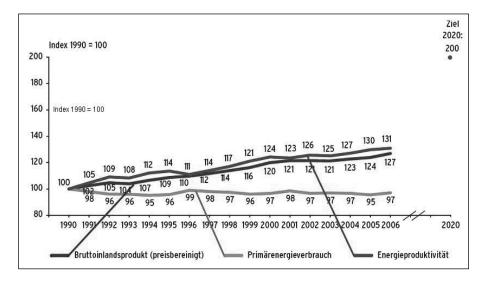


Abb. 1: Energieproduktivität und Ziele der Bundesrepublik (UBA 2007, S. 20)

Rationalisierungsbemühungen in den Unternehmen haben i. d. R. traditionell ihren Schwerpunkt in der Verbesserung der Arbeitsproduktivität durch vermehrte Nutzung neuer Technologien und Energie statt menschlicher Arbeitskraft, d. h. kennzeichnend für die entwickelten Industriegesellschaften ist bisher die Kopplung von Wachstum an die Erhöhung des Ressourcenverbrauchs. Mittels einer entsprechenden Ressourcenstrategie der Europäischen Union soll dieser Zusammenhang aufgebrochen werden (vgl. EU 2005).

### Effizienz – Suffizienz – Konsistenz

Effizienz und Suffizienz sind wichtige Gesichtspunkte nachhaltigen Wirtschaftens und Konsumierens, allein aber nicht ausreichend. Denn durch den so genannten Rebound-Effekt werden die ursprünglich positiven Wirkungen teilweise oder vollständig neutralisiert und u. U. sogar in das Gegenteil verkehrt. Große Einsparungen führen üblicherweise dazu, dass die Ressourcen aufgrund der Marktgesetze von Angebot und Nachfrage billiger werden. Reduzieren sich die Kosten bspw. für Energie, so werden sie i. d. R. eher genutzt oder gar verschwendet. So wird erwartet, dass mit dem zunehmenden Einsatz energiesparender LED-Leuchten mehr Fassadenbeleuchtungen an Gebäuden installiert werden. Weil solche Ausweitungen des Ressourcenverbrauchs die erreichten Einsparungen mehr als kompensieren können, wird eine rein auf Effizienz ausgerichtete Strategie also nur bedingt zum Erfolg führen und das Grundproblem, nämlich den Naturverbrauch und die klimaschädigende Nutzung fossiler Energieträger, bestenfalls reduzieren und zeitlich strecken, aber nicht beseitigt können - zumal davon auszugehen ist, dass der Ressourcenbedarf generell mit der Weltbevölkerung weiter wächst.

Wenn also "die Frist bis zum ökologischen Weltuntergang" (HUBER 2000, S. 2) nicht nur herausgezögert, sondern die Lebensbedingungen langfristig gesichert werden sollen, ist neben Effizienz und Suffizienz der Übergang von unserem tradierten Naturverbrauch hin zu einer naturverträglichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe und regenerativer Energien erforder-

lich. Eine solche naturverträgliche Ausrichtung unserer Ressourcenbasis, bei der es nicht in erster Linie um weniger, als vielmehr um andere Arten der Ressourcennutzung geht, die auch in großen Volumina aufrechterhalten werden können, hat HUBER (2000, S. 4) mit dem Begriff Konsistenz bezeichnet. Die schnellstmögliche Substitution fossiler Rohstoffe und Energieträger stellt mit Abstand das vordringlichste ökologische Vorhaben der Zukunftssicherung dar. Die notwendige revolutionäre Umstellung hin zu einer naturintegrierten Lebensweise erfordert weniger die Entwicklung neuer Technologien, als vor allem die umgehende Einführung und allgemeine Verbreitung der bereits vorhandenen vielfältigen technologischen Möglichkeiten, die noch immer zu wenig genutzt bleiben (vgl. WEIZSÄCKER u. a. 2010).

### Stromversorgung 100 % aus erneuerbaren Quellen

Aktuell werden durch verschiedene Initiativen und Vorhaben Entwicklungen angestoßen, die auch für die berufliche Bildung bedeutsam sind. Die Bundesregierung hat bspw. als Energieziel für 2050 eine Stromversorgung 80 % aus erneuerbaren Quellen geplant. Nach einer umfassenden Studie des Umweltbundesamtes lässt sich bis 2050 mit einer integrierten Strategie, die Effizienz, Suffizienz und Konsistenz zielbezogen verschränkt, sogar eine Stromversorgung zu 100 % aus erneuerbaren Quellen und damit verbunden eine Senkung der CO2-Emissionen auf nahezu Null erreichen (vgl. KLAUS u. a. 2010). Die Erreichung dieser Ziele setzt die vollständige Durchdringung des Anlagen-, Geräte- und Ge-

	2005		2050	
	Strom	Brennstoffe	Strom	Brennstoffe
HH Raumwärme	22,9 TWh	556,9 TWh	30,9 TWh (*)	0,0 TWh
HH Warmwasser	14,7 TWh	57,2 TWh	5,6 TWh (*)	0,0 T <b>W</b> h
HH Beleuchtung	11,8 TVVh	and the same of th	1,8 TWh	and the state of t
HH sonst. Anwendungen	83,1 TWh	4,3 TWh	63,5 TWh	0,0 TWh
HH Solar- und Umwälzpumpen	8,5 TWh		3,6 TWh	The state of the s
Summa Haushalta (UU)	141,0 TWh	618,4 TWh	105,4 TWh	0,0 TWh
Summe Haushalte (HH)	759,4	TWh	105,4 TWh	
GHD Raumwärme	10,0 TWh	174,5 TWh	1,9 TWh (*)	0,0 TWh
GHD Beleuchtung	41,1 TWh	And the Contract of the Contra	18,3 TWh	
GHD IKT	15,6 TWh	***************************************	7,8 TWh	
GHD Prozesswärme	9,2 TWh	76,9 TWh	18,4 TWh	62,4 TWh
GHD Kühlen und Lüften	18,1 TWh		28,1 TWh (*)	The state of the s
GHD mechanische Energie		31,7 TWh (**)		18,6 TWh (**)
Summe Gewerbe, Handel,	123,3 TWh		90,3 TWh	
Dienstleistungen (GHD)	406,4	TWh	171,3	TWh
Industrie Raumwärme	1,0 TV/h	65,7 TWh	5,8 TWh (*)	0,0 TWh
Industrie Beleuchtung	10,8 TVVh	The state of the s	8,3 TWh	***************************************
Industrie IKT	9,2 TWh	The state of the s	6,4 TWh	And the same of th
Industrie Prozesswärme	64,3 TWh	379,3 TWh	50,2 TWh	296,4 TWh
- davon < 100 °C	And the Party of t	53,1 TWh	***************************************	41,5 TWh
- davon 100 °C - 200 °C	***************************************	60,7 TWh	***************************************	47,4 TWh
- davon 200 °C - 600 °C		45,5 TWh	And the Control of th	35,6 TWh
- davon > 600 °C	440.070.0	220,0 TWh	100.0 7.4	171,9 TWh (***)
Ind. mechanische Energie	143,3 TWh		130,3 TWh	
Summe Industrie	228,6 TWh	445,0 TWh	201,0 TWh 497,5	
Summe Haushalte, GHD,	492,9 TWh		396,7 TWh	
Industrie	1839,4 TWh		774,2 TWh	
Verkehr			71,7 TWh	
Endenergieverbrauch Strom gesamt			468,4 TWh	

Tab. 1: Wandel des Endenergieverbrauchs zwischen 2005 und 2050 nach Anwendungen, Energieträgern und Sektoren (KLAUS u. a. 2010, S. 25; Anmerk. s. Quelle)

bäudebestandes mit den besten am Markt verfügbaren Techniken voraus.

Die Studie geht von einer weitgehenden Substitution fossiler Energieträger aus, u. a. weil der zunehmende Einsatz von Wärmepumpen in Kombination mit solarthermischen Anlagen und die Einführung der Elektromobilität die Brenn- und Kraftstoffe zu einem großen Teil verdrängen werden. Dadurch wird der Stromverbrauch trotz erheblicher Effizienzsteigerungen im Jahr 2050 zwar insgesamt kaum niedriger sein als im Jahr 2005, der Strom wird dann jedoch fast ausschließlich aus regenerativen Quellen gewonnen.

Die Versorgungssicherheit kann nach dieser Studie ebenso gewährleistet werden wie der Ausgleich der naturgegebenen Schwankungen (Fluktuation) bei der Stromerzeugung aus regenerativen Quellen und der nutzerabhängigen Stromabnahme, "da sich die unterschiedlichen Erzeugungsarten der erneuerbaren Energien, die Speicher und das Lastmanagement gut ergänzen können" (ebd., S. 10). Als geeignete Speichermöglichkeiten mit einer Gesamtkapazität von 625 TWhth werden Kavernen- und Porenspeicher zur Bevorratung von Wasserstoff (Rückverstromung in Brennstoffzellen) und Methan (Verbrennung in Gaskraftwerken) als nutzbare, mittels erneuerbarer Energien erzeugte Arbeitsgase angesehen, während die verfügbaren Potentiale von Pumpspeicherbecken als nahezu erschöpft gelten (vgl. AEE 2010a). Für das Lastmanagement, d. h. die zeitliche Beeinflussung des Stromverbrauchs, müssen entsprechende Steuerungen bei Stromkunden installiert werden, die bspw. die Aufladung von E-Automobilen, den Betrieb

von Wärmpumpen mit zugehörigen Warmwasserspeichern, die Einschaltzyklen von Klimatisierungsgeräten usw. überwachen (vgl. ebd., S. 44 ff.). "Je früher und entschlossener wir handeln, desto mehr Zeit bleibt uns für die notwendigen technischen und gesellschaftlichen Anpassungen!" (KLAUS u. a. 2010, S. 195)

### Zukunftsaufgabe gewerblichtechnischer Facharbeit

Der gesellschaftliche Wandel hin zu einer solaren Energieversorgung vollzieht sich bereits. So produzieren die Einwohner der Insel Pellworm die doppelte Menge Strom aus regenerativen Quellen, als sie verbrauchen. Auch das südniedersächsische Dorf Jühnde erzeugt seine benötigte Energie selbst auf der Basis von Biomasse und speist ebenfalls mehr als doppelt soviel regenerativen Strom ins Netz ein, als der Ort im ganzen Jahr verbraucht. Seit 2006 haben sich 30 deutsche Kommunen und Regionen dem weltweiten Transition Town Movement angeschlossen, weil sie den anstehenden Übergang in eine postfossile, dezentralisierte Wirtschaft unabhängig von Politik und Verwaltung schnellstmöglich selbst vorantreiben wollen. In Hamburg werden emissionsfreie Brennstoffzellenbusse im Liniendienst erprobt, die bis 2018 alle Dieselfahrzeuge ersetzen sollen. Für Handelsschiffe werden Systeme zur Nutzung der Windkraft als Antriebsenergie entwickelt.<sup>2</sup> Die Liste solcher Beispiele lässt sich noch erheblich verlängern.

Mittlerweile haben die erneuerbaren Energien einen Anteil von knapp 9 % (2009) am Primär- und 10 % am Endenergieverbrauch erreicht. Beim

Technisch-ökologisches Potential (nach konservativer Schätzung)	install. Leistung (GW)	Ertrag (TWh <sub>el</sub> )
Photovoltaik	275,0	248
Windenergie an Land	60,0	180
Windenergie auf See	45,0	180
Wasserkraft	5,2	24
Geothermie	6,4	50
Abfallbiomasse (nur Biogas)	nach Bedarf	23
Insgesamt		687

Tab. 2: Potentiale erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung (n. Klaus u. a. 2010, S. 81)

Stromverbrauch ist der regenerative Anteil mit inzwischen 16 % am höchsten und im Bereich der Wärmbereitstellung durch Solarthermie und Biogas ist der Anteil auf 8,4 % (Vorjahr 7,4 %) gestiegen, während die Werte für Biokraftstoffe aufgrund gesetzlich vorgegebener Quoten bei etwa 5,5 % stagniert, in den kommenden Jahren aber steigen dürften. 2009 wurden insgesamt 36 Mrd. € mit erneuerbaren Energien erwirtschaftet (+ 98,9 % ggü. 2005), wovon 20 Mrd. € auf die Investitionen neuer Anlagen und 16 Mrd. auf die Energiegewinnung entfielen (BMU 2010, S. 25 ff.).

Die Herstellung, Montage und Wartung von Wärmepumpen, Blockheizkraftwerken und Solaranlagen in Wohnhäusern, Geschäftsgebäuden und Industriebauten, der Bau von Windkraft- und Biogasanlagen, die Installation von Systemen für das Last- und Gebäudemanagement sowie die zunehmende Verbreitung von E-Automobilen und der Aufbau der notwendigen Infrastruktur für deren "Betankung" erfordern die Mitwirkung gut ausgebildeter technischer Fachkräfte. Ihre Aufgabe auf diesem gesellschaftlichen Entwicklungspfad wird es sein, nicht nur den Ausbau der erneuerbaren Energien weiter voran zu treiben, sondern auch das bestehende Energiesystem umzubauen und für den ausschließlichen Einsatz erneuerbarer Energien tauglich zu machen. Zahlreiche Handwerksbetriebe haben schon früh erkannt, das sie die Funktion als so genannte Gatekeeper übernehmen können, wenn entsprechend qualifizierte Fachkräfte aufgrund ihrer Fachkompetenz Einfluss auf die Wertvorstellungen und die Investitionsentscheidungen der Kunden nehmen, indem sie in der Beratung auf zukunftsweisende Umweltanforderungen, Förderprogramme, Amortisation und zu erwartende Rahmenbedingungen wie Energiekosten, Gesetzesregelungen usw. hinweisen (vgl. WHKT 2002, S. 9).

### Beschäftigungsentwicklung durch regenerative Energien

Insgesamt haben 2009 über 300.000 Beschäftigte im Bereich regenerativer Energien gearbeitet, das ist gegenüber dem Vorjahr (rd. 278.000 Beschäftigte) ein Zuwachs von 8 %.3 Damit hat sich die den erneuerbaren

Energien zurechenbare Beschäftigung in nur fünf Jahren um etwa 140.000 Arbeitsplätze oder rd. 87 % erhöht (2004 rd. 160.500 Beschäftigte) - und die Tendenz ist weiter steigend (vgl. BMU 2010, S. 13 f.). Diese Arbeitsplatzgewinne entfallen nicht nur auf das Handwerk, sondern auch auf die einschlägigen Industrieunternehmen. Die Belegschaftsstärke des Kasseler Unternehmens SMA, inzwischen Weltmarktführer für Wechselrichter für PV-Anlagen und im TEC-Dax gelistet, ist von 928 (2005) über 2.574 (2008) auf 5.610 (2010) gestiegen. In der Windkraftbranche fehlen mittlerweile dringend benötigte qualifizierte Mitarbeiter. Die Zielperspektiven für die erneuerbaren Energien der Bundesregierung sehen eine Verdoppelung der Beschäftigung bis 2020 ggü. 2008 vor, die Agentur für erneuerbare Energien prognostiziert sogar ein Verdreifachung (vgl. AEE 2010b). Dieser Strukturwandel setzt Rahmenbedingungen für die berufliche Bildung.

In diesem Zusammenhang ist technische Facharbeit darüber hinaus – mehr noch als bisher – mit der Steigerungder Ressourceneffizienz gefordert, weil zur Erreichung der ehrgeizigen Ziele die Einsparung von Energien und die Vermeidung von Verschwendungen unabdingbar sind. Schon jetzt könnte mehr erreicht werden. So sieht der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI 2006, S. 4 f.) bspw. durch energetische Optimierung der Antriebstechnik – d. h. den Ersatz herkömmlicher, häufig ungeregelter Elektromotore durch elektronische

Drehzahlregelungen und Energiesparmotoren (ggf. mit Netzrückspeisung, s. auch den Beitrag von SCHUMACHER/ RÖBEN im vorliegenden Heft) - ein bisher ungenutztes Stromsparpotential von 27,5 TWh. Dies entspricht vier Großkraftwerken mit einer Leistung von 1.100 MW - oder anders ausgedrückt: Es wären fast vier der umstrittenen Atomkraftwerke verzichtbar. Damit verbunden sind Kostensenkungen von 2,2 Mrd. € und CO<sub>2</sub>-Reduktionen von 17 Mio. Tonnen. Mit zusätzlichen mechanischen Optimierungen der Antriebessysteme ließen sich weitere, teils noch größere Einsparpotentiale erschließen.

Auf solche gesellschaftlich bedeutsamen Aufgaben müssen angehende Elektroniker/innen, Mechatroniker/innen. Industriemechaniker/innen u. a. schon während ihrer Ausbildung vorbereitet werden. Zwar werden in der Industrie grundlegende Planungsentscheidungen auf der Leitungsebene getroffen, die hier übliche kontinuierliche Verbesserung der Produktivität ist jedoch ohne Beteiligung von Facharbeiter/-innen als Experten konkreter Abläufe und Technologien kaum möglich. Insofern ist eine erfolgreiche Ressourcenoptimierung auf das Wissen und Können der Beschäftigten in der Instandhaltung und in der Produktion angewiesen, das durch eine nachhaltigkeitsorientierte Berufsbildung systematisch zu fördern ist. Für die Entwicklung von Gestaltungskompetenz ist es erforderlich, technikbezogenes Handeln mit sozial bzw. gesellschaftlich erwünschten Wirkungen in Beziehung zu bringen – bspw. den Ersatz herkömmlicher Antriebe durch effizientere Systeme im Rahmen von Instandsetzungsaufgaben und die damit erreichbaren Reduktionen der Energiekosten, der CO<sub>2</sub>-Emmisionen und der Kraftwerkskapazitäten.

Mit Blick auf die Zukunftsperspektiven geht auch die IG Metall davon aus, dass eine hohe Ressourceneffizienz zu einem zentralen Wettbewerbsfaktor wird und die Bundesrepublik als hoch entwickeltes Industrieland eine Innovationsstrategie benötigt, bei der Wirtschaft, Umwelt und Beschäftigung gemeinsam gewinnen. "Beim notwendigen ökologischen Umbau der Industrie ergeben sich zwei ergänzende Wege: Neben der Stärkung der noch jungen Branchen der erneuerbaren Energien und anderer Umwelttechnologien geht es vor allem auch um die Kerne der Industrie, das heißt um grüne' Produkte und Verfahren in der Metallverarbeitung, im Maschinenbau und in der Automobilindustrie. ... Die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen wird künftig entscheidend davon abhängen, wie schnell sie sich die Technologien zur Energie- und Ressourceneffizienz zu Eigen machen und in ihr Produktportfolio integrieren können" (IGM 2010, S. 2, s. a. IGM 2006). Wenn bei industriellen Rationalisierungsmaßnahmen der Schwerpunkt nicht so sehr auf die Arbeitsproduktivität, sondern mehr auf die Ressourcenproduktivität gerichtet wird, kann neben den angestrebten Wirtschaftlichkeitszielen sogar eine Stabilisierung oder gar Ausweitung der Beschäftigung erreicht werden (vgl. Aachener Stiftung 2005, S. 5, BLEIWITZ 2009, S. 4).

#### Anforderung an eine zukunftsorientierte Ausbildung

Für die Mitwirkung an der Wende hin zum Solarzeitalter müssen die gewerblich-technischen Fachkräfte in Industrie und Handwerk über eine spezifische Gestaltungskompetenz verfügen. Sie müssen verstehen, dass ihre Arbeit in einen unauflösbaren gesellschaftlichen und ökologischen Zusammenhang eingebunden ist. Bei der Herstellung von Produkten und Dienstleistungen ist es unvermeidlich, Material und Energie zu nutzen sowie Abfälle und Emissionen zu erzeugen. Damit werden Wohlstand und Gebrauchs-

Sparte der erneuerbaren Energien	Beschäftigte 2009	Ausbildungsberufe	
gesamt	300.500, davon in den drei größten Sparten:		
Bioenergie	109.000 (meist ländliche Regionen)	Techniker, Elektriker/ Elektroniker, Mechani- ker, Anlagenmechaniker, Vertriebsfachkräfte	
Windenergie	87.100 (BMU) 100.000 (BWE)	Elektriker/Elektroniker, Mechatroniker, Industrie- und Bürokaufleute	
Solarenergie	79.600, davon: 64.600 PV und 15.000 Solarthermie (60 % im Handwerk)	Elektriker/Elektroniker, Anlagenmechaniker SHK, kaufmännische Angestellte	

Tab. 3: Arbeitsplätze und Berufe in Sparten erneuerbarer Energien (MAYER 2010, S. 9 ff.)

werte geschaffen, aber immer noch wird die Umwelt dabei über die Maßen belastet. Der Entwicklungspfad hin zu einer naturverträglichen Arbeits- und Lebensgestaltung ist eingeschlagen, er muss nun zügig beschritten werden. Berufliche Bildung, die die Auszubildenden befähigen will, Mitverantwortung für den anstehenden gesellschaftlichen Wandel und die Erhaltung der Lebensgrundlagen zu übernehmen. muss sie sensibilisieren, dass sie dazu mit ihrer Arbeit einen Beitrag leisten können. Dies kann auch zu einem positiven Selbstwertgefühl und zu einer nachhaltigkeitsbezogenen Berufsidentität führen.

Nachhaltige Nutzung der Materialien und Energien bezieht sich auf das technische Produkt bzw. die Dienstleistung und auf den Prozess ihrer Entstehung. Kategorien technischen Handelns sind dabei die ressourcenbezogene Optimierung und Bewertung - von der Zielsetzung über die Planung, Entwicklung und Realisierung bis hin zum Betrieb bzw. der Nutzung einschließlich der Wartung und Instandhaltung und letztlich dem Recycling oder der umweltverträglichen Entsorgung. Im Zentrum einer solchen, dem Leitziel einer nachhaltigen Entwicklung verpflichten Berufsbildung steht die Auseinandersetzung mit dem Schlüsselproblem unserer Zeit, nämlich dem

Erhalt unserer Lebensgrundlagen, und den realistischen Beiträgen, die die Einzelnen durch ihre Arbeit und Lebensgestaltung auf dem Weg hin zur solaren Gesellschaft leisten können. Dabei sind die Produkte, wie etwa eine zu installierende Solaranlage oder das zu reparierende E-Automobil, in den Blick zu nehmen, als auch die Prozesse - im Handwerk bspw. die Baustellenorganisation einschließlich des Gebrauchs des Fahrzeugs und in der Industrie die fortwährende Produktivitätsverbesserung bezüglich des Energie- und Materialverbrauchs. Dabei werden zunehmend naturbasierte und kompostierbare bzw. naturverträglich recycelbare Rohstoffe an Bedeutung gewinnen. Die Suche nach Lösungen für diese Problemstellungen in den Lernsituationen sollte ein zentrales Moment der didaktischen Planung bil-

#### **Ausblick**

Die jüngeren Fachkräfte und die fortan Ausgebildeten sind die Generation, die die Wende von unserer herkömmlichen Wirtschafts- und Lebensweise hin zu einer solaren Gesellschaft vollziehen werden. Die berufliche Bildung hat eine besondere Verantwortung, die heutigen Jugendlichen auf die Herausforderungen dieses Wandels vorzubereiten. Die Voraussetzungen dafür

sind mit dem Lernfeldkonzept und dem damit verbundenen Berufsbildungsziel, die Jugendlichen zur Erfüllung der Aufgaben im Beruf und zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer und ökologischer Verantwortung zu befähigen, gegeben. Die durchgreifende Umsetzung darf aber nicht lange auf sich warten lassen. Es wäre fatal, wenn wir aus dem Versäumnis im 19. Jahrhundert, die seinerzeit bereits existierenden Möglichkeiten der Solartechnik Mouchots weiterzuentwickeln und zügig anzuwenden, nicht lernen würden. Dafür würden wir und auch noch künftige Generationen einen hohen Preis bezahlen.

#### Anmerkungen

- Das gleiche gilt auch für die Rohstoffproduktivität (vgl. UBA 2007, S. 78).
- 2 www.pellworm.de; www.bioenergiedorf.de; www.transition-initiativen. de/, www.hochbahn.de; http://www. skysails.info/; http://www.windschiffe.de/
- 3 Der Bereich regenerativer Energien umfasst die Herstellung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien einschließlich Exporten, den Betrieb dieser Anlagen sowie die Bereitstellung von Biomasse und Biokraftstoffen einschließlich der diesen Bereichen vorgelagerten Wertschöpfungsstufen.

#### Literatur

AACHENER STIFTUNG KATHY BEYS (Hrsg.) (2005): Ressourcenproduktivität als Chance – Ein langfristiges Konjunkturprogramm für Deutschland. Eine Zusammenfassung der Studien. Aachen, http://www.aachener-stiftung.de/downloads/Zusammenfassung.pdf (18.08.2010)

AEE – AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENER-GIEN (Hrsg.) (2010a): Strom speichern. In: Renews Spezial 29/April 2010. Berlin 2010, http://www.unendlich-viel-energie. de/de/service/mediathek/renewsspezial. html (30.08.2010)

AEE – AGENTUR FÜR ERNEUERBARE ENER-GIEN (Hrsg.) (2010b): Erneuerbare Energien 2020. Potenzialatlas Deutschland. Berlin 2010, http://www.unendlich-vielenergie.de/de/wirtschaft/potenziale.html (30.08.2010)

BiB — Bundesinstitut für Bevölkerungs-Forschung (Hrsg.) (2009): Wachstum

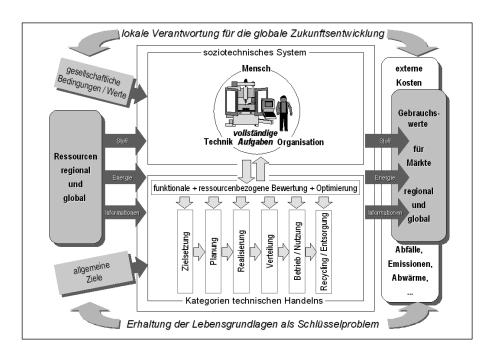


Abb. 2: Zukunftsverantwortung in global eingebundenen Wirtschafts- und Arbeitssystemen

- und Alterung der Weltbevölkerung. Wiesbaden, http://www.bib-demografie. de/DatenundBefunde (30.08.2010)
- BLEIWITZ, R. (2009): Strukturwandel und Ressourcenpolitik. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. http://www.wupperinst.org/uploads/tx\_ wibeitrag/Pol\_Paper\_Ressourcen.pdf (19.08.2010)
- BMU BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (Hrsg.) (2010): Erneuerbare Energien in Zahlen. Bonn, http://www.erneuerbareenergien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere\_ee\_zahlen.pdf (30.08.2010)
- DUK DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION/NATIONALKOMITEE FÜR DIE UN-DEKADE (Hrsg.) (2003): Nachhaltigkeit lernen: Hamburger Erklärung der Deutschen UNESCO-Kommission zur Dekade der Vereinten Nationen "Bildung für nachhaltige Entwicklung" (2005 2014). Beschlossen auf der 63. Hauptversammlung der Deutschen UNESCO-Kommission. Hamburg, www.bne-portal.de (01.02.2010)
- EU Europäische Union (Hrsg.) (2005): Memo/05/497. Fragen und Antworten zur thematischen Strategie für die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. Brüssel, http://europa.eu/geninfo/query/ resultaction.jsp?page=1 (18.08.2010)

- HUBER, J. (2000): Industrielle Ökologie. Konsistenz, Effizienz und Suffizienz in zyklusanalytischer Betrachtung. In: SI-MONIS, U. E. (Hrsg.): Global Change. Baden-Baden, http://www.soziologie. uni-halle.de/huber./docs/industrial.pdf (03.03.2010)
- IGM INDUSTRIEGEWERKSCHAFT METALL (Hrsg.) (2010): Industrieproduktion in Deutschland. In: Wirtschaft aktuell 01/2010
- IGM INDUSTRIEGEWERKSCHAFT METALL (Hrsg.) (2006): Ressourcenschutz – Innovation für Umwelt und Arbeitsplätze. In: Wirtschaft aktuell 12/2006
- KLAUS, T. u. a. (2010): Energieziel 2050: 100 % Strom aus erneuerbaren Quellen. Dessau-Roßlau, http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3997.pdf (08.07.2010)
- MAYER, J.: Jobs in der Branche der Erneuerbaren Energien: Perspektiven und Anforderungen. Berlin, http://www.elisabeth-schroedter.eu/media/expertengespraech-gnd-am-12.04.2010 (30.08.2010)
- Moucнot, A. (1987): Die Sonnenwärme und ihre industrielle Anwendung. Oberbözberg (Übersetzung der Originalausgabe von 1879)
- Schnauss, M. (2003): Der ökologische Fußabdruck der Stadt Berlin: im Auftrag der

- Enquetekommission "Lokale Agenda 21/ Zukunftsfähiges Berlin" des Abgeordnetenhauses von Berlin, 14. Wahlperiode, Juli 2001. http://www.agenda21berlin.de/ fussabdruck/download/oef\_berlin\_abgeordnetenhaus.pdf (24.01.2009)
- SINDING, S. (2007): Wachstum der Weltbevölkerung. In: Online-Handbuch Demographie. Hrsg.: Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung. Berlin, http://www. berlin-institut.org/online-handbuchdemografie/inhalt.html (30.08.2010)
- UBA UMWELTBUNDESAMT (2007): Umweltdaten Deutschland. Umweltindikatoren Ausgabe 2007. Dessau-Roßlau, http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3435.pdf (30.08.2010)
- WEIZSÄCKER, E. U. VON/HARGROVES, K./ SMITH, M. (2010): Faktor Fünf. Die Formel für nachhaltiges Wachstum. München
- WHKT WESTDEUTSCHER HANDWERKSKAM-MERTAG (Hrsg.): Akteurskonferenz "Berufliche Bildung für eine nachhaltige Entwicklung im Handwerk" am 26.11.2002 in der Handwerkskammer Düsseldorf. In: http://www.bibb.de/dokumente/pdf/ tagungsbericht-akteurskonferenz.pdf (30.08.2010)
- ZVEI ZENTRALVERBAND ELEKTROTECHNIK-UND ELEKTRONIKINDUSTRIE (Hrsg.) (2006): Energiesparen mit elektrischen Antrieben – Einsparpotentiale in Milliardenhöhe. Frankfurt a. M.

#### Meinhard Schumacher/Peter Röben

### **Energiesparen mit System**

### Energieeinsparung bei elektrischen Antriebssystemen durch Systemanalyse am Beispiel eines Hochregalbediengerätes

Das Gebot der Stunde ist die Vergrößerung der Energieeffizienz. An dem Beispiel für elektrische Antriebe für Hochregalbediengeräte soll aufgezeigt werden, mit welchen Tücken Maßnahmen zur Energieeinsparung verbunden sein können, wenn man zu sehr produktbezogen und zu wenig systembezogen vorgeht. Die Systemsicht wird aber durch die Analyse des statischen und dynamischen Verhaltens eines Systems erst perfekt und offenbart Einsparmöglichkeiten von Energie, die noch vor wenigen Jahren allenfalls in Hochschullaboren realisiert werden konnten. Dass dieses Stadium überwunden ist, die Produkte und Lösungen in der Praxis realisiert werden können, soll der Beitrag aufzeigen. Die Realisierung dieses Potentials gelingt aber erst dann wirklich, wenn grundlegende Begrifflichkeiten der Systemanalyse auch in das Arbeitshandeln von beruflichen Fachkräften integriert werden. Dies ist sicherlich noch kein Allgemeingut in der beruflichen Bildung.

#### **Einleitung**

Wenn sich Unternehmen in Deutschland erfolgreich am Markt behaupten, z. B. mit einem Produkt wie dem Elektromotor, dann müssen sie ihren Kunden mehr zu bieten haben als nur das reine Produkt. Ein Beispiel für ein deutsches Familienunternehmen, das sich auf dem Gebiet der Antriebsautomation zu einem der Weltmarktführer gemausert hat, ist die Firma SEW

Eurodrive. Die Philosophie der Firma lässt sich mit dem Satz ihres früheren Firmenchefs: "Der Mensch braucht keine Produkte, sondern Lösungen" umschreiben. Eine Einstellung, die das Denken und Handeln von vielen Unter-

nehmen in Deutschland beschreibt, die sich erfolgreich im globalen Geschäft behaupten. Firmen, die diese Philosophie ernst nehmen, müssen ihren Kunden natürlich auch in Bezug auf die Senkung des Energieverbrauchs und die Realisierung von Energieeffizienz etwas zu bieten haben. Dabei werden innovative Produkte benötigt, aber diese allein sind noch keine Lösung. Ein Produkt ist ein Ding, die Lösung die Änderung eines Zustands also von ganz anderer Kategorie. Während man das Produkt für sich betrachten kann. versteht man die Lösung nur vor dem Hintergrund des Problems, das durch es überwunden wird. Während man ein Produkt aus dem Regal nehmen kann, braucht man für die Lösung von Problemen den engagierten Einsatz von Sachverstand eines Experten. Konkret: Wer glaubt, das Problem der Energieeffizienz schon allein durch den Austausch von alten Elektromotoren durch neue Energiesparmodelle gelöst zu haben, kann böse Überraschungen bei der nächsten Stromabrechung bekommen.

Die Senkung des globalen Energieverbrauchs und die Reduktion der Emission des klimawirksamen CO<sub>2</sub> ist eine Problemstellung erster Güte. Die Wirkungen des anthropogenen CO<sub>2</sub> auf Klima und Wetter werden von Jahr zu Jahr deutlicher und vor dem Hintergrund der Brände in Russland und den Überschwemmungen in Pakistan schwinden die Zweifel an dem Zusam-

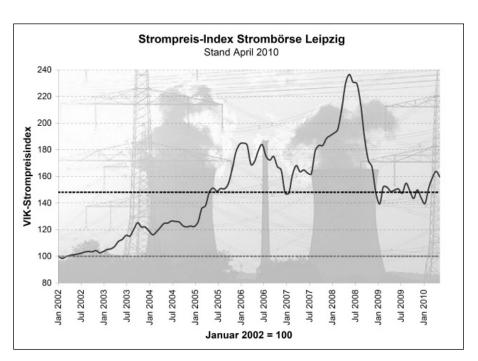


Abb. 2: Strompreisindex in Deutschland (Datenquelle: VIK, VERBAND DER INDUSTRIELLEN ENERGIE- UND KRAFTWIRTSCHAFT E.V., September 2010)

menhang zwischen anthropogener Freisetzung von Klimagasen und dem Klimawandel in der Gesellschaft rapide.

Der Weltenergieverbrauch ist einerseits die Folge des rasanten Weltbevölkerungswachstums. Aber damit ist der enorme Anstieg des Energieverbrauchs nicht ausreichend erklärt. Erst wenn man den Anstieg des Pro-Kopf-Energieverbrauchs hinzunimmt, wird das Wachstum des Energieverbrauchs

verständlich. Beide Verläufe – Bevölkerungszahl und Energieverbrauch – sind in Abb. 1 grafisch dargestellt, der man auch entnehmen kann, dass verbrauchsdämpfende Effekte wie z. B. die Weltwirtschaftskrise in den dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts nur eine äußerst geringe Auswirkung auf den Verlauf zeigen.

Der starke Anstieg des Energieverbrauchs wirkt sich unmittelbar auf den CO2-Ausstoß aus, da bislang nur ein Bruchteil der Energie aus CO2-neutralen Energiequellen wie z. B. Wasser- oder Kernenergie sowie Sonnenund Windenergie gewonnen wird. Die Verknappung der Ressourcen und ihre Bewertung an den Rohstoffmärkten führten in den letzten Jahren zu einem starken Anstieg der Preise für alle Arten von Energieträgern. Noch Mitte 2008 lag beispielsweise der Ölpreis bei fast 150 \$ pro Barrel. Nach einem Tief bei 40 \$ in der Wirtschaftskrise Anfang 2009 hat sich der Ölpreis im Herbst 2010 bei ca. 80 \$ eingependelt. Mit anhaltendem Wirtschaftwachstum wird der Preis mit Sicherheit weiter steigen. Der langfristige Trend zu steigenden Energiepreisen ist bei Experten unumstritten. Bezogen auf Deutschland lässt sich dies am Strompreisindex, den der Verband der Industriellen ENERGIE- UND KRAFTWIRTSCHAFT E.V.

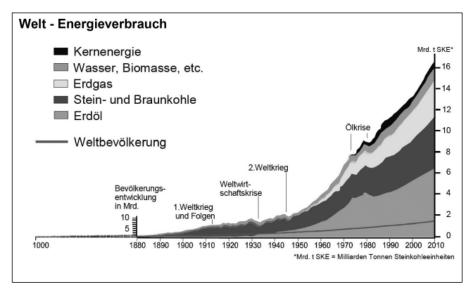


Abb. 1: Entwicklung des Welt-Energieverbrauchs und der Weltbevölkerung (Quelle: Technologie und Förderzentrum, Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten)

(VIK) regelmäßig veröffentlicht, klar belegen (siehe Abb. 2).

Der mittlere Strompreis an der European Energy Exchange (EEX) in Leipzig hat sich von 2002 bis 2008 nahezu verdoppelt und ist nach einer Phase niedriger Preise von Anfang 2009 bis Anfang 2010 seit einigen Monaten wieder tendenziell am Steigen. Verbunden mit dem starken Anstieg des Energieverbrauchs – insbesondere auch der elektrischen Energie – sind Verbrauchssenkungsmaßnahmen dringend gefordert. Es bedarf deshalb intelligenter Lösungen zur Senkung des Verbrauchs bei gleichbleibender oder sogar wachsender Produktivität.

### Einsparpotentiale in der elektrischen Antriebstechnik

Der ZVEI (ZENTRALVERBAND ELEKTRO-TECHNIK- UND ELEKTRONIKINDUSTRIE E.V.) hat bereits im Jahr 2006 die Einsparpotentiale in der elektrischen Antriebstechnik für die deutsche Industrie ausgiebig untersucht und in seiner Broschüre "Energiesparen mit elektrischen Antrieben" publiziert. Nach dieser Studie beträgt das Einsparpotential bei elektrischen Antriebssystemen ungefähr ein Drittel des Gesamtverbrauchs, sofern alle Maßnahmen wie z. B. Einsatz von Energiesparmotoren (2,2 %), Einsatz von elektronischer Drehzahlregelung (9 %) und mechanische Optimierung umgesetzt würden. Allein

Abb. 3: Stromverbrauch und Einsparpotentiale in der deutschen Industrie. (Quelle: Energiesparen mit elektrischen Antrieben, ZVEI, April 2006)

diese Aussage verdeutlicht, dass pauschale Ansätze nur geringes Potential bieten.

Die Verwendung von Energiesparmotoren, also Asynchronmotoren der Wirkungsgradklassen (IE2 und IE3), die zumeist am Netz geführt sind, bieten zwar dem Namen nach ein erhebliches Potential, die absolute Einsparung hält sich jedoch in einem relativ bescheidenen Rahmen. In einfachen Anwendungen als Dauerläufer in Pumpen und Lüfter ist der Einsatz unumstritten und absolut sinnvoll. Allerdings gibt es Betriebsarten, in denen der Einsatz des Energiesparmotors zu höheren Gesamtverbräuchen führen kann und das Gegenteil von dem erreicht wird, was beabsichtigt wurde. Die Lösung dieses Paradoxons liegt in der höheren Massenträgheit von Energiesparmotoren, die sich prinzipiell nicht vermeiden lässt, was sowohl für Kupfer- als auch für Aluminiumrotoren gilt. Häufiges Beschleunigen und Verzögern in der Applikation kann durch die größere rotierende Masse den paradoxen höheren Energieverbrauch bewirken. Den Vorteil des besseren Wirkungsgrades können Energiesparmotoren nur dann ausschöpfen, wenn sie lange und möglichst in Konstantdrehzahl betrieben werden. Allein dieses Beispiel verdeutlicht, dass einfache Antworten auf die Energieeinsparproblematik, die von spezifischen Energiespareigenschaften einzelner Produkte ausge-

hen, nur in bestimmten Anwendungssituationen eine wirkliche Lösung darstellen und in anderen zum Gegenteil der beabsichtigten Energieeinsparung führen können. Um das wirklich volle Einsparpotential nutzen zu können, bedarf es auf die Applikation angepasste Lösungen.

Auch der häufig zitierte pauschale Ansatz, der Einsatz eines frequenzgeregelten Antriebes führe zu einem geringeren Energieverbrauch ist nur dann korrekt, wenn durch den Umrichter die Drehzahl abgesenkt werden kann und somit auch die ab-

gegebene Leistung sinkt. Im direkten Vergleich mit einem Netzantrieb unter gleichen Betriebsbedingungen – also bei Konstantdrehzahl – verbraucht ein System mit Umrichter prinzipbedingt mehr Energie. Deshalb muss auch der Einsatz eines Frequenzumrichters bei der Energiebetrachtung auf die Anwendung angepasst werden, ansonsten kann auch hier der negative Fall auftreten, dass eine gut gemeinte Maßnahme zu einem letztendlich höheren Energieverbrauch führt.

#### Potentiale der Energieeinsparung am Praxisbeispiel Regalbediengerät

Viele Anwendungen in der Antriebstechnik können heute nur noch mittels Drehzahlregelungen und Lageregelungen sinnvoll umgesetzt werden. Als typisches Beispiel in der Antriebstechnik wird im Folgenden das Regalbediengerät betrachtet, das sowohl horizontale Fahr- als auch vertikale Hubbewegungen durchführt. Diese Kombination von Bewegungen finden wir auch bei vielen Kränen - im englischen Sprachraum wird ein Regalbediengerät auch als "crane" bezeichnet. Auch die Normen und Richtlinien bei Regalbediengeräten wurden letztlich aus Kranbaunormen abgeleitet.

Um ein Regalbediengerät sicher und schnell von Position A nach Position B zu bewegen, werden üblicherweise frequenzgeregelte Antriebe eingesetzt. Bei kleineren Geräten kommen dabei bereits Servo-Motoren zum Einsatz, bei größeren Geräten findet man vorrangig Drehstrom-Asynchronmotoren, die vektorgeregelt betrieben werden. Die Aufgabe des Gerätes ist es, möglichst schnell die Ladung zu übernehmen und ins Regal einzulagern bzw. diesen Vorgang beim Auslagern in umgekehrter Reihenfolge abzuarbeiten. Energetisch betrachtet speichert das Regalbediengerät mit der transportierten Ladung potentielle Energie im Regal. Beim Auslagern wird diese Energie unter Berücksichtigung von Wirkungsgradverlusten wieder freigesetzt. Das Regal stellt somit einen riesigen Energiespeicher dar. Bei konventioneller Bauart wird die freiwerdende Energie des beim Senken generatorisch arbeitenden Motors über den Brems-Chopper des Umrichters in einem Bremswiderstand in Wärme umgewandelt. Sofern man das Regalbediengerät nicht als Heizung verwenden möchte, ist die Energie damit zur weiteren Nutzung verloren. Die freiwerdende Energie kann aber sinnvoll genutzt – quasi recyceld werden:

- Recycling der Energie durch Rückspeisung ins Netz,
- direkte Nutzung der freiwerdenden Energie durch intelligente Zwischenkreiskopplung.

Beide Verfahren sind mittlerweile Stand der Technik und in vielen Anlagen erprobt. Das Einsparpotential beider Lösungen hängt jedoch von vielen Faktoren ab, so dass die wirtschaftlichste Variante von Fall zu Fall beurteilt werden muss.

### Energieeinsparung mit Rückspeisung

Ein am Netz betriebener Asynchronmotor wirkt bei übersynchronem Betrieb als Generator und speist im Schiebebetrieb – also beispielsweise beim Senken einer Last oder beim Verzögern – Energie zurück ins Netz. Auch am Umrichter erreicht der Motor in diesen Betriebsarten einen übersynchronen Betriebspunkt und entwickelt ein der Bewegung entgegen gesetztes Moment. Die Leistung des Motors ist dabei negativ, d. h., die Energie muss über den Umrichter abgeführt werden. Die einfachste Maßnahme, die Energie zu "entsorgen", stellt der Bremswiderstand da. Wird das maximale Spannungsniveau im Zwischenkreis des Umrichters überschritten, wird die überschüssige Energie über den Brems-Chopper durch den Bremswiderstand regelrecht verheizt. Bei kleinen Energiemengen ist dies technisch durchaus akzeptabel, bei großen Energiemengen ist jedoch der Einsatz einer Netzrückspeisung wirtschaftlich sinnvoll. Die überschüssige Energie wird dabei in der Rückspeisung recycelt, was durch den Wechselrichter der Rückspeisung erfolgt. Im Falle des Regalbediengeräts hat man es beim Hubwerk mit durchaus nennenswerten Energiebeträgen zu tun, die im Falle der Senkbewegung des Hubwagens zurückgespeist werden können. Begünstigt wird die Rückspeiserate durch die üblicherweise hohen Wirkungsgrade der mechanischen Übertragungsglieder, so dass in der Hubachse bis zu 60 % der aufgewende-

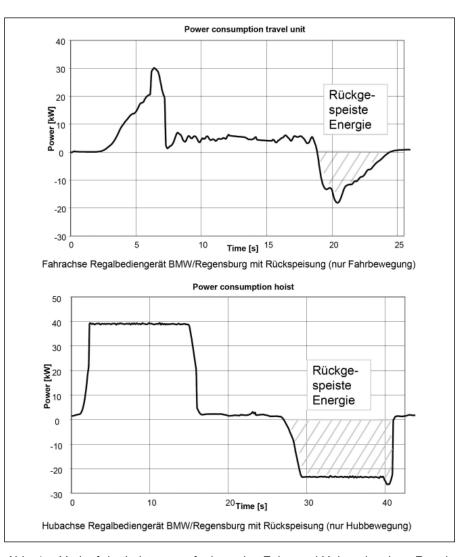


Abb. 4: Verlauf der Leistungsaufnahme des Fahr- und Hubwerks eines Regalbediengeräts mit Rückspeisung

ten Energie zurück gewonnen werden können. Im Fahren ist die Rückspeiserate geringer, da dort in der Konstantfahrt kontinuierlich Verluste auftreten und nur in der Verzögerung der Motor generatorisch betrieben wird. In den Messungen (Abb. 4) sind jeweils ein Fahrzyklus in x-Richtung sowie das Heben und Senken für ein Zwei-Mast-Regalbediengerät dargestellt. Alle Leistungen, die Werte kleiner Null annehmen, führen zu Energiebeträgen, die zurückgespeist werden. Die Gesamtrückspeiserate dieses Geräts unter Berücksichtigung aller möglichen Fahrkombinationen liegt knapp unter 50 %, d. h., die mit dieser Rückspeisung ausgestatteten Geräte verbrauchen nur halb so viel Energie wie Geräte in konventioneller Bauart.

Je nach Anzahl der gefahrenen Spiele pro Stunde und Anzahl der Betriebstage im Jahr ergibt sich eine unterschiedliche Amortisierungsdauer für die zusätzlichen Investitionskosten der Rückspeiseeinheit. Da Regalbediengeräte üblicherweise einer hohen Auslastung unterliegen, können Amortisierungszeiten in einer Größenordnung von zwei Jahren erreicht werden. Als nicht zu vernachlässigender Nebeneffekt sollte die CO<sub>2</sub>-Einsparung berücksichtigt werden, die in dem beschriebenen Fall bei 35 t pro Jahr liegt.

### Energieeinsparung durch intelligente Zwischenkreiskopplung

Ein wesentliches Leistungskriterium des Regalbediengerätes (RBG) ist die Anzahl der pro Stunde möglichen Einzel- (Ein- oder Auslagerung) und Doppelspiele (Ein- und Auslagerung) nach der Richtlinie FEM 9.851, die den Mittelwert der pro Stunde technisch möglichen Aus- und Einlagerungen spezifiziert. Der dabei erzielbare Durchsatz ist abhängig von der Nutzlast, der Regalgeometrie wie Länge und Höhe und den maximalen Geschwindigkeiten der RBG-Achsen und nicht zuletzt vom eingesetzten Lastaufnahmemittel. Hochleistungs-RBG sind dabei auf maximale Doppelspiele optimiert, der Energieverbrauch tritt zunächst in den Hintergrund. Da in den meisten Fällen eine chaotische Lagerverwaltung eingesetzt wird, sind die tatsächlichen Spielzeiten von den jeweiligen zufällig ermittelten Fachpositionen abhängig - der Mittelwert für ein Spiel stellt sich erst nach einem genügend langem Beobachtungszeitraum ein. Es ist daher auch nicht möglich, durch eine einfache Rechnung den typischen Energieverbrauch pro Doppelspiel anzugeben. Durch die Kombination aller möglichen Fahrten lassen sich jedoch die Einzelverbräuche ermitteln und daraus ein Mittelwert für ein typisches Spiel ermitteln.

Die Idee der Optimierung des Energieverbrauchs durch die Zwischenkreiskopplung beruht auf dem Prinzip, dass zwei Partner, im Fall des RBG z. B. das Hubwerk und das Fahrwerk, freiwerdende Energien teilen. Vereinfacht kann man sagen, was der eine gibt, nimmt der andere. Das Prinzip funktioniert dann optimal, wenn beide Partner ungefähr gleich stark sind. Als weiteres Kriterium gilt, dass die Spielzeit des RBG nicht verschlechtert werden darf - der Kunde möchte seinen Durchsatz ja beibehalten. Die Zwischenkreiskopplung beider Umrichter allein führt aber nur zu einem geringen Einspareffekt, sofern die Steuerung die Fahr- und Hubbewegung nicht energieoptimal aufeinander abstimmt. Vor dem eigentlichen Abarbeiten des Fahrbefehls ermittelt eine Steuerung, z. B. die MOVI-PLC®, die optimalen Ein- und Umschaltzeitpunkte der Fahr- und Hubbewegung, wobei der Algorithmus die Gesamtspielzeit nicht verschlechtert. Erst diese intelligente Ansteuerung macht das Verfahren so effektiv, wie die Messung in Abb. 5 zeigt.

Für ein Einmast-Gerät mit 30 m Gesamthöhe ist die Leistungsaufnahme während zweier Fahr-/Hubzyklen dargestellt. Im ersten Bereich (bis t = 22 s) fährt das Regalbediengerät in x-Richtung und der Hubwagen wird gleichzeitig angehoben. Im zweiten Zeitabschnitt fährt das Regalbediengerät erneut in x-Richtung, der Hubwagen wird jetzt aber abgesenkt. Der Unterschied zwischen den beiden Varianten - mit (gestrichelt) und ohne (durchgezogen) intelligente Zwischenkreiskopplung - wird deutlich, wenn das RBG in Phase 1 im Fahrwerk bremst; der Energiebedarf sinkt dort deutlich ab, während ohne Zwischenkreiskopplung der Energiebedarf konstant bleibt. Noch deutlicher wird dieser Effekt in Phase 2, wenn der Hubwagen abgesenkt wird und kontinuierlich Energie aus der Hubbewegung für die Fahrbewegung genutzt werden kann. Während der Konstantfahrphase in x-Richtung muss keine weitere Energie aus dem Netz zur Verfügung gestellt werden, der Energiebedarf ist zu diesem Zeitpunkt Null.

Ein weiterer interessanter Aspekt dieser Messung ist, dass die Eigenfrequenz des Mastes direkt aus der Konstantfahrphase des Gerätes (Messung ohne Zwischenkreiskopplung) entnommen werden kann. Durch die Schwingung des Mastes wird das Gerät beschleunigt und verzögert, was zu Änderungen der Fahrgeschwindigkeit führt. Die Regelung reagiert auf diese Abweichungen und beschleunigt bzw. verzögert das Gerät, um die konstante Geschwindigkeit zu halten.

Je nach Regalgeometrie kann die intelligente Zwischenkreiskopplung den Energieverbrauch des Geräts um bis zu 25 % senken. Für die Hardware sind keine Investitionskosten notwendig. Vielmehr wird der Gesamtaufwand sogar etwas geringer, da nur ein Bremswiderstand statt zwei benötigt wird. Sofern die Software einmal implementiert wurde, entstehen durch deren Multiplikation keine weiteren Kosten. Das System amortisiert sich also unmittelbar. In der beschriebenen Ausprägung werden pro Gerät und Jahr ca. 20 t CO<sub>2</sub> eingespart.

#### Zusammenfassung

Zur Reduktion des Energieverbrauchs in der Antriebstechnik sind vor allem intelligente Lösungen gefragt. Je nach Anwendung können die richtigen Lösungen unterschiedlich ausfallen. Was für die eine Anwendung richtig ist, kann für eine andere Applikation sogar zu einem höheren Energieverbrauch führen. Die Analyse der Anwendung ist zur Lösungsfindung unverzichtbar und wie die beiden Beispiele des Regalbediengeräts zeigen, können selbst in einer Applikation unterschiedliche Konzepte zum Ziel führen. Durch die steigenden Energiepreise, verbunden mit der Diskussion zur Reduktion der Treibhausgase, werden die richtigen Maßnahmen zur Verbrauchsenkung inzwischen immer häufiger umgesetzt, weil sie sich auch wirtschaftlich darstellen lassen. Technologien und Produkte hierzu sind auf dem Markt

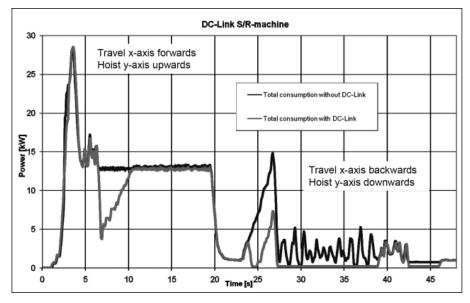


Abb. 5: Verlauf der Leistungsaufnahme mit und ohne Zwischenkreiskopplung

verfügbar – sie müssen nur sinnvoll zu Lösungen kombiniert werden.

### Konsequenzen für die berufliche Bildung

Für den Bereich der beruflichen Bildung ergibt sich nun die Frage, wer Technologien und Produkte auswählen und sinnvoll zu Lösungen kombinieren soll. Konkreter heißt die Fragestellung, wie diese Arbeit zwischen Ingenieuren, Technikern und beruflichen Fachkräften verteilt wird. Natürlich können aus diesem Einzelfall keine allgemein gültigen Schlüsse in Hinblick auf alle beruflichen Fachkräfte im Berufsfeld Elektrotechnik und Informationstechnik gezogen werden.

Aber die Vermutung ist plausibel, dass unter der Maxime der Energieeinsparung und bei immer weiterer Ausdifferenzierung der technischen Mittel zur Lösung dieses Problems keine der genannten Berufsgruppen ausgespart bleibt. Die Entwicklung der intelligenten Zwischenkreiskopplung ist sicherlich Ingenieurarbeit, in der experimentellen Durchführung unterstützt von Technikern und/oder technischen Assistenzberufen, wie z. B. dem physikalisch-technischen Assistenten. Das allein bietet für die berufliche Bildung noch nichts aufregend Neues. Interessant wird es bei der Frage, ob z. B. Elektroniker und Mechatroniker einen eigenständigen Part bei der Entwicklung von Lösungen zur Energieeinspa-

rung übernehmen und durch Aus- oder Weiterbildung darauf vorbereitet werden müssen. Hier zeigt sich, dass dies in der Firma SEW-Eurodrive tatsächlich der Fall ist. Hauseigene Fachkräfte müssen beim Kunden die eigenen Produkte zu Lösungen kombinieren, die beim Kunden Bestand haben und die Versprechungen in Hinblick auf die Energieeinsparung auch halten. Die energetische Optimierung des RBG setzt eine spezielle Weiterbildung voraus, baut aber auf Haltungen und Einstellung in Bezug zur Energieproblematik und den Problemen der Kunden auf, die aus der Ausbildung mitgebracht werden müssen.

#### Matthias Becker

### Elektromobilität und Beruf

Spätestens seit August 2009, als der "Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität" von der Bundesregierung beschlossen wurde, wird nach Lösungen zur Umsetzung einer Fortbewegung ohne Verbrennungsmotor intensiv gesucht. Zumindest hat sich die Beschäftigung mit der Elektromobilität zu einem Thema entwickelt, das in der Gesellschaft breit diskutiert wird. Das Ziel ist, bis zum Jahr 2020 mindestens eine Million Elektrofahrzeuge zuzulassen. Auch wenn solche politischen Verlautbarungen nur selten zur vollständigen Einlösung der Zielsetzung führen, geht vom Entwicklungsplan ein Impuls aus, der langsame und kontinuierliche Entwicklungen, die schon seit zwei Jahrzehnten im Gang sind und Ingenieure nach Lösungen suchen lassen, auf einmal in rasch stattfindende Veränderungsprozesse umschlagen lässt. Nicht zuletzt stellt sich die Frage, wie Elektrofahrzeuge und auch die Mischkonzepte (Hybride) in der Praxis instandgesetzt und gewartet werden sollen – und wer diese Aufgaben wahrnehmen wird. Es ist zu erwarten, dass die Elektromobilität auch Veränderungen in der Berufelandschaft oder zumindest neue Qualifikationsanforderungen mit sich bringt und erste Anzeichen und Reaktionen darauf sind schon erkennbar. Daher soll dieser Beitrag die derzeit stattfindenden Entwicklungen aufgreifen, darstellen und kritisch hinsichtlich der Auswirkungen auf Berufe und die berufliche Bildung diskutieren, wie dies auch schon für die Brennstoffzellenfahrzeuge (vgl. Becker 2006) vorgenommen wurde.

#### Bedeutung der Elektromobilität für die Berufelandschaft

### Entwicklungslinien der Elektromobilität

Der Vorreiter und Türöffner für die Einführung von Elektrofahrzeugen ist gesellschaftlich und historisch gesehen die kalifornische Umweltbehörde CARB. In Kalifornien gab es bereits sehr früh im Jahr 1990 einen Entwicklungsplan zur Einführung von so genannten Zero Emission Vehicles (ZEV), der den Herstellern eine verbindlich einzulösende Anzahl an Zulassungen solcher Fahrzeuge abver-

langte. Zunächst im Zuge der Einführung einer On-Board-Diagnose (OBD) wurden in Kalifornien den Herstellern zu Beginn Zulassungen in Promille-Größenordnungen vorgeschrieben, bis ihnen dann Ende 2009 im Zuge des "ZEV-Programms" bedeutende Zulassungsanteile von bis zu 16 % auferlegt wurden (vgl. Tab. 1, CARB 2009). Das Besondere an der kalifornischen Entwicklung ist, dass sie stets Vorreiter für die politischen Entscheidungen in Europa war und die gesetzlichen Regelungen recht weitreichende technische Anforderungen definieren, die zwar in enger Abstimmung mit den Automobilherstellern erstellt werden, aber letztere auch entsprechend zu

technischen Innovationen animieren. Verbraucher können in einer Datenbank (http://www.driveclean.ca.gov/) umfangreiche Informationen zu verfügbaren Fahrzeugen abrufen und miteinander vergleichen. Die tatsächliche Verbreitung emissionsfreier oder emissionsarmer Fahrzeuge ist allerdings noch sehr gering. Von 26.251.582 zugelassenen Fahrzeugen in Kalifornien im Jahr 2009 entfielen nur rund 33.000 (0,126 %) zugelassene Fahrzeuge in die Kategorie ZEV, aber immerhin gibt es schon 258.000 Hybrid- oder Wasserstoff-Fahrzeuge (1 %) und 1.156.000 mit Gas betriebene Fahrzeuge (4,4 %).

Modell-Jahr	Anforderung an ZEV-Zu- lassungen
2009 bis 2011	11 %
2012 bis 2014	12 %
2015 bis 2017	14 %
2018 und folgende	16 %

Tab. 1: Vorschriften zur Zulassung emissionsfreier Fahrzeuge in Kalifornien

In Europa wird dagegen ein weniger verbindlicher Weg eingeschlagen und es überwiegen Appelle der Politik an die Automobilindustrie, die daraufhin von sich aus Entwicklungen vorantreibt, gemeinsame Zielsetzungen formuliert und zugleich in einen Wettbewerb um die besten Lösungen eintritt. Hier ist in erster Linie die Selbstverpflichtung der europäischen Automobilindustrie (ACEA) zu nennen, jedoch wird dort eine andere Zielsetzung verfolgt, nämlich die Reduktion des CO2-Ausstoßes, für den die Europäische Union für das Jahr 2012 durchschnittlich 120 g/km anvisiert. Im Jahr 2008 sollte der durchschnittliche CO2-Ausstoß nach ACEA-Selbstverpflichtung nur noch 140 g/km betragen; im Jahr 2009 betrug er in Deutschland nach Angaben des Verband der Automobilindustrie (VDA) immer noch 157,1 g/ km. Für Pkw mit Erstzulassung ab dem 1. Juli 2009 setzt sich in Deutschland die Kfz-Steuer aus einer Hubraum- und einer CO2-Komponente zusammen, was den Käufermarkt beeinflusst, aber nicht unmittelbar zu einer erhöhten Elektromobilität führt. Hier spielen andere Faktoren eine ausschlaggebende Rolle, die durch den Preis, den Nutzen, die Praxistauglichkeit und auch das Image gekennzeichnet sind.

Das gesellschaftliche Interesse an der Elektromobilität ist inzwischen sehr groß (2.550.000 Ergebnisse zum Suchbegriff bei Google im September 2010) und in den letzten zwei Jahren ist eine schier unüberschaubare Anzahl an Initiativen, Unternehmenskooperationen, Verbandsaktivitäten und Projekten entstanden. Diese Evolution kann als Indikator dafür gelten, dass die Zeit der recht langsam verlaufenden Entwicklungsprozesse vorbei ist und für die Zukunft sprunghaftere

Veränderungen zu erwarten sind. Dies liegt auch daran, dass immer mehr Hybrid- und Elektrofahrzeuge Marktreife erlangen und bezahlbar werden, allen voran Elektroroller und -fahrräder. Einige Schlaglichter dieser aktuellen Entwicklungen sollen hier benannt werden, um die Orientierung zu erleichtern und die Entwicklungswege zu verdeutlichen:

- Der nationale Entwicklungsplan Elektromobilität wird im Jahr 2008 ins Leben gerufen und führt zu mehreren Projektinitiativen (http://www.elektromobilitaet2008.de/).
- Es wird ein Projektträger (VDI/VDE/ IT) für die Umsetzung des Förderprogramms Elektromobilität des Bundesumweltministeriums (BMU) eingerichtet und zahlreiche Projekte werden gestartet (http://www.ptelektromobilitaet.de).
- Einrichtung des Förderprogramms "Informations- & Kommunikationstechnologien (IKT) für Elektromobilität" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie in ressortübergreifender Partnerschaft mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (http://www.ikt-em.de).
- Es wird eine nationale Plattform Elektromobilität gegründet, die sich zum Ziel setzt, bis zum Jahr 2020 mindestens eine Million Elektrofahrzeuge auf die Straßen zu bringen; Bundesregierung und Industrie veröffentlichen dazu am 3.5.2010 eine gemeinsame Erklärung (http://www. bmu.de/files/download/application/ pdf/gemeinsame\_erklaerung\_elektromobilitaet\_bf.pdf). Es werden sieben Arbeitsgruppen eingerichtet, die sich mit den Chancen und Stärken Deutschlands auseinandersetzen. Interessant ist hier, dass sich die Arbeitsgruppe 6 mit dem Thema "Nachwuchs und Qualifizierung" beschäftigt, welches allerdings weitgehend ohne Einbindung von Berufsbildungsexperten eher politisch bearbeitet wird.
- Die DIN richtet eine Geschäftsstelle zur Elektromobilität ein, die sich mit Normen, Spezifikationen und koordinierten Vorgehensweisen auseinandersetzt, um unnötige Doppelarbeit zu vermeiden (http://www. elektromobilitaet.din.de).

- Die Lemnet-Datenbank vermeldet 845 Stromtankstellen in Deutschland (http://www.lemnet.org/).
- Es wird eine Plattform zur Unterstützung der Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität eingerichtet, die durch eine Allianz relevanter Industrieunternehmen getragen wird (http://www.strategiekreiselektromobilitaet.de/).
- Mit Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wird ein Verein ("Forum ElektroMobilität e.V.") gegründet, um die Kompetenzen auf dem Gebiet der Elektromobilität zu bündeln (http://www.forum-elektromobilitaet. de).
- Die Energiekonzerne bemühen sich ihrerseits, Innovationsträger für die Nutzbarmachung von Elektromobilität zu werden (z. B. http://www.rwemobility.com).
- Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) startet das Förderprogramm "Modellregionen Elektromobilität" (http://www.now-gmbh.de/index.php?id=237), um insbesondere die Bereitstellung von Infrastruktur für die Nutzung von Elektrofahrzeugen zu unterstützen.

Dies alles geschieht vor dem Hintergrund, dass zwar nach Angaben des Forums Elektromobilität inzwischen 16 reine Elektrofahrzeugmodelle zu kaufen oder zu leasen sind, jedoch die Automobilindustrie noch in den Startlöchern steht und die Markteinführung der meisten Modelle erst ab dem Jahr 2011 beginnt. Vor allem die so genannten Plug-In-Hybriden, die sich über eine Stromtankstelle betanken lassen, wird es erst ab 2011 geben, von reinen Elektrofahrzeugen, die von der Öffentlichkeit tatsächlich als Elektroautos wahrgenommen werden, ganz zu schweigen. In einem Pilotprojekt der Daimler AG und RWE kann seit 2009 ein "Smart Electric Drive" in Berlin geleast werden; die erwerbbaren Fahrzeuge sind ansonsten vielmehr reine Stadtfahrzeuge oder Exoten wie der Tesla Roadster (vgl. Abb. 1), die eher die derzeit ausreizbaren technischen Möglichkeiten zeigen. In Deutschland waren im Jahr 2009 insgesamt 1452 Elektro-Pkw und 979 Elektro-Zweiräder zugelassen sowie 22.330 Hybrid-Pkw und 176 Hybrid-Zweiräder





Abb. 1: Elektrofahrzeuge: Elektromote (1882) und Tesla Roadster (2006)

(KBA-Statistik); das sind bei rund 31 Millionen zugelassenen Pkw und 3,6 Millionen Krafträdern prozentual nicht einmal 10 % der schon recht geringen Zulassungsanteile Kaliforniens.

Technisch gesehen nahm alles seinen Anfang mit dem ersten vierrädrigen und elektrisch betriebenen Elektrofahrzeug "Elektromote" von WERNER VON SIEMENS im Jahr 1882, bevor sogar ein Zeitraum der Hochkonjunktur der Elektroautos bis nach der Jahrhundertwende begann. Im Jahr 1900 waren in den USA 38 % der Fahrzeuge elektrisch betrieben. Hybrid-Fahrzeuge wie der "Lohner-Porsche" und sogar reine Elektrofahrzeuge waren im Jahr 1900 denjenigen mit Verbrennungsmotor angetriebenen technisch weit überlegen. Jedoch waren Gewicht und Reichweite solcher Fahrzeuge - die beiden auch heute der breiten Markteinführung am gravierendsten entgegenstehenden Faktoren - schon bald nicht mehr konkurrenzfähig.

Heute dominieren umweltpolitische Zielsetzungen die technischen Entwicklungen. Dabei sind die folgenden Problemfelder zu bearbeiten:

- Erzeugung, Verteilung und Umsetzung von elektrischer Energie,
- Speicherung von elektrischen Energie,
- eine Fahrzeugkonzeption, die gegenüber den heutigen Konzepten hinsichtlich Gewicht, Reichweite und Fahreigenschaften konkurrenzfähig ist,
- Verkehrs- und produktionstechnische Bereitstellung von Fahrzeugen und Infrastruktur,
- Instandhaltungs- und Instandsetzungskonzepte,
- Qualifizierungskonzepte.

Während die ersten vier Punkte mit großer Vehemenz durch die oben beschriebenen Projektinitiativen angegangen werden, fehlt es bislang beinahe vollkommen an zukunftsfähigen Überlegungen für die Instandhaltung und -setzung sowie für die dazugehörigen Qualifizierungskonzepte.

Bei den technischen Problemfeldern im Bereich der Elektrofahrzeuge selbst muss sich das Elektroauto an der Leistungsfähigkeit von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren messen lassen. Dies ist eine keineswegs einfache Aufgabe, denn die Bereitstellung und Nutzung elektrischer Energie kann – wird sie nicht aus regenerativen Energiequellen gewonnen – energetisch und somit umwelttechnisch sogar ungünstiger sein und die resultierenden Betriebs- und Fahreigenschaften sind mit zu berücksichtigen. Bei der Betrachtung der Emissionen wird der

gesamte Weg von der Energiegewinnung bis zum Rad (well-to-wheel) mit einbezogen. Energetisch wird der Verbrauch bei Elektrofahrzeugen in kWh/km gemessen, umwelttechnisch in Form des CO2-Ausstoßes in g/km. Beide Werte müssen im Vergleich zu den herkömmlichen Fahrzeugen niedriger liegen, damit Elektromobilität Sinn macht. Ein Elektrofahrzeug mit 15 kWh "Stromverbrauch" erzeugt mit Solarstrom weniger als 40 g CO<sub>2</sub>/km, während bei Betrieb mit Strom aus einem Kohlekraftwerk ca. 150 g CO<sub>2</sub>/ km anfallen (vgl. Abb. 2, ansteigende Linien). Zwischen dem Verbrauch und dem CO2-Ausstoß besteht bei konventionellen Fahrzeugen (horizontale Linien) ein direkter Zusammenhang (1 I Diesel entspricht 2,65 kg CO<sub>2</sub> und liefert 9,8 kWh Energie; 1 I Superbenzin entspricht 2,32 kg CO2 und liefert 8,96 kWh Energie). Ein "4-Liter-Diesel" stößt also ca. 10,6 kg CO<sub>2</sub>/100 km oder 106 g/km aus; mit Einbeziehung der Bereitstellung des Kraftstoffes 132 g/km und müsste mit einem Elektrofahrzeug mit ca. 40 kWh bezüglich weiterer Faktoren verglichen werden (vgl. hierzu ENGEL 2007). Ein Tesla Roadster mit einer Spitzenleistung von 185 kW "braucht" ca. 18 kWh/100 km, was die Leistungsfähigkeit und Effizienz von Elektrofahrzeugen verdeut-

Bei der Speicherung und Verteilung von Energie liegen die größten He-

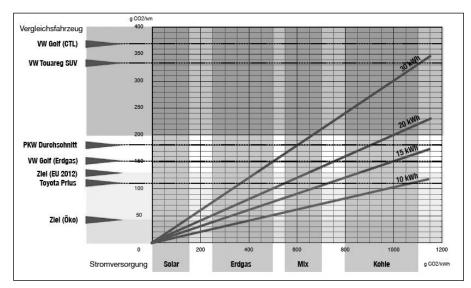


Abb. 2: CO<sub>2</sub>-Emissionen von Elektroautos im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen: Auf der x-Achse ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro kWh der jeweiligen Energieerzeugung angegeben; auf der y-Achse der CO<sub>2</sub>-Verbrauch pro km (Quelle: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie – DGS)

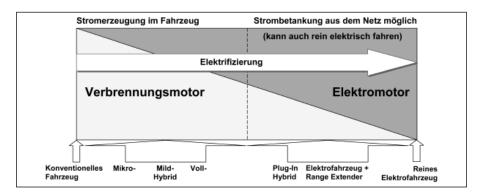


Abb. 3: Konzepte zur Elektrifizierung des Kraftfahrzeugs (Quelle: ifeu)

rausforderungen bei den Batterien. Hier muss das Gewicht reduziert, die Leistung erhöht und die Praktikabilität des Ladens gewährleistet werden. Dabei konkurrieren die von den Automobilherstellern bevorzugten "Zapfsäulenmodelle" der Energiekonzerne mit Batteriewechsel-Tankstellen (vgl. deutschland.betterplace.com), die technisch die bessere Lösung darstellen, denn der Wechsel der Batteriepakete sichert optimale Ladezyklen, kurze Standzeiten (unter 2 Minuten) und könnte zu Kostenreduktionen beim Kauf von Elektroautos führen. Die Batteriepakete würden nicht mit dem Fahrzeug gekauft, sondern geleast.

#### **Betroffene Berufe**

Die oben beschriebenen Entwicklungslinien haben teilweise einen direkten und auch indirekten Einfluss auf die Berufelandschaft. Sie führen je nach Entwicklung zu neuen Qualifikationsanforderungen oder zum Wegfall von Qualifikationen. Wird etwa an Stromzapfsäulen getankt, werden für das Aufstellen und die Wartung der Zapfsäulen andere Qualifikationen benötigt, als wenn das Batteriepaket in Tankstellen gewechselt wird. Der Wechsel selbst soll zwar vollautomatisch ablaufen, jedoch wird der Betrieb einer solchen Tankstelle Installations- und Wartungsarbeiten nach sich ziehen. Wahrscheinlich ist, dass ähnlich wie bei anderen "Anlagen" (z. B. Waschstraßen) Fachkräfte mit unterschiedlichen Berufen in Zusammenarbeit den Aufbau und die Instandhaltung sicherstellen werden. Nachzudenken wäre hier z. B. über die Zukunft des Tankwarts.

Hinsichtlich der "Autoberufe", auf die sich die folgenden Ausführungen kon-

zentrieren sollen, sticht zunächst die veränderte Antriebstechnik ins Auge: Statt Verbrennungsmaschinen werden Elektromotoren eingesetzt, die mit Hochspannung betrieben werden. Diese wohl augenfälligste Veränderung hat bereits Diskussionen darüber ausgelöst, ob zukünftig Elektrofachkräfte unsere Autos reparieren sollen. Diese Diskussionsrichtung wird zwar nicht von Kennern der Fahrzeugberufe vertreten, aber von denjenigen Akteuren, die am stärksten in die Aktivitäten der Elektromobilitäts-Initiaven eingebunden sind (s. o.). Die Unternehmen, die Elektroantriebe entwickeln, herstellen und in Kooperation mit den Automobilherstellern in Fahrzeuge integrieren, sehen sich mit einer Fülle von Sicherheitsfragen und Anforderungen des Betreibens solcher Motoren in einem Fahrzeug konfrontiert und sie argumentieren ausgehend von diesen technologischen Veränderungen. Sie wissen allerdings nicht, was in der Praxis für Schwachstellen auftreten und wie diese zu beheben sein werden (vgl. BECKER 2006).

## Entwicklungsstand der Elektroantriebe und Erfahrungen in den Werkstätten

Fahrzeuge, die ein rein elektrisches Fahren ermöglichen und sich mit der Energiequelle "Strom" versorgen können (vgl. Abb. 3), sind bislang noch nicht auf dem Markt. Insofern gibt es hierzu auch noch kaum Erfahrungen zu anfallenden Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten. Die in naher Zukunft zu erwartenden oder bereits in den Werkstätten vorhandenen Hybrid-Fahrzeuge sind Kombinationen aus Verbrennungs- und Elektromotoren

(Hybride), wie der Übersicht zu entnehmen ist.

Wie Werkstätten mit den bislang auf dem Markt befindlichen (Hybrid-)Fahrzeugen zurechtkommen, ist bislang nicht empirisch untersucht. Hier lohnt ein Blick in die Seminarangebote von Toyota, da mit dem Toyota Prius als Voll-Hybrid die größten Erfahrungswerte im Kfz-Service vorhanden sein müssten. Dort findet man ein viertägiges Seminar zur Hybridtechnologie, welches zum einen die notwendige Sicherheitsschulung für die Arbeit an Hochvoltanlagen (HV-Anlagen) enthält und sich zum anderen mit Inhalten befasst, die sich inhaltlich nicht von dem unterscheiden, was im Rahmen der Berufsausbildung zum Kfz-Mechatroniker ohnehin Gegenstand des Ler-

- Zusammenspiel der Hybridkomponenten,
- Vorgehensweise bei der Diagnose,
- Anwendung aktueller Testgeräte,
- diagnoserelevante Datenlistenparameter,
- sicheres Arbeiten an Hybridfahrzeugen,
- Erarbeiten von Funktionen der Hybridkomponenten,
- Diagnose an Hybridfahrzeugen,
- Fehlersuche und zielgerichtete Diagnose,
- Auswertung von Datenlisten (Toyo-TA SEMINARPROGRAMM 2010/2011).

Letztlich lassen sich die neuen Qualifikationsanforderungen nach den vorliegenden Erkenntnissen auf die Arbeit an Hochvoltanlagen bzw. auf Sicherheitsregeln hierzu reduzieren.

## Erkennbare Auswirkungen auf Ausbildung und Qualifizierungspraxis

Das Kfz-Mechatroniker-Curriculum ist im Ausbildungsrahmenplan wie Rahmenlehrplan offen genug formuliert, um Inhalte wie die Hybridantriebe oder Elektroantriebe aufzunehmen. In Berufsschulen wie Seminaren der Automobilhersteller sind diese Inhalte längst aufgenommen worden. Die sichtbarste Veränderung in der Qualifizierungspraxis resultiert aus den Sicherheitsvorschriften der Berufsge-

#### Micro-Hybrid

Dabei handelt es sich lediglich um eine Stopp/Start-Automatik mit einem riemengetriebenen Starter-Generator, die zum schnellen An- und Abschalten des Verbrennungsmotors, beispielsweise an der Ampel, dient. Zusätzlich wird bei einigen Modellen Bremsenergie zurückgewonnen und in einem Starterakku gespeichert. Ein elektrischer Vortrieb findet nicht statt.

#### Mild-Hybrid

Wie beim Micro-Hybrid existiert eine Stopp/Start-Automatik. Zusätzlich wird auch die Bremsenergie genutzt, um eine Batterie aufzuladen. Der Elektromotor unterstützt hier den Verbrennungsmotor in bestimmten Fahrsituationen (beispielsweise in der Anfahrphase).

#### Voll-Hybrid

Hier unterstützt der Elektromotor den Verbrennungsmotor nicht nur, sondern kann das Fahrzeug zeitweise alleine antreiben (beispielsweise im Stadtverkehr).

#### Plug-in Hybrid

Die Batterie dieses Fahrzeugs lässt sich nicht nur über die Bremsenergie oder den Verbrennungsmotor laden, sondern während Standzeiten auch über das Stromnetz. Auch hier ist es möglich, das Fahrzeug zeitweise alleine über den Elektromotor zu bewegen.

#### Abb. 4: Hybrid-Konzepte

nossenschaften: An Hochvoltanlagen dürfen nur "Elektrofachkräfte" arbeiten.

#### Elektrofachkraft

In der Qualifizierungs- und Arbeitspraxis wird zwischen Elektrofachkräften, Elektrofachkräften für festgelegte Tätigkeiten und elektrisch unterwiesenen Personen unterschieden (vgl. BGV A3 und BGV A3-DA).

"Als Elektrofachkraft gilt, wer aufgrund seiner fachlichen Ausbildung, Kenntnisse und Erfahrungen sowie Kenntnis der einschlägigen Bestimmungen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann" (STIEPER 2010, S. 6).

Da die Bezeichnung Elektrofachkraft (EFK) keine Berufsbezeichnung ist, muss anhand der Definition jeweils geklärt werden, ob eine Person mit einem bestimmten Berufsabschluss als eine solche gelten kann. In der Regel wird die Kenntnis der Unfallverhütungsvorschrift "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" (BGV A3) und einschlägiger VDE-Vorschriften vorgeschrieben.

Für die Fahrzeugberufe haben die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Fachausschuss Metall und Oberflächenbehandlung und der Zentralverband Deutsches Kraftfahrzeuggewerbe (ZDK) ein Konzept für eine Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten entwickelt, nämlich die "Elektrofachkraft für Hochvoltanlagen in Kraftfahrzeugen". Die entsprechende Fortbildung dauert in der Regel 2-5 Tage und wird von den Automobilherstellern und -zulieferern, der Technischen Akademie des Kfz-Gewerbes (TAK) und den Überwachungsorganisationen angeboten. Diese Fortbildung berechtigt zum Freischalten der HV-Anlage und zum Arbeiten an Hybrid- und Elektrofahrzeugen. Zudem darf eine so fortgebildete Fachkraft Kfz-Mechatroniker zu elektrisch unterwiesenen Personen ausbilden, so dass diese an solchen Fahrzeugen arbeiten dürfen, wenn sie spannungsfrei geschaltet sind. An den HV-Systemen selbst darf letztere Personengruppe allerdings nicht arbeiten. Unterwiesene Personen dürfen aber alle außerhalb des HV-Systems liegenden Wartungs- und Reparaturarbeiten durchführen.

Arbeiten unter Spannung an den HV-Systemen dürfen derzeit selbst ausgebildete EFK für HV-Anlagen in Kfz nicht. Sie benötigen dazu eine Zusatzausbildung. Die Bezeichnung der EFK soll daher zukünftig "Fachkundiger für Arbeiten an HV-eigensicheren Systemen" heißen. Die entsprechenden Unterscheidungen zwischen den Elektrofachkräften und damit verbundenen

Berechtigungen sind in der Informationsschrift "Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen" der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (vgl. BGI/GUV-I 8686) beschrieben.

### Die Überbetonung des Sicherheitsaspekts

Was in den Schulungen zur EFK für die Arbeit an HV-Anlagen in Kraftfahrzeugen zum Ausbildungsinhalt gemacht wird, muss den Betroffenen den Eindruck vermitteln, sie hätten in der Erstausbildung nichts gelernt. Inhaltlich findet sich dort so gut wie nichts, was nicht Gegenstand der Erstausbildung ist (hier am Beispiel der TAKSchulung):

- elektrotechnische Grundkenntnisse,
- alternative Kraftstoffe und Antriebe,
- HV-Konzept,
- Aufbau, Funktion und Wirkungsweise von HV-Fahrzeugen,
- elektrische Gefährdungen und Erste Hilfe,
- Fachverantwortung,
- Schutzmaßnahmen gegen elektrische Körperdurchströmung und Störlichtbögen,
- Definition "HV-Eigensicheres Fahrzeug",
- allgemeine Sicherheitsregeln,
- praktisches Vorgehen bei Arbeiten an HV-Fahrzeugen und -Systemen,
- praktische Übungen und Demonstrationen.

Ausnahmen sind hier allenfalls die vertiefte Betrachtung der Sicherheitsgefahren in elektrischen HV-Anlagen. Der einzige Aspekt, der über das hinausgeht, was Kfz-Mechatroniker bereits hinsichtlich elektrotechnischer Kompetenzen mitbringen, ist die "Freischaltung" des HV-Kreises an ausgeführten Fahrzeugen. Ansonsten vermitteln die Schulungskonzepte "elektrotechnische Grundlagen", die kaum einen Bezug zur Arbeit am Fahrzeug erkennen lassen. Dies liegt allerdings nicht zuletzt daran, dass die Vorschriften zur Ausbildung von Elektrofachkräften für festgelegte Tätigkeiten der Berufsgenossenschaften (BGV A2) eingehalten werden müssen und dort diese Schulungsinhalte vorgeschrieben werden.





Abb. 5: Michelin Radnabenmotor "Active Wheel" mit ca. 30 kW pro Rad im Heuliez (links) und "eCorner"-Modell (rechts) mit (1) Radkranz, (2) Radnabenmotor, (3) elektronischer Keilbremse, (4), aktiver Federung und (5) elektronischer Lenkung (Quellen: MICHELIN, SIEMENS/VDO)

### Wo liegen die tatsächlichen Herausforderungen?

Die tatsächlich für die Arbeit an Elektrofahrzeugen liegenden Herausforderungen für Kfz-Mechatroniker und Zweiradmechaniker liegen z. Z. noch völlig im Nebel. Da iedoch die automobilen Komponenten des Elektroantriebs wohl kaum auf einen technischen Stand von 1950 zurückfallen werden. steht nicht zu erwarten, dass Arbeiten an Wicklungen, Schützen, Wechselrichtern und Leistungselektronik anfallen werden, da die Technik modular aufgebaut sein wird. Die zukünftig zu erwartenden, neuen Antriebskonzepte wie der Radnabenmotor, wie ihn sich Michelin mit dem Konzept "Active Wheel" oder Conti mit "eCorner" vorstellen (vgl. Abb. 5), steht eher für eine weitere, fahrzeugspezifische mechatronische Integration elektrotechnischer Komponenten in die Fahrzeugsystemarchitektur. Hier werden sich im Werkstattalltag eher Fragen nach den Ursachen für einen Leistungsverlust durch die gegenseitige Beeinflussung der mechatronischen Systeme oder nach Geräuschen durch verschlissene mechanische Teile stellen: Diagnoseaufgaben also, die dann den Tausch unter anderem von elektrischen und elektronischen Systemen nach sich ziehen.

#### **Ausblick**

Die unübersichtliche Lage bei der Entwicklung von Elektromobilität in technischer, gesellschaftlicher und politischer Sicht macht es nicht leicht, Konsequenzen für die Facharbeit an Elektrofahrzeugen und die Berufsbildung in diesem Bereich zu erkennen und daraus Schlussfolgerungen zu ziehen. Hier ist festzustellen, dass die großen Anstrengungen im Bereich der Entwicklung von Marktgängigkeit noch kaum auf die Vorbereitung des Arbeitsmarktes und der Berufsbildung in den Bereichen Erstausbildung und Fortbildung übertragen wurden. Die bereits jetzt feststellbaren Auswirkungen sind durch technikzentrierte Schulungskonzepte für "Elektrofachkräfte" gekennzeichnet, die zwar sicherlich gut auf die Gefahren des Arbeitens an HV-Anlagen im Fahrzeug vorbereiten, aber wohl kaum auf die Arbeit an Elektrofahrzeugen. Hier gilt es, den Blick sorgfältig auf die sich verändernde Facharbeit zu richten und davon ausgehend über veränderte Qualifizierungskonzepte nachzudenken. Nach der vorliegenden Erkenntnislage ist der Kfz-Mechatroniker für die Arbeit an Elektroautos der richtige Beruf.

#### Literatur

Becker, M. (2006): Wartung und Instandsetzung von Brennstoffzellenfahrzeugen als Gegenstand beruflichen Lernens. In: lernen & lehren, Heft 81, S. 14–19

BGI/GUV-I 8686: "Qualifizierung für Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltsystemen". Informationsschrift der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. Berlin: DGUV 2010

BGV A2: Ausbildungskriterien für festgelegte Tätigkeiten im Sinne der Durchführungsanweisungen zur BG-Vorschrift "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" (BGV A2, bisherige VBG 4). Köln: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik 2000

BGV A3: Unfallverhütungsvorschrift Elektrische Anlagen und Betriebsmittel. Köln: Heymanns Verlag 1997.

BGV A3-DA: Durchführungsanweisungen vom April 1997 zur Unfallverhütungsvorschrift Elektrische Anlagen und Betriebsmittel. Köln: Heymanns Verlag 1997 (Nachdruck 2005)

CARB: California Exhaust Emission Standards and Test Procedures for 2009 and Subsequent Model Zero-Emission Vehicles and Hybrid Electric Vehicles in the Passenger Car, Light-Duty Truck and Medium-Duty vehicle classes. California Environmental Protection Agency. Air Ressources Board 2009, http://www.arb.ca.gov/msprog/levprog/cleandoc/clean\_2009\_my\_hev\_tps\_12-09.pdf (Stand: 30.09.2010)

ENGEL, T. (2007): PLUG-IN HYBRIDS. Studie zur Abschätzung des Potentials zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im PKW-Verkehr bei verstärkter Nutzung von elektrischen Antrieben im Zusammenhang mit Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen. München

STIEPER, R.: Elektrofachkräfte. Informationsschrift BGI548. Herausgegeben von der Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften. Berufsgenossenschaft Metall Nord Süd, Ausgabe 2009. Köln: Heymann Verlag 2010

#### Wilko Reichwein

# Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung am Beispiel der Lernsituation "Grüner Handyshop"

Der folgende Beitrag befasst sich mit der Frage, in welcher Art und Weise integrierte Bildungsprozesse in der beruflichen Bildung so gestaltet werden können, dass sie den Leitgedanken einer Bildung für nachhaltige Entwicklung unterstützen, indem politische, wirtschaftliche und fachliche Themen zueinander in Beziehung gesetzt werden. Dazu wird am Beispiel des Kommunikationsgerätes "Handy" der Bogen von der gesellschaftlichen Relevanz des Themas bis zur Umsetzung in einer Unterrichtseinheit aufgezeigt und erläutert.

#### Gesellschaftliche Herausforderungen

Die Benutzung von elektronischen Geräten und Baugruppen gehört zum Alltag in vielen, vor allem westlichen Ländern der Erde. Sei es im privaten Haushalt (Fernseher, PC, Waschmaschine, Spülmaschine oder Kühlschrank) oder im Betrieb in Form von Prozessautomatisierung. Diese Geräte sollen unser Leben erleichtern, indem sie einen bestimmten Nutzen erbringen und die Arbeit somit effektiver gestalten. Dabei nimmt die Anzahl der elektronischen Geräte immer mehr zu. Auf der einen Seite liegt das sicherlich an den durch Massenproduktion und Marktgesetze fallenden Preisen der Endgeräte, anderseits versucht die Industrie durch Erschließung neuer Anwendungsgebiete zusätzliche Absatzmärkte aufzubauen. Dazu kommt, dass durch neue Entwicklungen und Verfahren ständig neue Nutzungsmöglichkeiten erschlossen werden.

Bei Handys und Smartphones zeigt sich dieser Trend sehr deutlich. Laut einer aktuellen Studie des IT-Marktforschungsinstituts Gartner wurden weltweit im ersten Quartal 2010 17 Prozent mehr Handys verkauft als im ersten Quartal 2009. In absoluten Zahlen ist das eine Steigerung von 269,1 Millionen verkauften Geräten im Jahr 2009 auf 314,7 Millionen verkauften Geräten im Jahr 2010 (jeweils im ersten Quartal).1

Für die Zukunft werden ähnliche Prognosen erstellt und dem Handy- und Smartphonemarkt gewaltige Steigerungsraten vorausgesagt. So prognostiziert der Vorstandsvorsitzende von Qualcomm PAUL JACOBS in einem Interview mit der Frankfurter Allgemeinen Zeitung der Mobilfunk-Branche einen enormen Absatzschub. Die Zukunft sieht er dabei im Bereich des mobilen Internets (vgl. FINSTERBUSCH 2010, S. 19).

Die Auswirkungen dieser hohen Nachfrage nach Mobilfunkgeräten sind vielfältig. Während sich auf der einen Seite Handel und Firmen über steigende Absatzzahlen freuen und entsprechend hohe Umsätze und Gewinne erwirtschaften können, werden von Umweltschutz- und Menschenrechtsorganisationen bei der Herstellung, Nutzung und Entsorgung auch stark problembehaftete Auswirkungen auf die Gesellschaft und Umwelt proklamiert.

Insofern sind Handys und Smartphones sehr gut dafür geeignet, exemplarisch als Unterrichtsgegenstand für elektrotechnische luK-Systeme zu dienen.

#### Inhalt der Lernsituation

Der Unterricht war so angelegt, dass die Auszubildenden aus der Informationselektronik sich in kreativer Weise mit den Themenbereichen Umgang mit Elektroschrott, soziale Auswirkungen der Elektronikproduktion in Billiglohnländern und Umgang mit Rohstoffen am Beispiel des Handys auseinander setzten. Dazu sollten die Lernenden ein Shopkonzept entwickeln und präsentieren, das durchgängig auf allen Ebenen (Verkaufsraum, Handys, Zubehör) nach nachhaltigkeitsorientierten Kriterien optimiert ist.

Bei der Gestaltung des "Grünen Handyshops" wurde der Klasse bewusst ein gewisser Freiraum gelassen, um durch das gezielte Fördern von Kreativität eine zusätzliche Motivation zu erreichen. Innerhalb der Lernsituati-

on war es Aufgabe der Arbeitsgruppen, neben der Vorbereitung der Abschlusspräsentation, einen Flyer und ein (Werbe-) Plakat zu entwerfen. Beide "Produkte" wurden abschließend auch zur Bewertung herangezogen. Zur Vorbereitung stand den Gruppen Informationsmaterial zu den genannten Themenschwerpunkten zur Verfügung. Alle Teams hatten die gleiche Aufgabenstellung und im Vorfeld der Bearbeitung die gleichen Unterlagen bekommen.

### Gestaltungsprinzipien der Lernsituation

Seit der Verabschiedung der Agenda 21 im Jahre 1992 in Rio de Janeiro ist das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung von vielen Ländern dieser Erde aufgegriffen und in nationale Umsetzungsprogramme implementiert worden. Dabei ist nachhaltige Entwicklung ein "andauernder und gesamtgesellschaftlicher Wandlungs- und Gestaltungsprozess, der es ermöglicht, die Lebensqualität der gegenwärtigen Generation zu sichern und gleichzeitig die Wahlmöglichkeiten zukünftiger Generationen zur Gestaltung ihres Lebens zu erhalten" (DUK 2008, S. 5). Das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung zielt darauf ab, in den Bereichen Ökologie, Ökonomie und Soziales eine dauerhafte, zukunftsfähige und gerechte Gesellschaft aufzubauen. Für die Umsetzung dieser Entwicklungsaufgabe ist die Gestaltung des Bildungsbereiches von besonderer Bedeutung. Durch die von der UN im Jahr 2002 ausgerufene Weltdekade "Bildung für nachhaltige Entwicklung" sollen von 2005 bis 2014 mit Hilfe von Projekten und Best-Practice-Beispielen Prinzipien nachhaltiger Entwicklung weltweit in den nationalen Bildungssystemen verankert werden.

In einer aus dem Jahr 1999 stammenden Expertise "Förderprogramm Bildung für nachhaltige Entwicklung" haben de Haan/Hareneberg als zentrales Lernziel "Gestaltungskompetenz für nachhaltige Entwicklung" vorgeschlagen, das sie durch die drei Unterrichtsund Organisationsprinzipien Interdisziplinäres Wissen, Partizipatives Lernen und Innovative Strukturen weiter präzisieren (vgl. BLK 1999). Im gewerblichtechnischen Bereich der beruflichen Bildung hat VOLLMER in einem 2004 veröffentlichten Aufsatz das schon in den KMK-Rahmenlehrplänen genannte Bildungsziel "Befähigung zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer und ökologischer Verantwortung" als ein neues zentrales Berufsbildungsziel besonders im Zusammenhang mit dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung betrachtet (vgl. Vollmer 2004, S. 131). Letztendlich sollen die Schülerinnen und Schüler dazu befähigt werden, ausgehend von ihrer sehr persönlichen Lebenswelt, einen Bezug zwischen Mensch, Technik und Umwelt herzustellen, um sich den Auswirkungen ihres Handelns bewusster zu werden.

Der hier dargestellte Unterricht versucht im Rahmen der schulischen und organisatorischen Vorgaben eine Lernsituation zu beschreiben, die beispielhaft im Sinne der oben genannten Kriterien eine Mitgestaltung der Gesellschaft befördert und damit auch besonders die Umsetzung von nachhaltiger Entwicklung in der Schule unterstützt.

Um die oben genannten Ziele zu erreichen, ist die Lernsituation so ausgelegt,

- dass ein Bezug zu einem beruflichen oder privaten Handlungsfeld deutlich wird,
- dass ein Bezug zu globalen Problemstellungen gegeben ist,
- dass die Gestaltungsorientierung wesentliches Kernelement ist (Aufzeigen eines möglichen Lösungsweges),
- und dass der Blick in die Zukunft eine besondere Berücksichtigung findet.

### Verankerung in den Ordnungsmitteln

Die Lernsituation ist grundsätzlich als fächerübergreifendes Projekt angelegt, das seinen Schwerpunkt aber im Lernbereich II, dem so genannten fachrichtungsübergreifenden Lernbereich hat. Darunter fällt auch das Fach Wirtschaft und Gesellschaft, in dessen Rahmen der Unterricht durchgeführt worden ist.

Es lassen sich aber auch im KMK-Lehrplan des Ausbildungsberufes Informationselektroniker/in Anknüpfungspunkte finden. Im Teil 2 des KMK-Rahmenlehrplans (Bildungsauftrag der Berufsschule) heißt es, die "Berufsschule hat eine berufliche Grund- und Fachbildung zum Ziel und erweitert die vorher erworbene allgemeine Bildung. Damit will sie zur Erfüllung der Aufgaben im Beruf sowie zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer und ökologischer Verantwortung befähigen" (KMK 1999, S. 3).

Weitere Bezugspunkte in den verschiedenen Lernfeldern des Rahmenlehr-



Wirtschaft und Gesellschaft

Reichwein IE Datum:

Arbeitsblatt:

#### Grüner Handyshop

#### Aufgabenstellung:

Ihr plant mit einigen Freunden einen Handyshop zu eröffnen. Da die Fairtrade-Welle bei Lebensmittel (Kaffee) längst angekommen und etabliert ist, überlegt Ihr ein Shopkonzept zu entwickeln, das in möglichst vielen Bereichen ökologischen Kriterien entspricht (Energie, Papier, usw.) und nur fair gehandelte Handys im Programm hat.

Erarbeitet zusammen in der Gruppe ein Konzept, das die oben genannten Kriterien weitestgehend erfüllt. Dazu habt ihr Unterlagen zu den Arbeits- und Herstellungsbedingungen der derzeitigen Handyproduktion bekommen. Denkt dabei auch an die Ausstattung und an die Betriebskosten des Shops.

Die Aufgabe soll als Gruppenleistung bearbeitet und bewertet werden. Überlegt euch also, wer was macht und wie ihr die Aufgaben gerecht verteilt. Das Konzept soll auf einem Plakat der Klasse nach Fertigstellung präsentiert werden.

#### Teilaufgaben:

- 1. Überlegt euch einen Namen für den Shop.
- Entwicklung eines Shopkonzeptes: Was gehört alles zu einem ökologisch orientierten Handyshop? Erstellt eine Liste mit Merkmalen und legt gemeinsam fest, was ihr umsetzen wollt.
- Erstellung eines Werbeanschreibens: Um Kunden zu gewinnen, verfasst einen Werbeflyer für euren Shop. Das Schreiben sollte auch entsprechende Argumente (siehe Material) enthalten und übersichtlich gegliedert sein. Die Herstellungsbedingungen eines Handys sollen dabei ebenfalls deutlich werden.
- Fertigstellung des Plakates: Um der Klasse Euer Shopkonzept zu präsentieren soll ein Plakat erstellt werden. Auf dem Plakat sollen alle wesentlichen Merkmale des Handyshops übersichtlich und gut strukturiert dargestellt werden.

#### Webadressen:

Allgemeine Informationen zu fair gehandelten Produkten: http://www.oeko-fair.de/

Informationen zu fair gehandelten IT-Produkten: http://makeitfair.org/

Nicht Regierungsorganisation mit vielen Hintergrundinformationen: http://www.germanwatch.org/

Abb. 1: Aufgabenstellung der Unterrichtseinheit

Gruppe: Bewertungskriterium	Note	Prozent- satz	Teilnote
Erscheinungsbild (Körpersprache, Gestik, Mimik)		10%	
Verständlichkeit (Wortwahl, Satzbau, Aussprache)		10%	
Gestaltung (Konzept, Flyer, Plakat)		30%	
Aufbau (Roter Faden, Übersicht)		30%	
Teamaufteilung (Fragen beantworten, Beteiligung)		20%	
		Endnote:	

Abb. 2: Bewertungsbogen für die Schülerpräsentationen

plans zeigen sich wie folgt. Lernfeld 9 (Systemausstattung kundengerecht planen und Kunden über Dienste der Informationstechnik beraten) stellt einen allgemeinen Inhaltsbezug über die Themen

- branchenbezogene Markt- und Techniktrends,
- Präsentation von Produkten und Dienstleistungen,
- Ausstattungsvarianten, Optionen,
- und Ergonomie bzw. Design

her. Spezifische Problempunkte wie umweltgerechte Entsorgung und Recycling oder Umgang mit gesundheitsgefährdeten Stoffen werden in Lernfeld 12 (Fehler an Geräten und Anlagen der Bürosystemtechnik analysieren) aufgegriffen und thematisiert. In Lernfeld 13 (Geräte und Anlagen der Bürosystemtechnik analysieren und in Betrieb nehmen) weist noch der Inhaltsaspekt ökologische und ökonomische Gesichtspunkte auf eine mögliche Verknüpfung zur Lernsituation hin (vgl. KMK 1999, S. 18–22).

In Hamburg liegt dem Lernbereich II der Rahmenplan Wirtschaft und Gesellschaft für Berufsschulen zu Grunde, der zur Erprobung ab 1. August 2003 freigegeben wurde (vgl. FHH 2003). Der Lehrplan ist in wirtschaftliche und gesellschaftliche Handlungsfelder aufgeteilt, die wiederum durch Module näher beschrieben werden. Für den Inhalt der Lernsituation lassen sich die folgenden Module heranziehen:

- Als Verbraucher Konsumentscheidungen überlegt treffen (Modul 5),
- Ökologisch verantwortlich handeln (Modul 10),

- Bewusst in einer globalisierten Welt leben (Modul 19),
- Das Zusammenleben auf der Erde sichern (Modul 22).

Anhand der hier aufgezeigten Bezugspunkte zwischen der Lernsituation und den Ordnungsmitteln lässt sich der Unterricht gut begründen.

#### Planungsrelevante Faktoren

Die Unterrichtssituation fand in einer Klasse Informationselektroniker/innen (Fachrichtung Bürosystemtechnik) in Hamburg statt. In der Klasse befanden sich 14 Schüler und eine Schülerin, die alle aus überwiegend kleinen und mittleren Handwerksbetrieben kommen. Die Betriebe decken ein sehr breites Aufgabengebiet ab. Vom Verkauf und Service von Frankiermaschinen bis Telefonanlagen und vernetzten Druck-, Kopier- und PC-Systemen bieten die Unternehmen eine breite Palette von Dienstleistungen an.

Der Berufsschulunterricht wird in vier bzw. drei Schulblöcke (nur 1. Ausbildungsjahr) pro Jahr eingeteilt, wobei die einzelnen Blöcke entweder drei oder vier Wochen lang sind. Diese Klasse befand sich in einem 3-Wochen-Block im 2. Ausbildungsjahr. Pro Woche sind im Stundenplan vier Stunden Wirtschaft und Gesellschaft vorgesehen, die stundenplanbedingt an einem Tag nacheinander angeordnet waren.

#### Ablaufstruktur der Unterrichtseinheit

Durch den Blockunterricht und den Stundenplan waren für diese Lernsituation insgesamt 12 Unterrichtsstunden verteilt auf drei Unterrichtswochen ein-

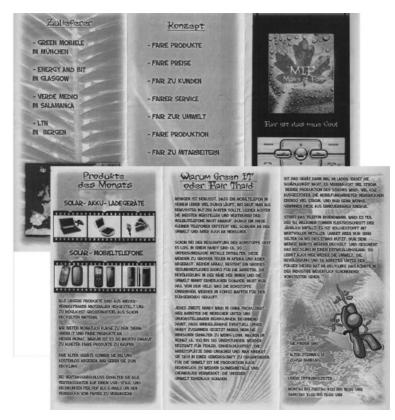


Abb. 3: Erstellter Flyer des fiktiven Handyshops "MIF" (Make it Fair)

zuplanen. Der Unterrichtsablauf wurde anhand der Wochen folgendermaßen geplant und durchgeführt:

- 1. Woche: Einstieg in die Unterrichtseinheit: Zeigen eines Films (Gnadenlos billig der Handyboom und seine Folgen, 30 Min.) mit anschließendem Klassengespräch, Bildung von fünf Arbeitsgruppen mit jeweils drei Schülern, Verteilung des Arbeitsauftrages und weiterer Unterlagen für die Arbeitsgruppen (Informationen zu den globalen Auswirkungen der Handyproduktion), Entwicklung der Bewertungskriterien, Beginn der Arbeit in den Gruppen.
- 2. Woche: Überwiegend selbstständiges Arbeiten in den Teams, als Informationsgrundlage standen teils ausgedruckte, teils online verfügbare Dokumente zu den Arbeitsbedingungen in der Handyproduktion und den gesundheitlichen Auswirkungen des Elektroschrottrecyclings (Informationen dazu über die Online-Adressen am Ende des Artikels).
- 3. Woche: Abschluss der Arbeiten und Vorbereitung auf die Präsentation, Durchführung der einzelnen Präsentationen und anschließende Bewertung der Gruppenleistung mit Feedback.

Bei fächerübergreifenden Projekten, wie dem hier vorgestellten, kommt der Anfangs- und Endsituation eine besondere Bedeutung zu. Zu Beginn herrscht in der Klasse meistens noch Unklarheit über das Vorgehen, das Unterrichtsziel und die Verteilung der einzelnen Aufgaben. Hier ist die Unterstützung einer Lehrperson notwendig, die einerseits bei Fragen zur Verfügung steht und andererseits durch einen klaren sowie vorstrukturierten Arbeitsauftrag in Schriftform eine Orientierungsgrundlage für die Lernenden bereitstellt. In diesem Fall wurde ein einseitiger Arbeitsauftrag (Abb. 1) formuliert, der durch eine Aufgabenbeschreibung und einer Formulierung von Teilaufgaben den entsprechenden Handlungsrahmen gegeben hat.

Am Ende der Unterrichtseinheit fand eine Präsentation mit Bewertung der Gruppenergebnisse statt. Das bisher Erlernte wurde somit wiederholt und durch einen Vergleich mit den anderen Gruppen reflektiert und diskutiert. Die für die Benotung der Gruppenleistungen notwendigen Bewertungskri-

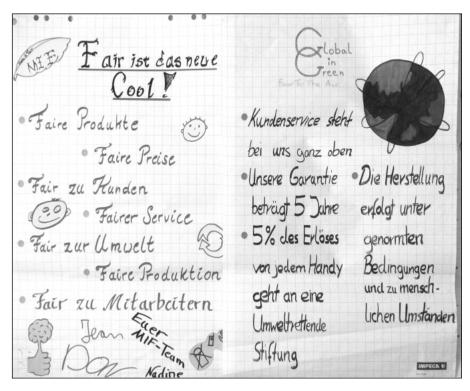


Abb. 4: Zwei erstellte Plakate der Arbeitsgruppen

terien wurden von den Lernenden selbstständig in der ersten Woche erarbeitet. Den erstellten und eingesetzten Bewertungsbogen zeigt Abb. 2.

#### **Ergebnisse**

Nach Abschluss der Arbeiten an den Konzepten und Plakaten bzw. Flyern erfolgte in der letzten Blockwoche die Präsentation der Ergebnisse vor der Klasse. Dazu hatte jede Gruppe ca. 30 Min. Zeit (inkl. Feedback und Bewertung). Die erbrachten Leistungen in den Teams waren erwartungsgemäß sehr unterschiedlich, wobei aber die überwiegende Anzahl der Konzeptideen durch interessante, vielfältige und kreative Umsetzungsvorschläge geprägt waren. Die Abbildungen drei und vier zeigen Plakate und Flyer besonders gelungener Umsetzungsideen.

#### **Fazit**

Durch die präsentierten Ergebnisse und die interessierte Arbeitshaltung der Schülerinnen und Schüler in den Stunden kann die Unterrichtseinheit als gelungen bezeichnet werden. Allerdings gab es auch Gruppen, deren Leistungen eher unterdurchschnittlich waren. So haben zwei Arbeitsgruppen den Flyer handschriftlich erstellt,

während die übrigen den PC für eine teilweise aufwändige graphische Gestaltung nutzten.

Eine Lernzielkontrolle in Form einer Klassenarbeit war nicht vorgesehen, da der didaktische Schwerpunkt im gestalterischen und kreativen Kompetenzbereich lag.

Erweiterungen wären besonders im Bereich der Verknüpfung mit anderen Fachinhalten sinnvoll und möglich. So wäre es in Verbindung mit dem fachlichen Thema HTML durchaus denkbar, das Shopkonzept medial für das Internet aufzubereiten und somit einen weiteren fächerübergreifenden Aspekt zu berücksichtigen. Weiterhin könnte in dem Zusammenhang das Wirtschaftsthema "Unternehmensformen" als Unterrichtsinhalt (Stichwort: Unternehmensgründung) sinnvoll verknüpft werden.

Da das Thema Recycling und ökologisch verantwortliches Handeln auch in anderen Lernfeldern des KMK-Rahmenlehrplans auftaucht, lassen sich in Verbindung mit einem Spiralcurriculum in zukünftigen Unterrichtssituationen unter einem anderen Kontext die Themen erneut aufgreifen und bei Bedarf vertiefen.

Letztendlich stellt die hier gezeigte Lernsituation eine beispielhafte Umsetzung einer "Beruflichen Bildung für nachhaltigen Entwicklung" dar, die den Lernenden einen motivierenden Zugang zur Thematik ermöglicht und für die Lehrenden mit einem vertretbaren Zeitaufwand vorzubereiten ist.

#### **Anmerkungen**

1 Online im Internet: http://www.gartner. com/it/page.jsp?id=1372013 (Zugriff: 25.06.2010)

#### Internetadressen zur Thematik

Allgemeine Informationen zum ökologischfairen Handeln in vielen Bereichen des Alltags: http://www.oeko-fair.de/

Informationen und Unterrichtsmaterialien zu fair gehandelten IT-Produkten: http://makeitfair.org/

Nicht Regierungsorganisation mit vielen Hintergrundinformationen (Bezugsquelle der Film-DVD "Gnadenlos billig?! – der Handyboom und seine Folgen" und viele weitere Informationen zum Thema Globalisierung und IT-Branche): http://www.germanwatch.org/

#### Literatur

BLK – Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (Hrsg.) (1999): Bildung für nachhaltige Entwicklung. Heft 72, Gutachten zum Programm von de Haan/Harenberg. http://www.blk-bonn.de/papers/heft72. pdf (20.06.2010)

DUK – DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION E.V. (Hrsg.) (2008): UN-Dekade "Bildung für nachhaltige Entwicklung" 2005 bis 2014. Nationaler Aktionsplan für Deutschland, Berlin/Bonn

FHH – FREIE UND HANSESTADT HAMBURG, BEHÖRDE FÜR BILDUNG UND SPORT (Hrsg.) (2003): Rahmenplan Wirtschaft und Gesellschaft für Berufsschulen – zur Erprobung ab 01. August 2003, Hamburg

FINSTERBUSCH, S. (2010): "Die Branche hebt jetzt erst richtig ab". In: Frankfurter Allgemeine Zeitung. Nr. 132 vom 11.6.2010, S. 19

KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ (Hrsg.) (1999): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Informationselektroniker/Informationselektronikerin. Beschluss der KMK vom 08.06.1999, Bonn

VOLLMER, T. (2004): Befähigung zur Mitgestaltung der Arbeitswelt und Gesellschaft in sozialer und ökologischer Verantwortung. Ein neues Berufsbildungsziel und seine Bedeutung für berufliches Lernen und Lehren. In: KIPP, M./STRUVE, KL./TRAMM, T./VOLLMER, TH.: Tradition und Innovation. Impulse zur Reflexion und zur Gestaltung beruflicher Bildung. Münster/Hamburg/Berlin/London, S. 131–193

#### Franz Krämer

### Karosserieleichtbau verbessert die Energiebilanz und verändert Arbeits- und Lernprozesse

Die Öko-Bilanz zukünftiger Fahrzeuge muss verbessert werden. Eine Möglichkeit ist die Verminderung des Fahrzeuggewichts durch moderne Werkstoffe wie höchstfeste Stähle und Al-Legierungen. Neue Verbindungstechniken wie das Kleben und Stanznieten vermindern ebenfalls das Gesamtgewicht. Dies erfordert für die Zukunft neue Reparaturkonzepte. Am Beispiel einer Seitenwanderneuerung an einem BMW durch Kaltfügeverfahren werden die notwendigen Bedingungen für einen zukunftsorientierten und durch neue Arbeitsprozesse geleiteten Unterricht aufgezeigt. Ebenfalls wird verdeutlicht, dass für eine fachgerechte und verantwortungsvolle Instandsetzung von Fahrzeugen eine Unterrichtskonzeption zu Grunde zu legen ist, die der Förderung von Lernkompetenz eine besondere Bedeutung zumisst.

#### **Einleitung**

Betrachtet man die globalen Zulassungszahlen von Fahrzeugen, so wird der Gesamtkraftstoffverbrauch weltweit in den kommenden Jahren, allein aufgrund des Zuwachses vor allem in den sog. Schwellenländern wie China und Indien, erheblich zunehmen. Diese Entwicklung kann nur durch alternative Energiekonzepte und Kraftstoff sparende Maßnahmen bewältigt werden. In Deutschland verringerte sich der Kraftstoffverbrauch in den Jahren 2000 bis 2010 um 5,6 %, obwohl

im gleichen Zeitraum die Anzahl der Kraftfahrzeuge zunahm (Statistisches Bundesamt Wiesbaden 2010). Dies ist auch u. a. durch ein geändertes Fahrverhalten zu erklären, jedoch ist eine Energieersparnis durch konstruktive Maßnahmen des Fahrzeugbaus unumgänglich, um künftigen Energieengpässen zu begegnen und alternative Energiekonzepte für den Individualverkehr zu ermöglichen.

Haupteinsparmöglichkeiten für eine weitere Verminderung des Kraftstoffverbrauchs liegen in der Antriebstechnik und beim Fahrzeuggewicht. Lag das Gewicht eines Mittelklassefahrzeuges in den 1980er Jahren bei ca. 1200 kg liegt es mittlerweile bei nahezu 1700 kg, wozu auch Maßnahmen zur Schadstoffminderung und Verbrauchsoptimierung sowie Verbesserungen der aktiven und passiven Sicherheit in Form zusätzlicher Elektronik und Aggregate beigetragen haben. Der Einfluss der Fahrzeugmasse beträgt 0,25 l Mehrverbrauch pro 100 km je 100 kg Fahrzeuggewicht (vgl. GOEDE 2007, S. 1). Neue Antriebstechnologien wie Elektroantriebe, die





Abb. 1: Typische Arbeitsumgebung für Schweißen und Kleben am Fahrzeug

unmittelbare Folge der Verknappung fossiler Energien und die Verringerung umweltschädlicher Emissionen verschärfen den Druck erheblich, das Fahrzeuggewicht zu reduzieren. Zwar sind es dann nicht mehr Motoren, Karosserie und Zusatzaggregate, die zur Gewichtsreduzierung zwingen, sondern vor allem die Zunahme des Gewichts für die Energiespeicherung bei gleichzeitigem Wunsch, den Aktionsradius elektrogetriebener Fahrzeuge zu erhöhen.

In der Mittelklasse wiegt eine aktuelle Rohkarosse etwa 400 Kilogramm. Daran erkennt man, dass bereits jetzt die Karosserie nur knapp 25 % des Gesamtgewichts eines Fahrzeugs ausmacht. Durch hochfeste Stähle, Hybridbauweise und den Einsatz von Kunststoffen sind jedoch weitere Gewichtseinsparungen möglich. Für die Reduzierung der Gesamtmasse sind zwar auf Dauer weitergehende Maßnahmen als die bloße Reduktion des Karosseriegewichts notwendig, dennoch liegt hierin ein Potenzial, das noch nicht ausgeschöpft ist und bereits jetzt völlig neue Herstellungs- und Reparaturverfahren erfordert. Eine herausragende Verbindungstechnik stellt hierbei das Kleben dar, das dem Einsatz neuer Werkstoffe und Werkstoffkombinationen den Weg bereitet.

Bei der Fertigung moderner Karosserien kommt ein Mix verschiedenster Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften zum Einsatz. Beispielsweise finden Stahlarten mit einer Streckgrenze von 180 MPa bis hin zu 1500 MPa Verwendung. Bei Aluminium liegen diese Werte zwischen 100 MPa und 600 MPa. Für die Rohkarosse, z. B. bei einem BMW, werden bis zu 10 verschiedene Stahlsorten, beschichtet und unbeschichtet, mit unterschiedlichen Blechdicken von 0,65 mm bis hin zu 2,5 mm verwendet.

Bei Aluminium werden für derartige Fahrzeuge vier verschiedene Legierungen als Strangpressprofile und als Gusslegierungen eingesetzt. Bei dem folgenden Fahrzeug besteht z. B. der gesamte Vorderwagen aus Aluminium und ist mit der Fahrgastzelle durch

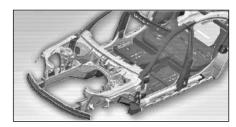


Abb. 2: Aluminium-Vorderwagen einer BMW-Karosserie (Quelle: BMW)

Halbhohlstanznieten und Kleben verbunden.

In Abb. 3 ist der Einsatz unterschiedlicher Bleche an einer modernen Stahlkarosserie dargestellt. Der Einsatz von hochfesten (1) und höchstfesten (2) Stählen beträgt mittlerweile fast 70 %. In Verbindung mit dem vorderen Querträger aus Aluminium (3) wird so ein Optimum an Karosseriesteifigkeit und Crashsicherheit erreicht.

Die Anwendung kalter Fügetechniken wie dem Kleben und der Einsatz von Stanz- und Blindnieten in der Produktion, erlauben eine sinnvolle Hybridbauweise. Allerdings werden hierdurch auch neue Anforderungen an die Instandsetzung gestellt. Diese Anforderungen müssen sowohl im schulischen Bereich als auch im Werkstattbereich berücksichtigt werden.

Bis heute waren das MAG-Schweißen, das MIG-Löten und MIG-Schweißen beim Teilersatz der Außenhaut an modernen Karosserien dominierend. Durch die fortschreitende Verminderung der Blechdicke und die Verlängerung der Korrosionsgarantie sind diese Reparaturverfahren zunehmend ungeeignet. Bei der Instandsetzung durch Ausbeulen bereitet die geringe Blechdicke von 0,65 mm zusätzlich große Probleme. So werden Bauteile wie Hauben und Türen sinnvollerweise komplett ausgetauscht, was einem Wechsel der Reparatur-"Philosophie" entspricht.

Die Ausbildung zum/zur Karosserie- und Fahrzeugbaumechaniker/in bzw. zum/zur Mechanikerin für Karosserieinstandhaltungstechnik muss für die Reparatur und Instandhaltung künftiger Fahrzeuge die hierfür notwendigen Kompetenzen entwickeln. Deshalb wurde auch im Nicolaus-August-Otto-Berufskolleg Köln frühzeitig das schulische Curriculum hinsichtlich neuer Reparaturkonzepte erweitert und veränderte Arbeitsprozesse einbezogen.

Für den Beruf des Karosserie- und Fahrzeugbaumechanikers/der Karosserie- und Fahrzeugbaumechanikerin mit der Fachrichtung Karosserieinstandhaltungstechnik lassen sich zu den neuen Reparaturverfahren zu folgenden Lernfeldern Bezüge herstellen:

- LF 9: Analysieren von Fahrzeugund Karosserieschäden (100 h),
- LF 10: Rückverformen deformierter Karosserien und Fahrzeugrahmen (80 h),
- LF 11: Durchführen von Abschnittsreparaturen (100 h),
- LF 12: Ausbeulen von Karosserieblechen (80 h) (KMK 2003).

Da neue Technologien nicht unmittelbar breiten Niederschlag in den Werkstätten finden, gestaltet es sich

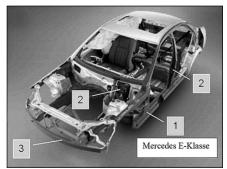


Abb. 3: Leichtbau-Stahlkarosserie (Quelle: Mercedes-Benz)

manchmal als schwierig, geeignete Arbeitsprozesse in der Ausbildungswirklichkeit der Auszubildenden zu identifizieren. Den Lehrkräften erschien es daher am sinnvollsten, Lernsituationen an neuen Reparaturtechniken zu orientieren, die in letzter Zeit von Herstellern, z. B. BMW, entwickelt wurden und gerade in den Markenwerkstätten eingeführt werden. Die Vorgehensweise zur Entwicklung einer solchen Lernsituation wird nachfolgend skizziert.

#### Lernsituation: Erneuerung einer Seitenwand an einem BMW unter Anwendung neuer Reparaturverfahren

#### Überlegungen zum zeitlichen Umfang der Unterrichtssequenz

Ein möglicher Unfallschaden als Auslöser eines Reparaturprozesses orientiert sich nicht am Jahrescurriculum der Schule. So müssen Entwürfe von Lernsituationen unterschiedliche Lernfelder entsprechend der Jahresplanung fokussieren bzw. lernfeldübergreifende Ansätze berücksichtigen. Hierbei gibt es grundsätzlich zwei denkbare Szenarien:

- Die Analyse des Reparaturprozesses erlaubt keine Aufteilung in Teilarbeitsprozesse. Dann wird sich der Lernprozess über einen längeren Zeitraum und eine Vielzahl von Lernsituationen erstrecken müssen, die unterschiedliche Lernfelder der aktuellen Jahrgangsstufe berühren.
- Sinnvolle Teilprozesse lassen sich identifizieren, die einem abgeschlossenen Reparaturprozess entsprechen. Weitere Teilarbeitsprozesse können dann z. B. anderen Kundenaufträgen zugeordnet werden, um sie wieder als in sich geschlossene Lernprozesse zu bearbeiten.

Das erste Szenario entspricht eher dem Werkstattalltag und ist somit im Sinne eines kumulativen Lernens häufig nicht umzusetzen. Dieser Weg kann beschritten werden, wenn die Reparatur nur wenige Schritte umfasst und in den Anforderungen an Fachkompetenz überschaubar ist. Des Weiteren müssen die Lernfelder in einem der Lern- und Ausbildungsstufe angepassten Verhältnis stehen. Ein solches Szenario erfordert eine Un-

terrichtsorganisation, die betriebliche Projektphasen integriert und somit ein hohes Maß an Lernortkooperation voraussetzt. Am ehesten findet sich diese Form der curricularen Planung bei Lerngruppen, die nur wenige betriebliche Ausbildungsstätten mit vergleichbaren Werkstätten umfassen.

Das zweite Szenario ermöglicht Lernprozesse, die auf eine serielle Koordination von Lernfeldern und ihnen zugeordnete Lernsituationen zielen. Die hohe Flexibilität ist vorteilhaft bei dieser Unterrichtsplanung. Die stärkere zeitliche Abkopplung von der betrieblichen Handlungssituation ist als nachteilig zu bewerten.

Das folgende Beispiel beschreibt einen in sich geschlossenen sowie ganzheitlichen Reparaturprozess (Szenario 1). Der für die Erneuerung einer Seitenwand an einem BMW vorgesehene zeitliche Umfang betrug 25 Unterrichtsstunden. Die zu Grunde liegende Reparaturmethode ist neuartig und somit im betrieblichen Alltag noch nicht weit verbreitet, sodass nicht alle Schülerinnen und Schüler diese Reparatur in ihrem Ausbildungsbetrieb durchführen können. Wichtige Teilprozesse wurden daher im Werkstattlaborunterricht der Schule aufgegriffen und mit entsprechenden Handlungsschritten verknüpft.

#### Das Einstiegsszenario

Ziel ist es, den kompletten Ablauf einer neuen Instandsetzungsmethode

hinsichtlich der physikalischen Grundlagen der Klebetechnik und der eingesetzten Fügeverfahren im Unterricht zu behandeln.

Das Einstiegsszenario beschreibt daher einen umfassenden Karosserieschaden, der in allen Teilen, mit Ausnahme der Lackierung, in der Werkstatt behoben werden soll. Das Szenario ist, was die grundlegenden Arbeitsabläufe betrifft, allen Auszubildenden vertraut. Neu sind der Karosserieaufbau und die damit verbundenen Reparaturtechnologien. Diese neuen Arbeitsinhalte und die damit verbundenen Arbeitsprozesse begründen bzw. zeigen den Auszubildenden unmittelbar die Notwendigkeit betrieblicher Fortbildung auf. Die Simulation einer Kundendienstschulung, also einer Form von Praxislehrgang, ist Teil des Reparaturszenarios und wird im Rahmen der Lernsituation als "schulischer Lehrgang" eingeplant. Hierbei stellt es sich als vorteilhaft dar, dass Kundendienstschulungen, die für Werkstattpersonal konzipiert sind, im Rahmen des Multiplikatoren-Modells (HOFFMANN 2010) der Automobilindustrie auch für Lehrkräfte verfügbar sind. In wenigen Fällen ergibt sich auch die Möglichkeit, handwerkliches Know-how unmittelbar von den Ausbildungsfirmen, die bereits neue Technologien eingeführt haben, zu beziehen.

#### Handlungsergebnisse

Neue und geänderte Arbeitsmittel erfordern neben neuen Kenntnissen vor



Abb. 4: Werkzeuge und Fügeelemente für die Karosseriereparatur

Tätigkeit	Neuigkeitsgrad (010)
Heraustrennen der beschädigten Seitenwand nach Herstellervorgaben	0
Anpassung des Reparaturteils an die Karosserie	0
Stoßstellen für die Verstärkungsbleche vorbereiten	3
Reparaturteil auflegen und ggf. Bohrungen für das Blindnieten herstellen	6
Klebstoff auftragen und Reparaturteil auflegen	8
Karosserieteil und Reparaturteil im Stoßbereich fixieren	8
Reparaturteil durch Halbhohlstanznieten bzw. Blind- nieten zusätzlich verbinden Hierbei gilt es, die folgende Regel zu beachten: – bei einseitigem Zugang: Blindnietung – bei zweiseitigem Zugang: Halbhohlstanznietung	9

Tab. 1: Hierarchisierung neuer Tätigkeiten im Reparaturprozess (schulinterne Erhebung)

allem auch neue handwerkliche Fertigkeiten. Einen Einblick in die Zusammenstellung der notwendigen Werkzeuge und Fügeelemente gibt Abb. 4.

Bereits bei oberflächlicher Betrachtung sticht die Abwesenheit des klassischen Instrumentariums ins Auge: Das Schweißgerät wird für die vorgesehene Reparatur nicht benötigt. Das kann durchaus vorteilhaft sein. Denn jetzt treten die klassischen Folgen der Karosseriereparatur nicht mehr auf und als Vorteile der "kalten" Reparaturmethoden wären zu nennen:

- kein Wärmeverzug,
- Verbindung von verschiedenen Werkstoffen,
- Verbindungsmöglichkeit wärmeempfindlicher Werkstoffe,
- Zugfestigkeitserhöhung durch Schrauben und Nieten.

Die neuen Materialien und die damit verbundenen Reparaturmethoden haben aber auch Nachteile:

- je nach Belastungsart geringe Kraftübertragung,
- erschwerte Oberflächenbehandlung an den Klebestellen,
- ohne Zerstörung keine Demontage möglich.

Auswirkungen gewicht- und energiesparender Werkstoffe bzw. Karosseriematerialien auf Werkzeuge, Fügemittel, Festigkeit und Konstruktionsmittel wurden somit umrissen. Die zentrale Frage, wie sich der Fahrzeugleichtbau auf die Arbeit und damit vor allem auf die Fachkompetenz der Beschäftigten auswirkt, ist noch zu beantworten. Die Tab. 1 verdeutlicht den Übergang von traditionellen zu neuen Arbeitsverfahren und -abläufen und gibt somit einen Einblick in den Wandel handwerklicher Fertigkeiten, der zukünftig von Facharbeitern bewältigt werden muss.

Die Bilder der Abb. 5 verdeutlichen den Reparaturablauf, wie er sich durch die Einführung neuer Fügetechnologien und -methoden darstellt.

### Weitere Folgen der neuen Arbeitsprozesse

Betrachtet man dieses Reparaturkonzept näher, werden weitere handfeste Vorteile sichtbar. Für die Reparatur an der Seitenwand beispielsweise reduziert sich die Instandsetzungszeit von 340 AW auf 250 AW (AW = Arbeitswert). Die Ersparnis von 90 AW entspricht in etwa neun Stunden oder etwas mehr als einem Arbeitstag. Auch haben zerstörende Schweißströme und Schweißfunken im Hinblick auf

das elektrisch/elektronische Equipment moderner Fahrzeuge keine negativen Einflüsse mehr.

Für die neuen Fahrzeugtypen von BMW sind bereits für viele Karosserie-abschnitte aktualisierte Reparaturanleitungen verfügbar. Für ältere Fahrzeuge werden diese in naher Zukunft ebenfalls erhältlich sein. Damit deutet sich eine grundsätzliche Änderung in der Reparaturphilosophie an, die in ihrer Auswirkung auf die Arbeit durchaus vergleichbar ist mit dem Einzug der Elektronik ins Kraftfahrzeug.

#### Kompetenzakzente

Eng verbunden mit den neuen handwerklichen Fertigkeiten und Fähigkeiten ist das Wissen um neue Werkstoffe und deren Eigenschaften. Nur wer diese kennt ist in der Regel in der Lage, kompetent und verantwortungsvoll Reparaturprozesse zu planen, durchzuführen und zu beurteilen. Bereits die curricularen Überlegungen zur Vermittlung neuer Technologien im Unterricht haben erkennen lassen, dass sie direkt die Frage des Wissenserwerbs auch außerhalb des gewohnten Kontextes berühren. Auch alle Lehrkräfte haben Wissenslücken bzw. Wissen mit "überschrittenem Verfallsdatum". Daher kann die Einführung neuer Technologien nur gelingen, wenn neuen Arbeits- oder wie hier Reparaturprozessen eine Phase der Fortbildung vorgelagert ist. Die Behandlung neuer und zum Teil wenig erprobter Inhalte stellt hierbei eine große Chance für den Erwerb von Lernkompetenz dar. Wird dies im Unterricht für Lernende (und Lehrende) deutlich, kann diese Erfahrung zu einer nachhaltigen Veränderung des Lernverhaltens führen.



Klebstoff auftragen



Reparaturteil anpassen



Reparaturteil und Karosserie fixieren



fertiger Bereich

Abb. 5: Exemplarische Teilprozesse der Reparatur von Leichtbau-Karosserien

### Unterrichtsplanung und Lernbedingungen

Die Umsetzung von neuen Unterrichtsinhalten erfordert Investitionen in Zeit und Material. Allerdings kann nicht vorhandene Ausstattung oder zu wenig Zeit nicht der Grund dafür sein, auf frühzeitige und tiefgreifende Vorbereitung der notwendigen Lehr-/Lernprozesse zu verzichten. Welche Eckpunkte hierbei leitend sein können, um Lernprozesse mit Relevanz und Bestand zu planen, soll nachfolgend Tab. 2 verdeutlichen (vgl. MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG 2010, Web-Site).

### Zusammenfassung und Ausblick

An Beispiel der Seitenwandreparatur wurde aufgezeigt, welche Chancen und auch Anforderungen für den Berufsschulunterricht bestehen. Neue Werkstoffe als Folge des Strebens nach zunehmender Energieeffizienz bei Aufrechterhaltung individueller automotiver Mobilität und die damit verbundenen neuen Reparaturprozesse wirken sich unmittelbar auf die Inhalte schulischen Lernens aus. Besonders deutlich wird das dann, wenn Berufsschulunterricht sich dem "Echtzeitproblem" der betrieblichen Ausbildung stellt: Was sich als neue Technologie im Betrieb darstellt und nur mit betrieblicher Fortbildung bewältigt werden kann, ist zeitgleich eine unterrichtliche

Herausforderung bei der Vermittlung von Fachkompetenz. Um dies zu bewältigen kommt es zu Phasen gleichzeitigen Lernens der Lehrkräfte und der Lernenden. In Zukunft werden durch neue Fahrzeugkonzepte wie Hybridund Elektrofahrzeuge diese Situationen zunehmen. Um berufliche Handlungskompetenz zu sichern, muss sich die Berufsschule dieser Herausforderung stellen und sich vorausschauend mit neuen Technologien auseinander setzen. Hierzu gehört nicht nur die fachlich-theoretische Auseinandersetzung mit neuen Technologien, sondern vor allem die Aneignung von Wissen um die neuen Arbeitsprozesse. Sich über betriebliche Prozesse zu informieren und fortzubilden und das erworbene Wissen in die Gestaltung von Lernprozessen einfließen zu lassen, wird so zum Muss für alle Lehrerinnen und Lehrer.

Intention	Mögliche Planungsinhalte
Konkretisierung der <b>Inhalte</b>	<ul> <li>Vertiefung der Werkstoffkenntnisse, vor allem über das Spannungs-/Dehnungsverhalten</li> <li>Beim Fügen mittels Kleben den Unterschied zwischen Kohäsion und Adhäsion aufzeigen und das Festigkeitsverhalten bei unterschiedlichen Belastungen beurteilen.</li> <li>Die Fügeverfahren: Prinzip der Halbhohlstanznieten und Blindnieten erläutern und ihre Einsatzbereiche abwägen.</li> <li>Den erforderlichen Reparaturablauf anhand der Werksreparaturanleitung genau planen und in der Praxis anwenden, sowie eine Analyse der bisher bekannten und eingesetzten Reparaturmethoden vornehmen.</li> </ul>
einzuführende oder zu vertiefende Methoden und Arbeitstechniken	<ul> <li>Durch Zugproben an verschiedenen Karosserieblechen und Klebeproben können die Schüler das Materialverhalten experimentell erfahren.</li> <li>Ungewohnte Werkzeuge wie die Stanznietzange sollen den Schüler vertraut gemacht werden. Letztere hat vor allem deshalb im Unterricht eine große Bedeutung, weil sie mit Ausnahme von BMW-Werkstätten und einigen Eurogarant-Betrieben noch keine nennenswerte Verbreitung gefunden bet</li> </ul>

vertiefen.

#### Das Fachbuch für Karosserietechnik. Es stellt nach wie vor ein wichtiges Lehrmittel dar, um grundsätzliche Zusammenhänge zu verstehen und/oder deren Verständnis zu

- Reparaturanleitungen von BMW (Technisches Training Karosserie, Technisches Training Kleben, Technisches Training Nieten)
- Anschauungsmaterial, Fahrzeuge/Fahrzeugteile, Werkstoffe, Werkzeuge

### Organisatorische Rahmenbedingungen und Lernumgebung

erforderliche Unterrichtsmateri-

alien oder Angabe von Fundstel-

- Der Unterricht findet sinnvollerweise in den Klassenräumen ergänzt um Laborunterricht statt. Hindernisse sind hier allzu oft fehlende Fachräume oder Karosserielabore.
- Weiterführendes Wissen kann am Ende durch Labortests an Material und Fügeverbindungen erworden werden. Geeignet hierfür sind Lernsituation, die sich z. B. mit Themen wie Crash Tests an Längsträgern befassen. Der Vergleich macht Unterschiede zwischen Standardreparaturen mittels Schweißen gegenüber solchen mittels Kleben sichtbar.
- Je nach geplanter Lernsituation sind geeignete Sozialformen zu finden. Stichworte sind Klassenteilung, Kleingruppen, Kursorganisation, Teamteaching, lernortkooperative Projektphasen usw.

Tab. 2: Akzente für die Gestaltung geeigneter Lernsituationen

#### Literatur

GOEDE, M. (2007): Karosserieleichtbau als Baustein einer CO2-Reduzierungsstrategie. 16. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik 2007. http:// www.aachener-kolloquium.de/pdf/Vortr\_ Nachger/2007/Goede.pdf (13.09.2010)

HOFFMANN, P. J. (2010): Bewährte Kooperation von Industrie und Schule: Fahrzeugtechnik-Multiplikatorenteam. In: Zeitschrift des Bundesverbandes der Lehrerinnen und Lehrer an beruflichen Schulen e.V. (BLBS), Heft 1/2010, S. 1–6. https://kooperation.schule.bayern. de/pub/bscw.cgi/d2028258/Artikel%20in %20der%20BLBS.pdf (13.09.2010)

KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ (Hrsg.) (2003): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Karosserie- und Fahrzeugbaumechaniker/Karosserie- und Fahrzeugbaumechanikerin. Beschluss der KMK vom 16.05.2003, Bonn

MINISTERIUM FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.) (2010): Bildungsgangübergreifende Themen, Didaktische Jahresplanung, Dokumentation von Lernsituationen. http://www.berufsbildung.nrw.de/cms/bildungsganguebergreifende-themen/didaktische-jahresplanung/lernsituationen/dokumentation/ (13.09.2010)

STATISTISCHES BUNDESAMT (2010): Trend zum spritsparenden Auto bremst Kraftstoffverbrauch. http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/STATmagazin/Umwelt/2010\_01/2010\_01Kraftstoffverbrauch,templateId=renderPrint.psml#Link1 (13.09.2010)

len

#### Matthias Grywatsch/Wieland Hering

# Der Schwerpunkt "Regenerative Energien" an der Fachschule für Technik

## Gestaltungsbeispiel auf der Grundlage betrieblicher und schulischer Kooperation

Der Artikel zeigt auf, wie durch enge betriebliche Kooperation realistische Lernsituationen in der Weiterbildung entstehen können. Inhalte des Schulcurriculums werden durch betriebliche Anforderungen beeinflusst und entwickeln nicht nur im Sinne arbeitsprozessorientierten Lernens eine hohe Produktivität, sondern auch im Hinblick auf betrieblichen Nutzen. In diesem Kontext beschränkt sich der Beitrag im Wesentlichen auf die Gestaltung der Lehr-/Lernprozesse. Neben dem Zugewinn für die schulische Ausbildung im Sinne eines stärkeren Arbeitsprozessbezugs zeichnet sich auch unmittelbarer Nutzen für die beteiligten Unternehmen ab. Nicht zuletzt deutet sich ein großer Vorteil für die Studierenden an, die so schon im Rahmen ihrer Weiterbildung in engen betrieblichen Kontakt kommen und dort als fachlich kompetente Bereicherung wahrgenommen werden. Es ist zu vermuten, dass sich hierdurch zusätzliche Vermittlungschancen auf dem Arbeitsmarkt für "Staatlich geprüfte Techniker/innen" ergeben.

#### Ausbildungsschwerpunkt "Regenerative Energien" im Thüringer Fachschulcurriculum

Die stetig fortschreitende Entwicklung im Bereich regenerativer Energien war der Ausgangspunkt dafür, dass die Fachschulausbildung der Fachrichtung Elektrotechnik des Freistaates Thüringen um den Schwerpunkt "Regenerative Energien" erweitert wurde. Auslöser für die Beantragung des neuen Schwerpunktes durch die Fachschule für Technik Mühlhausen beim Thüringer Kultusministerium war ein Projektvorschlag des betrieblichen Kooperationspartners AZUR Solar, der nachfolgend ausführlich dargestellt wird. Zunächst soll jedoch ein kurzer Einblick in die vorausgehenden Maßnahmen gegeben werden, die für die Einrichtung eines neuen Schwerpunktes exemplarisch sein können. Denn in Anbetracht des Pilotcharakters dieses Projektes folgte vom Ministerium der Auftrag an die Fachschule, gemeinsam mit dem Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (ThILLM) die inhaltliche Gestaltung des neuen Schwerpunktes zu erarbeiten. Im Anschluss erfolgt die Darstellung des Projektes.

Zur Vorbereitung des neuen Ausbildungsschwerpunktes "Regenerative Energien" im Rahmen der Weiterbildung zum/zur Techniker/in für Elektrotechnik war es für die Fachschule

notwendig, sich mit dessen inhaltlicher Vielfalt und den hieraus resultierenden Themenstellungen auseinander zu setzen. Hierbei waren die Vorgaben der Thüringer Fachschulordnung und die Struktur der Fachschulausbildung im Freistaat Thüringen zu berücksichtigen.

Folgende Fragestellungen waren dabei leitend:

- Welche Inhalte sind relevant für die Weiterbildung zum/zur Techniker/in für Elektrotechnik mit dem Schwerpunkt "Regenerative Energien"?
- Wie sind die Themenbereiche curricular zu strukturieren und wie k\u00f6nnen die identifizierten Inhalte didaktisch-methodisch f\u00fcr den Unterricht aufbereitet werden?
- Welche Inhalte, die für die spätere berufliche Tätigkeit besonders relevant sind, fördern welche Kompetenzen in besonderer Weise?
- Ist es erforderlich, die so genannten fachrichtungsspezifischen Grundlagen im Hinblick auf die zu konzipierende Spezialisierungsrichtung "Regenerative Energien" inhaltlich und im Unterrichtsumfang neu auszurichten oder wäre es gar zweckmäßig, ein neues fachrichtungsspezifisches Grundlagenfach einzuführen und welches Stundenvolumen wäre hierfür erforderlich?
- Wie ist der z. Z. gültige Rahmenlehrplan Elektrotechnik zu verändern

bei Beibehaltung des Gesamt- und Fächerstundenvolumens?

Die bilanzierende Antwort auf den Fragenkatalog führte zu der Einsicht, dass es sinnvoll und zweckmäßig ist, zwei für den neuen Schwerpunkt relevante und inhaltlich vollkommen neue Lernbereiche zu konzipieren.

Hierzu ist der Thüringer Lehrplan für die Fachschule (Fachrichtung Elektrotechnik) durch ein neu zu bestimmendes Spezialisierungsfach für den Schwerpunkt "Regenerative Energien" und ein fachrichtungsspezifisches Lerngebiet Bauphysik zu ergänzen.

Bei der Modifikation des Lehrplans wird insbesondere ein fächerübergreifender Ansatz zu Grunde gelegt. Somit bleibt das Ziel der Weiterbildung, Lernen an betriebliche Arbeitsprozesse zu binden und berufliche Handlungskompetenz zu erwerben und zu fördern handlungsleitend für den Entwurf des Lehrplans. So erforderte die Neuerarbeitung in großem Umfang eine Abstimmung mit Vorgaben und betrieblichen Arbeitsanforderungen bei gleichzeitiger Fortbildung der Lehrkräfte.

Der starke Praxisbezug des neuen Schwerpunktes wirkt sich auch auf die Struktur des Unterrichts aus. Laborphasen mit einem Umfang von 100 Stunden sind in 140 Stunden Unterricht im konventionellen Klassenverband eingebettet. Dabei sind die Inhalte der

Laborphasen direkt auf die Anforderungen, um nicht zu sagen Aufträge, des industriellen Kooperationspartners ausgerichtet, was sich sowohl didaktisch als auch methodisch im Sinne einer Projektbearbeitung auswirkt. Insbesondere der ausgedehnte Laborunterricht führt zu einer Verbindung der einzelnen Fächer. In Zusammenarbeit und anhand von Aufträgen von Unternehmen der Solarwirtschaft arbeiten die Studierenden sehr selbstständig. wissenschafts- und erkenntnisorientiert. Dies führt im Verlaufe ihrer "Forschertätigkeit" - ein Begriff, der sich bei den Studierenden und bei den Lehrkräften eingebürgert hat - zu praxisrelevanten Ergebnissen, die auch zu einer Kenntniserweiterung, vor allem im Bereich physikalischer Grundlagen, beitragen.

### Sächliche Voraussetzungen für den neuen Schwerpunkt

Es gibt mittlerweile eine Reihe von Beispielen für die Zusammenarbeit von Fachschulen und Unternehmen sowie von Fachschulen und Hochschulen im Bereich des sog. Versuchsfeldes.1 Kern dieser Projekte ist, dass Fachinhalte durch experimentelle Tätigkeiten weitestgehend selbstständig erarbeitet werden. Für die Weiterbildung zum/r "Staatlich geprüften Techniker/in", vielfach konzipiert als rein theorieorientierte Bildungsform, bedeutet dies u. a. die Schaffung und Entwicklung moderner Laboreinrichtungen. So mussten auch in dem hier vorgestellten Fall vorhandene Laboreinrichtungen neugestaltet und passend zu den erweiterten Bildungsinhalten modernisiert werden. Wesentlich für das im Folgenden vorzustellende Beispiel war. dass ein neues Labor mit Technik zur Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien zur Verfügung stand. Durch Kooperation mit Partnern der Industrie, namentlich den Firmen Boreas Energie GmbH, Bosch Thermotechnik GmbH, Buderus Deutschland und AZUR Solar GmbH, die die Technik weitgehend kostenlos zur Verfügung stellten, konnten ein Blockheizkraftwerk der neuesten Generation, eine Wärmepumpe (Luft-Luft) und neu entwickelte Photovoltaikmodule in das Labor integriert werden. Die Unternehmen, die die Ausbildung in dem neuen Schwerpunkt "Regenerative Energien" materiell unterstützen, haben von Beginn an betont, dass die Kooperation mit der Fachschule für Technik für beide Seiten von Nutzen sein soll. Dies bedeutet aber auch, dass Ergebnisse erwartet wurden, die von den Unternehmen sofort praxiswirksam angewendet werden können. Für die Unterrichtsdurchführung ergab sich daraus die Anforderung, dass er den Erfordernissen der technischen Entwicklung entsprechen und sich entsprechend den externen Anforderungen entwickeln muss, um die Kooperation mit den unterstützenden Firmen bei sich ändernden Anforderungen fortzuführen und den Studierenden ein Höchstmaß an Kompetenzen zu vermitteln. Bereits die Installation der neuen Technik und die Inbetriebnahme wurden durch die Studierenden im Fach Projektarbeit durchgeführt. Hierdurch konnten sich die Studierenden nicht nur mit ihren Vorstellungen in die sächliche und inhaltliche Gestaltung der Labore einbringen, sondern entwickelten gleichzeitig ein Gefühl für Grenzen und Möglichkeiten ihrer neuen Lernumgebung.

### Integration eines "Forschungs"-Auftrages

Die bereits erwähnte Firma AZUR Solar verband ihr Engagement mit der Vergabe von drei, wie sie es nannte, Forschungsaufgaben an die Fachschule für Technik Mühlhausen. Jeder dieser Aufträge wurde von jeweils einer studentischen Arbeitsgruppe im Rahmen des Faches "Projektarbeit" bearbeitet. In der Regel gehörten einer Projektgruppe sechs Studierende an.

Folgende Aufträge sollten bearbeitet werden:

- Optimierung des Energiehaushaltes von Schulen unter Berücksichtigung von selbsterzeugtem Strom (Projekt Eigenstromnutzung),
- Vergleich von Leistungsträgern bei beschichteten und unbeschichteten sowie poly- und monokristallinen Photovoltaik-Modulen (Projekt 2P),
- Vergleich von Leistungsträgern der Solarfolie bei unterschiedlichen Strukturen der Befestigungsoberfläche sowie unterschiedlicher Ausrichtung des Photovoltaik-Generators (Projekt 2F).

Wesentlich für die experimentelle Bearbeitung der Aufgabenstellungen war die Erarbeitung eines systematisch-methodischen Ansatzes zur Erforschung der vorgegebenen Sachverhalte durch die Studierenden. Den Anfang machten umfangreiche Analysen zum Stand der Technik kristalliner und amorpher Photo-Voltaik-Module (PV-Module). Diese Vorarbeiten konnten dann durch die Arbeitsgruppen in experimentellen Untersuchungen an Versuchsanlagen in firmenverwertbare Erkenntnisse umgesetzt werden.

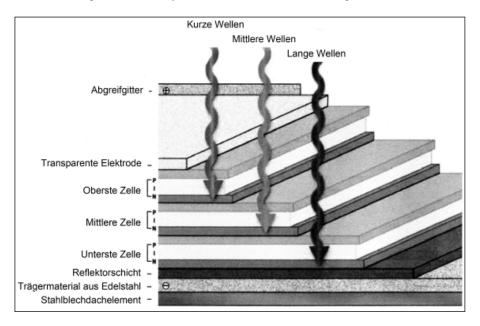


Abb. 1: Aufbau einer Dreischichtsolarzelle/"Triple Junction" Technologie (Quelle: UNI-SOLAR, www.uni-solar.com 2010)

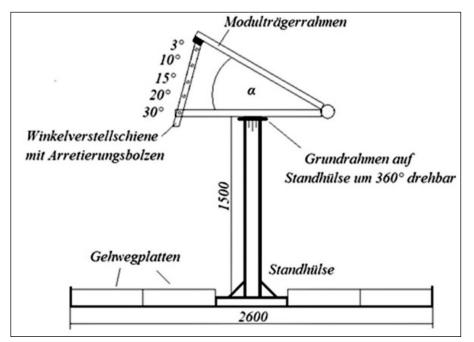


Abb. 2: Schematischer Aufbau des Sonnensegels

#### Ergebnisse des Projekts "2F"

Die Möglichkeit, Photovoltaikanlagen auf Dachflächen zu errichten, ist von der statischen Dachlast der Gebäude abhängig, wodurch viele mögliche Dachflächen nicht genutzt werden können. Hieraus entstand für die Firma AZUR Solar der Anspruch, diese Dachflächen durch ein neuentwickeltes Photovoltaikmodul nutzbar zu machen. Ergebnis dieser Entwicklung ist das Produkt AZUR 2F, ein amorphes, flexibles Folien-Modul, dessen praktische Erprobung im Fokus des Projekts stand. In Vorgesprächen zwischen den Studierenden und Vertretern von AZUR Solar wurden folgende Teilaufgaben formuliert:

- Recherche zum Stand der Entwicklung von Photovoltaik-Modulen,
- Erstellung eines Versuchsaufbaus und experimentelle Untersuchungen der Leistungsfähigkeit in verschiedenen Einsatzszenarien, Untersuchung der Verschmutzungsanfälligkeit.
- Aufnahme von Messdaten unter realen Bedingungen und Auswertung,
- Vorschläge zur Optimierung des Einsatzes bzw. neue Einsatzfelder aufzeigen.

Die vorangestellte Recherche hatte zwei grundlegende Zielstellungen:

- (1) Verständnis über den Aufbau von Solarzellen und die verschiedenen Technologien der Nutzung des einfallenden Lichtspektrums zu entwickeln. (2) Die auf dem Markt befindlichen Technologien miteinander zu vergleichen, um Vor- und Nachteile herauszustellen. Gegenstand der Untersuchungen waren daher auch weitere Anbieter von flexiblen Folienmodulen und deren für diesen Zweck verwendeten Solarzellen. Als Ergebnis der Recherche lassen sich folgende Aussagen zusammenfassen:
- Hauptsächliche Verwendung in der Erstellung von flexiblen PV-Generatoren finden Solarzellen der Firma UNI-SOLAR basierend auf der "Triple Junction" Technologie. In Dreischichtzellen werden die verschiedenen Wellenlängen des einfallenden Lichtes in drei Schichten aus amorphem Silizium ausgenutzt. Durchschnittliche Leistungen von ca. 60 W/m² bei einem Wirkungsgrad von 13 % werden erzielt. Die Weiterentwicklung der "Triple Junction" Technologie erlaubt Wirkungsgrade von bis zu 35 %, deren praktische Realisierung erfolgt.
- Die Verwendung amorphen Siliziums erfolgt in sehr dünnen Schichten, wodurch Ressourcen gespart werden. Das sehr gute Schwachlichtverhalten trägt dazu bei, dass auch bei sehr diffusen Lichtverhält-

- nissen noch gute Wirkungsrade erzielt werden können.
- Neueste Entwicklungen der PV-Generatoren basieren auf CIGS-Schichten von ca. 1,5 µm Dicke, wohingegen heutige Siliziumschichten in der Regel eine Dicke von ca. 150 µm aufweisen.² Mit CIGS-Schichten konnten in Versuchen bereits Wirkungsgrade von ca. 20 % realisiert werden. Weiteres Augenmerk bei der Entwicklung liegt auf Erstellung organischer Solarzellen, die äußerst effizient, flexibel und leicht sein werden.

Gleichzeitig zur Recherche wurde die experimentelle Untersuchung der PV-Generatoren vorbereitet. Die Aufgabenstellung, die Erträge unter Berücksichtigung verschiedener Einsatzgebiete zu vergleichen, erforderte einen flexiblen Versuchsaufbau. Um bei gleichen Einstrahlungswerten in kürzester Zeit acht Azimute und fünf Anstellwinkel erfassen zu können, musste ein um 360° drehbarer Versuchsaufbau konstruiert werden. Zusätzlich bestand die Anforderung darin, zwei verschiedene Montagevarianten in Form eines Flachdaches und in Form eines Wellendaches nebeneinander zu gewährleisten, um vergleichbare Aussagen für die gewählten Einstellungen zu erhalten. Das aus den konstruktiven Überlegungen entstandene Sonnensegel wurde ohne störende Einflüsse durch Gebäude und Bäume installiert und in Betrieb genommen.

Die Erfassung der Messdaten erfolgte, nach einer Erprobungsphase im Januar, über zwei volle Monate von Februar bis März. In diesem Zeitraum wurden dreimal täglich Datensätze, bestehend aus je 80 Messwerten, erfasst. Für die Erfassung der Mess-



Abb. 3: Sonnensegel mit Installation, Flach und Welle

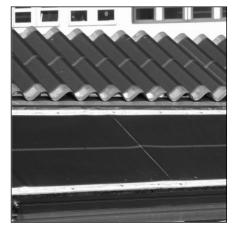


Abb. 4: Sonnensegel mit Installation im Detail, Flach und Welle

daten wurde von der Firma AZUR Solar ein Hochleistungsmessgerät PVPC 1000C zur Verfügung gestellt. Das PVPM 1000C erfasst in kürzester Zeit die Strom-Spannungs-Kennlinie an Photovoltaik-Einzelmodulen oder einem String durch die kapazitive Last und berechnet hieraus die effektive Solarzellen-Kennlinie. Gleichzeitig werden die Temperatur und Einstrahlung erfasst, um die aufgenommenen Werte auf den Standard der STC-Bedingungen umzurechnen.3 Der flexible Aufbau des Sonnensegels ermöglichte es, die gesamten Messungen für die veränderten Neigungen und Azimute in einem Zeitrahmen von 20 Minuten durchzuführen. Veränderte Einstrahlungsbedingungen durch zeitliche Differenz in den Messungen, resultierend aus der Messdatenerfassung und -auswertung sowie aus der Verstellung des Versuchsaufbaus, konnten somit ausgeschlossen werden.

Zur Auswertung der erfassten Messdaten wurde ein Programm entwickelt, das die Möglichkeit bietet, verschiedene Einsatzsituationen der PV-Generatoren miteinander zu vergleichen. Von entscheidender Bedeutung hierfür war, dass die Daten importiert und exportiert werden können und eine aussagefähige Darstellung in Form eines Diagramms erfolgt.

Nach Auswertung aller Messdaten und Vergleich der Einsatzbedingungen "Flach" versus "Welle" lässt sich eindeutig feststellen, dass eine Montage in Form der Welle nicht attraktiv ist. Die durch die Eigenverschattung entstehenden Verluste und der geringere Wirkungsgrad durch den ungünstigeren Lichteinfall (optimal 90° für Welle nicht gegeben) ergeben einen Verlust von ca. 33 % gegenüber der Flachinstallation bei optimaler Sonneneinstrahlung (minimale Eigenverschattung). Die somit über den gesamten Tagesverlauf zu erwartenden Verluste werden deutlich darüber liegen.

Die Untersuchungen der Verschmutzungsanfälligkeit wurden an einer ge-

sonderten Installation auf dem Dach des Schulgebäudes durchgeführt. Hierfür wurden 20 PV-Generatoren, die mit Teflonbeschichtung versehen sind, unter einem Anstellwinkel von 3° in südlicher Ausrichtung montiert. Durch die Teflonbeschichtung soll für die PV-Generatoren eine Selbstreinigungswirkung durch Wind bzw. Regen erzielt werden. Über einen Zeitraum von November bis März wurden die Einspeisedaten erfasst und die Auswirkungen von Verschmutzungen der PV-Folien untersucht. Die Installation und die gewonnenen Daten wurden parallel für das Projekt Eigenstromerzeugung genutzt, wodurch ein reales Einsatzszenario realisiert und die Verschmutzungen in den Erträgen erkennbar wurden.

Als Ergebnis der Langzeituntersuchung wurden folgende Erkenntnisse gewonnen:

- Die Teflonbeschichtung hat für eine Installation unter einem Anstellwinkel von 3° kaum Auswirkungen auf die Verschmutzung. Eine Selbstreinigungswirkung wird kaum erzielt und es müssen je nach Einsatzbedingungen bzw. den örtlichen Gegebenheiten Reinigungszyklen eingehalten werden. Die Reinigungszyklen sind von den vorherrschenden Umwelteinflüssen und der Verschmutzung der Umgebung abhängig.
- Besonders starke Verschmutzungen sind nach winterlicher Schneebedeckung festzustellen. Die im Schnee eingeschlossenen Verschmutzungen setzen sich nach Tauwetter konzentriert auf den PV-Generatoren ab, sodass eine Reinigung im Frühjahr unbedingt zu empfehlen ist.
- Aus dem Vergleichsversuch Welle versus Flach lässt sich erkennen, dass ein erhöhter Anstellwinkel den Selbstreinigungseffekt positiv beeinflusst. Jedoch lassen sich auf Grund der ständigen Veränderung der Neigung im Versuchsaufbau keine gesicherten Daten ableiten. Wichtig zu erwähnen ist, dass die Ergebnisse aller Themenstellungen dokumentiert worden sind und ihren Niederschlag in betrieblichen Unterlagen gefunden haben. Die Untersuchungsergebnisse dienen aber nicht nur den betrieblichen Koope-

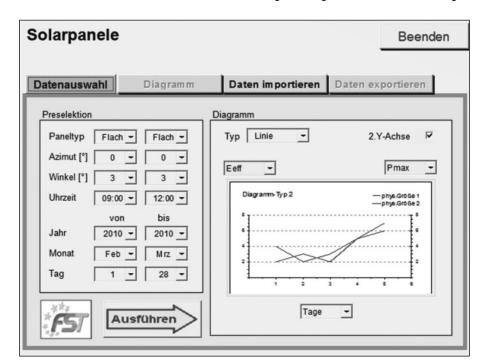


Abb. 5: Eingabemaske Programm: Auswertung der Messdaten

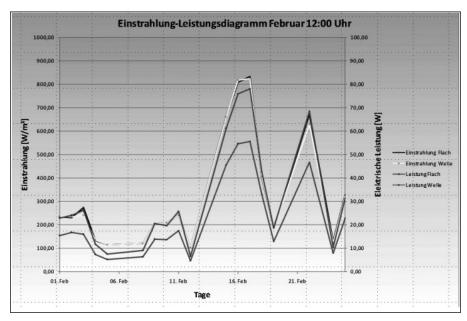


Abb. 6: Diagrammauswertung

rationspartnern. Da die installierten PV-Generatoren am Schulstandort verbleiben und damit die Einspeisung der photovoltaisch erzeugten elektrischen Energie in das öffentliche Netz realisiert werden konnte, entsteht auch für den Schulträger ein monetärer Effekt, indem die Energiekosten in nicht unerheblichem Maß reduziert werden.

Für das neue Studienjahr sind bereits wieder drei Aufträge an die Studierenden ausgegeben worden, die sich ebenfalls mit Untersuchungen an Photovoltaik-Modulen, der Erarbeitung von Laborversuchen und Windkraftanlagen beschäftigen.

#### Zusammenfassung

Der erfolgreiche Abschluss des ersten Ausbildungsjahrganges der Fach-

Flach zu Welle

→ Messwerte 22.02.2010

→ U<sub>Pmax</sub> = 310,27 V

→ I<sub>Pmax</sub> = 0,22 A

→ P<sub>max</sub> = 68,47 W

→ 1 = 5.99%

Flach

Flach

Welle

Abb. 7: Vergleich: Installation Flach
- Installation Welle

richtung Elektrotechnik Schwerpunkt "Regenerative Energien" zeigt, dass der eingeschlagene Weg richtig ist und konsequent weiter verfolgt werden muss. Überaus positive Reaktionen von den betrieblichen Kooperationspartnern und die hervorragenden Chancen der Studierenden auf dem Arbeitsmarkt bestätigen, dass die Gestaltung dieses Schwerpunktes erfolgreich begonnen wurde. Die inhaltliche Ausformung des Schwerpunkts stellt für alle an der Technikerausbildung beteiligten Personen sowie Institutionen eine große Herausforderung dar. Gerade hierin liegt eine große Chance, berufliche Weiterbildung zu gestalten, da nicht Vorgaben aus Ordnungsmitteln, sondern tagesaktuelle praxisrelevante Anforderungen in die Jahrescurricula einfließen. Die Zielsetzung, berufliche Handlungskompetenz zu entwickeln, wird durch die Realsitua-

> tion, wie sie ein industrieller Auftrag darstellt, in bester Weise unterstützt. Gleichzeitig zeigt sich, dass eine Orientierung an den betrieblichen Arbeitsanforderungen unumgänglich ist. Der an der Fachschule für Technik eingeschlagene Weg intensiver Kooperation zwischen Technikerschule und Industrie wird konsequent weiterentwickelt. Dies ist darüber hinaus eine gute Chance für die Studierenden, schnell in die Welt ihrer potenziellen Arbeitgeber integriert zu

werden und neue Herausforderungen kompetent bewältigen zu können.

#### Anmerkungen

- 1 Informationen hierzu sind unter bakfst@bag-metalltechnik.de unter dem Stichwort "U+" in Vorbereitung.
- 2 CIGS (auch CIGSSe oder CIS) steht für Cu(In,Ga)(S,Se)2 und ist eine Dünnschichttechnologie für Solarzellen und steht als Abkürzung für die verwendeten Elemente Kupfer, Indium, Gallium, Schwefel und Selen (engl. copper, indium, gallium, sulfur, and selenium).
- 3 Die Einstrahlung der Sonne ist keine konstante Größe, sondern unterliegt starken Schwankungen im Tages- und Jahresverlauf. Um dennoch eine Vergleichbarkeit der elektrischen Kennwerte von Solarzellen und Solarmodulen zu ermöglichen, wurden die so genannten Standard-Test-Bedingungen (STC, engl.: standard-test-condition) entwickelt.



Abb. 8: Installation 20 PV-Generatoren, Anstellwinkel 3°, südliche Ausrichtung zur Prüfung der Verschmutzungsanfälligkeit

#### Daniela Reimann/Werner Fütterer/Sebastian Biefang

## Kreativer Einsatz interaktiver Tafeln in Bildungsprozessen

### Do-it-yourself-Whiteboards als mediendidaktischer Ansatz

Interaktive Tafeln verbinden den physischen Handlungsraum mit dem digitalen Raum des Computers mittels Tangible Media, begreifbarer Interfaces. Der Einsatz interaktiver Whiteboards erfolgte in Deutschlands Schulen zögerlicher als auf internationaler Bühne und wird bundesweit unterschiedlich gehandhabt. Der systematische Einzug der Whiteboards wurde u. a. im Rahmen der Neuausstattung von Schulen und Initiativen einzelner Bundesländer vorangetrieben. Auf der Seite der Lehrkräfte ist die praktische Medienkompetenz unterschiedlich entwickelt, häufig werden digitale Medien negativ konnotiert. Daran anknüpfend wird in dem Beitrag versucht, anhand von exemplarischen Arbeiten Bezüge zu Nutzungsaspekten interaktiver Tafeln herzustellen, die als motivationale Faktoren in der fächerübergreifenden Lehrerbildung fruchtbar gemacht werden sollen. In dem vorliegenden Beitrag wird das Thema der individuellen und oftmals nachvollziehbaren Abneigungen und Vorurteile von Lehrkräften bezüglich dieser interaktiven Tafeln aufgegriffen, um diese zu entkräften und neue Möglichkeiten des kreativen Umgangs jenseits traditioneller Gebrauchsanweisungen damit aufzuzeigen. Als exemplarisches Beispiel dienen dabei selbst erstellte, kostengünstige Do-It-Yourself -Whiteboards die mittels Wiimote-Controler von Lehrern und Schülern entwickelt werden können.

## Interaktive Tafeln in Bildungsprozessen

## Einzug interaktiver Tafeln in die Schulen

Anders als in Großbritannien, wo es bereits an den meisten Schulen interaktive Tafeln gibt, haben in Deutschland viele Lehrkräfte an Schulen (und Hochschulen) Hemmungen, diese Whiteboards einzusetzen (vgl. Schultz/Tafferts-HOFER 2009, S. 40). Der systematische Einzug interaktiver Tafeln wurde in Deutschland nicht einheitlich, sondern im Rahmen der Neuausstattung von Schulen und Initiativen einzelner Bundesländer vorangetrieben. In Hamburg wurden interaktive Tafeln bereits systematisch und flächendeckend an den allgemein bildenden sowie beruflichen Schulen eingeführt, der Prozess soll im Jahr 2010 abgeschlossen werden. Die Whiteboards sollen dort weitgehend die herkömmlichen Kreidetafeln ersetzen. Im vorliegenden Ansatz wird die interaktive Tafel als Erweiterung (Extension) und Bereicherung in Lernprozessen verstanden, weniger als ein Ersatz für herkömmliche Medien und ohne dabei die sinnlich-haptischen Dimensionen in Vermittlungsprozessen einzubüßen.

Berufliche Handlungsfähigkeit wird als allgemeines Ziel der Lehreraus- und -fortbildung verstanden. Bereits vor Einführung neuer Technologien an Schulen sollen Lehrerinnen und Lehrer befähigt werden, Medientechnologien kompetent zu nutzen, sie kreativ für Unterrichtsvorhaben zu konzipieren, sie aktiv zu gestalten, ihre Potenziale zu erforschen, ihre Wirkungen zu initiieren sowie ihre Nebenwirkungen für Schülerinnen und Schüler einzuschätzen. Interaktive Tafeln wurden bereits weitgehend in Schulen eingeführt, ohne diesen Qualifikationsbereich in die Lehrerbildung zu integrieren. Dies gilt sowohl für die allgemein bildenden als auch für die beruflichen Schulen. Der fehlende Wissenstransfer zwischen Herstellern, Fortbildungsanbietern und Hochschulen zieht einen Fortbildungsbedarf nach sich, muss dementsprechend durch die Entwicklung spezifischer Lehr-Lernkonzepte ausgeglichen und nachhaltig in Schulen und Hochschulen implementiert werden. Die von den Lehrenden oftmals negativ konnotiert wahrgenommene Technologie erfordert die Förderung von Medienkompetenz der Lehrkräfte im Umgang mit der Technologie sowie die Entwicklung geeigneter Unterrichtsszenarien durch die Lehrenden und ästhetisch reizvoller Kontexte, die als Motivatoren geeignet sind, das nachhaltige Interesse der Lehrenden zu wecken und Einsatzformen von Whiteboards kompetent zu initiieren.

Im Bildungsbereich bereits Anfang der Neunziger Jahre eingeführt, um Einsatzmöglichkeiten in pädagogischen Prozessen zu erproben, befanden sich vereinzelte Geräte zunächst vornehmlich im Bereich der betrieblichen Weiterbildung sowie an Hochschulen. Konzepte zur kreativen Nutzung dieser anfassbaren Medientechnologie wurden in der Lehrerbildung bisher kaum thematisiert, noch für anschauliche. haptisch erfahrbare Lernprozesse im Sinne eines Verstehens durch Begreifen reflektiert. Das Potenzial von Tangible Media mit der Verbindung von virtuellen und real-physischen Lernräumen (Mixed Reality) setzt hier an. (vgl. REIMANN 2006, S. 108).

## Mehrwert interaktiver Tafeln für Bildungsprozesse

Interaktive Tafeln erweitern den schulischen Handlungsraum. An dieser Stelle sollen die verwendeten Begriffe "Whiteboard" und "Smartboard" näher erläutert werden. Unter einem Whiteboard ist eine Tafel, die man als Weiterentwicklung der traditionellen Kreidetafel bezeichnen könnte, zu verstehen. Die Firma Smart Technology entwickelte bereits 1991 interaktive Tafeln, so genannte Smartboards, die mit einem USB-Kabel an einen Computer angeschlossen werden und durch die mitgelieferte Software interaktive Anwendungen unterstützen. Die mitgelieferte Software ermöglicht das Application-Sharing, d. h., verschiedene Nutzer können miteinander an einer Datei arbeiten, z. B. zeichnen oder schreiben. Dabei handelt es sich um eine Multiuser-Echtzeit-Anwendung, die auf dem Computerbildschirm gemeinsam erstellt oder bearbeitet wird.

Interaktive Whiteboards ermöglichen durch die spezifische Software das Speichern und damit das Bereithalten der erstellten Dateien, was in Bezug auf schulische Lernprozesse die Möglichkeit des Aufbewahrens der im Unterricht erstellten Tafelbilder bedeutet. Dieses ist eine Bereicherung, die ein generelles Merkmal interaktiver Tafeln darstellt und die dementsprechend grundsätzlich für alle Unterrichtsfächer als Erweiterung nutzbar ist.

Auf Ebene der Hardware genießen interaktive Whiteboards (z. B. das Smartboard) teilweise den Ruf, einerseits für die durchschnittliche Klassengröße im Frontalunterricht zu klein und außerdem zu kostenintensiv für Schulen zu sein. Der Kostenfaktor ist ein berechtigter Kritikpunkt, der allerdings angesichts aktueller Entwicklungen in der Mensch-Maschine-Interaktion mit erweiterten Low-Cost-Schnittstellen und Systemen, wie sie insbesondere von JOHNNY CHUNG LEE (2008) vorgestellt und zum freien Download zur Verfügung gestellt wurden, als ausgeräumt gelten kann. Basierend auf seiner Entwicklungsarbeit im Bereich von Hard- und Software verbreitete er den Prototyp eines Infrarot-Stifts, der gerade bei Schulen mit ihrem geringen Budgets eine Chance auf Nutzung interaktiver Tafeln bietet. Der Kritikpunkt, die Geräte seien aufgrund ihrer Größe für den Frontalunterricht ungeeignet, soll in diesem Beitrag zugunsten neuer Lernkonzepte entkräftet werden, indem die Technologie zur Überwindung alter pädagogischer Unterrichtsmethoden genutzt wird.

Die herkömmliche Kreidetafel wird im Unterricht weitgehend prozesshaft eingesetzt, indem sie regelmäßig abgewischt werden muss, um neu beschrieben werden zu können. Nur die Löschung ermöglicht also hier das kontinuierliche und fortlaufende Sichtbarmachen von neuen Lerninhalten und Informationen durch das Medium Tafel. Auf Ebene der Zeit und der temporären Existenz der Kreidetafelbilder liegt das Hauptcharakteristika her-

kömmlicher Tafeln begründet. Hierin besteht der wesentliche Unterschied zum interaktiven Whiteboard: Inhalte, die an der Tafel erscheinen, können abgespeichert, on- (und off-)line bereit gehalten, versendet und vernetzt werden.

#### Kreidetafeln und interaktive Whiteboards in der Schule

In der Schule befindet sich die Kreidetafel üblicher Weise meist im Zentrum von Unterricht und Klassenraum. Im Kontext von schulischem Lernen kann die Kreidetafel auch ein verbindendes Element darstellen, das Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte sozusagen um die Tafel herum zusammenführt. Sie befindet sich zentral im Fokus des Klassenraums und wird damit zu einem wesentlichen Teil der traditionellen Lernumgebung und einem Ort der Aufmerksamkeit schulischer Unterrichtsprozesse. So diente die Schultafel traditionell nicht nur der Darstellung und Visualisierung von Lerninhalten, sondern vor allem auch der Leistungskontrolle und -abfrage. Für den Lehrer stellt sie neben ihrer Funktion als Informationsträger auch ein Kontrollwerkzeug dar. Die Tafel wird oftmals als ein Erziehungsmittel der Schülerdisziplinierung erinnert. Die Kreidetafel stellt(e) ein Werkzeug der Kontrolle des Lehrenden dar, Lob und Tadel zu erteilen, indem Schülerinnen und Schüler an der Tafel Aufgaben lösen mussten und vor den Mitschülern entsprechend gelobt oder getadelt wurden. Die Schultafel ist ein emotional besetztes Objekt, das sich in unsere Erinnerungen an Schule und unsere Vorstellungen von Unterricht und Lernen geradezu eingeschrieben hat. Heimlich im Unterricht mitgeschnittene und im Internet publizierte Schülervideos dokumentieren detailliert Fälle der Belustigung durch das Vorführen einzelner Schüler an der Tafel.<sup>1</sup>

Psychologische Aspekte dieser Unterrichtspraxen sollen in diesem Beitrag nicht betrachtet werden. Der Hinweis darauf liefert aber ein Argument für die Notwendigkeit, positive Konnotationen des Mediums Tafel bei der Erstellung von Lernmaterial für Fortbildungsvorhaben aufzuzeigen. Digitale Medientechnologien werden noch immer und aus unterschiedlichen (und nachvollziehbaren) Gründen von Lehrkräften unter Ablehnung wahrgenommen, was

oftmals mit der Befürchtung eines zusätzlich erforderlichen Fortbildungsbedarfs sowie allgemeinen Ängsten vor der eigenen Unfähigkeit der kompetenten Handhabung dieser neuen Technologien mit sich führt. Im Bild der interaktiven Tafel summieren sich im ungünstigsten Fall folglich die negativen Konnotationen beider Felder: das der digitalen Medien sowie das der Tafel als ein negativ behaftetes Kontrollwerkzeug.

## Tafeln in der Kunst – zur Poesie der Kreidetafel

#### Kritzelzeichnungen und Tafelkunst

Die ganzheitliche sinnliche Wahrnehmung des Menschen unter Einbeziehung einer Vielzahl von Sinneskanälen wird im Bereich der Kunstrezeption und -produktion in besonderer Weise realisiert. Darüber hinaus ermöglichen ästhetische Zugangsweisen das Erschließen von Wissensräumen unterschiedlicher Komplexität. Davon ausgehend, dass jedwede Erfahrung ästhetischer Natur ist (DEWEY 1932, S. 278) und künstlerische Denk- und Handlungsprozesse generell neue Erfahrungsräume eröffnen können, sollen die Motivation und das Interesse geweckt werden, sich mit dem Thema interaktive Tafeln kreativ auseinander zu setzen. Bevor interaktive Tafeln genauer untersucht werden, werden zunächst die Bedeutung und die Position der traditionellen Schultafel in Unterrichtsprozessen thematisiert.

Die herkömmliche (Schul-)tafel assoziiert das Schreiben, Graphieren, Dokumentieren, das Zeichnen, Malen und Kritzeln von Denk- und Handlungsprozessen - das Visualisieren von Modellen auf einem flachen, abwischbaren Grund. Auch künstlerische Ansätze, die sich, wie z. B. bei Cy Twombly2 aus Kritzelzeichnungen entwickelten, thematisieren die Kreidetafel durch die Wirkung der bildnerischen Mittel, z. B. in der Arbeit "Panorama" 1954 (VARNE-DOE 1994, S. 91) sowie "Nightwatch" (1966), obgleich TWOMBLY auf Leinwand arbeitete, anstatt eine Tafel zu verwenden. Seine als "Inschriften in Arcadia" (vgl. VARNEDOE1995, S. 7) betitelten Arbeiten erinnern an von Kinderhand mit teils krakeliger Schrift beschriebene, graffitiartige Schultafeln, teilweise hervorgehoben durch den grauen oder grünlichen Grund, der an

Schiefer oder an das Tafelgrün modernerer Schultafeln erinnert. Dieses wird durch die teils rhythmisch geschwungenen, immer selben Linien, die an die Schwingübungen des Buchstaben L von Erstklässlern erinnern, unterstützt. Twomblys Stil ist geprägt von kritzelnden, suchenden Linien, ohne die geschlossenen biomorphen Formen früherer Arbeiten aufzunehmen: "Mit nervösen, linkischen, krakeligen und zugleich sensiblen, zarten, schwebenden und tanzenden Linien erforscht Twombly die Vielfalt der graphischen Ausdrucksmöglichkeit der Schrift." (Neue Nationalgalerie Berlin, Blatt 1)3. Trotz der Verwendung von Schriftzeichen und Begriffen wird der Betrachter auf das Sehen des Bildraums - im Gegensatz zum Lesen - verwiesen. Das Bild versperrt sich dadurch dem auf Bedeutung angelegten, wiedererkennenden Sehen des Betrachters, das Gegenstände zu identifizieren sucht. Gleichzeitig wird der ausschließliche Zugang zur Erfassung des Werks über sprachliche Begriffe - und die oft mythologischen Assoziationen - weitgehend verwehrt. Dagegen scheint sich eine Poesie der Kreidetafel zu konstituieren (s. Abb. 1).

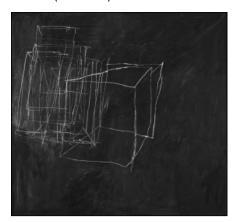


Abb. 1: CY TWOMBLY, O.T. 1967

Interessant für den Kontext von Unterricht ist dabei der prozesshafte Moment der Arbeiten, der viele Schichten von Zeichen und Graphen sichtbar macht, "als seien sie über einen längeren Zeitraum hinweg durch immer wieder neu hinzukommende Markierungen langsam zugedeckt worden" (Neue Nationalgalerie Berlin, Blatt 1).<sup>3</sup> An dieser Stelle soll auch auf die sinnlichen Aspekte der Arbeiten hingewiesen werden, da sie ästhetisch reizvolle Phänomene der Faszination darstellen können, die für Bildungsprozesse

nutzbar gemacht werden sollen. So zeigen sich die Materialität von Farbe und die graphischen Spuren der Überlagerung, des Übermalens bzw. Überschreibens als sinnliche prozesshafte Phänomene.

#### Künstlerisch konzipierte interaktive Tafeln im Kontext von Tangible Media

Frank Fietzeks interaktive Installation "Die Tafel" von 1993 (s. Schwarz 1997, CD-ROM) basiert auf einer realen Tafel (chalkboard) und einem auf Schienen beweglichen Computermonitor, die mittels einer Makromedia-Director-Anwendung gesteuert werden (Abb. 2). Bewegt der Nutzer den Monitor an der Tafel entlang, erscheinen Begriffe und Wortfolgen auf dem Bildschirm, die auf der Tafel nicht zu sehen sind, und verschwinden anschließend wieder. Die Worte sind mit Kreide auf die Schultafel geschrieben (vgl. Schwarz 1997, S. 104 ff.).

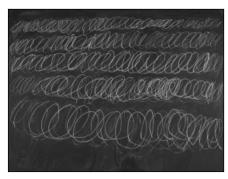


Abb. 2: Cy Twombly: Nightwatch, 1966

Nicht nur, dass die traditionelle Schultafel hier mit interaktiven Medien zusammengebracht wird, wodurch neue Verhaltensweisen entstehen und der experimentelle Umgang mit Begrifflichem in Zusammenspiel mit dem technologischen System eine Poesie der Tafel entstehen lässt, ist an der Arbeit für diesen Beitrag von Bedeutung. Es ist der spielerische Ansatz im Umgang mit der Lernumgebung Tafel und den temporären schulischen Informations- und Wissensräumen, den die Installation präsentiert und interaktiv erfahrbar werden lässt. Das kreative Spiel mit Wörtern und der experimentell-künstlerische Umgang damit könnten, in schulischen Lernprozessen angewandt, nicht nur im Fach Deutsch bzw. in den Sprachen zu neuen Lernkonzepten führen. Im Unterrichtsprozess müsste die Anwendung allerdings die aktive Gestaltung der begrifflichen Inhalte des Systems durch die Lehrkraft beinhalten. Die scheinbare Beliebigkeit der Wortfolgen in der Installation wäre damit aufgehoben und könnte für Lernprozesse spezifisch und systematisch für das jeweilige Thema fruchtbar gemacht werden.

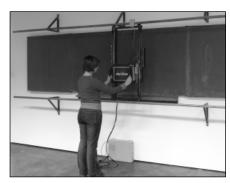




Abb. 3 und Abb. 4: FRANK FIETZEKS interaktive Installation "Die Tafel" (1993)

Die Einsatzmöglichkeiten der neuen interaktiven Tafeln reichen vom Gebrauchsgegenstand bis zum Objekt der Kunst. An der Schnittstelle zwischen Kunst, Design, Medieninformatik und -gestaltung entwickeln Künstler, Ingenieure, Designer und Wissenschaftler begreifbare Projektionsflächen, die das Konzept von Tangible Media<sup>4</sup> und das Verstehen durch Be-greifen beinhalten. Darunter sind anfassbare Medien zu verstehen, die über den Tastsinn haptische Schnittstellen in die Mensch-Maschine-Interaktion integrieren und damit stärker gestenund körperbezogene Eingabemodalitäten unterstützen. Der Mensch wird dadurch in seiner Ganzheitlichkeit als aktiv Agierender in das Interface-Konzept einbezogen. Das Künstlerpaar CHRISTA SOMMERER UND LAURENT MIG-NONNEAU haben dieser Idee im Rahmen des von ihnen initiierten Studiengangs Interface Culture an der Kunstu-

niversität Linz einen Namen gegeben: Neue Interface-Kulturen erweitern die Auffassung der Benutzeroberfläche. Interface-Design und Softwareergonomie entwickeln sich im Hinblick auf den zu gestaltenden Interaktionsraum - ein Begriff, der die digital erweiterten Handlungs- und Kommunikationsräume benennt - weiter. Die Gestaltung von Benutzeroberflächen (Interface Design) entwickelte sich zum stärker räumlich ausgerichteten und körperbezogenen Interaktionsdesign, Multimodale Eingabesysteme werden zunehmend verbreitet. Studienprofile wie Intermedialität, künstlerisch-wissenschaftliche Forschung und Raumstrategien markieren die Ausrichtung neuer Qualifikationsprofile im Schnittstellenbereich von Forschung, Gestaltung, Kunst und Bildung. Mit dieser Ausrichtung werden nicht nur neue Studienschwerpunkte und Lerninhalte definiert, sondern das transdisziplinäre Studieren, Forschen, Denken und Handeln jenseits von Einzeldisziplinen im Projektkontext realisiert. Die Hybridkultur wird zum Gegenstand der Lehre und Forschung: "One of our main goals is to create an environment where artistic exploration can be combined with technical and scientific research" (SOMMERER/MIGNONNEAU/KING, 2008, S. 10). Aspekte dieser künstlerisch motivierten Erforschung von digitalen Medientechnologien sollen aus dem Bereich der Kunst und künstlerischen Disziplin extrapoliert werden, um als generelle Motivatoren für Bildungsprozesse herangezogen zu werden.

#### Do-it-yourself als mediendidaktischer Ansatz – interaktive Whiteboards selbst entwickeln

#### Wiimote-Whiteboard-Hack-Projekt

Es gibt verschiedene Bauarten von interaktiven Whiteboardsystemen, die im Handel erhältlich sind: Analog resistive, elektromagnetische und trigonometrische. Erstere funktionieren wie ein großer Touchscreen über Widerstandsveränderungen, die durch Druck auf die stromführenden Leiterbahnen in der Folienbeschichtung hervorgerufen werden. Bei elektromagnetischen Systemen liegen die Leiterbahnen hinter einer robusten Kunststoffplatte, und nur mittels eines speziellen, elekromagnetischen Stiftes kann ein

Stromfluss, der als Mauszeiger oder Schreibgerät interpretiert wird, induziert werden. Trigonometrische Whiteboards nutzen Ultraschall bzw. Infrarotlicht für die Positionseingabe und benötigen ebenfalls spezielle Stifte.



Abb. 5: IR-Stift

Der folgende gestaltungsorientierte Teil des Beitrags basiert auf den Arbeiten von JOHNNY CHUNG LEE, Doktorand am Institut für Mensch-Computer-Interaktion an der Carnegie Mellon Universität in Pittsburg, Pennsylvania, und Initiator des Wiimote-Whiteboard-Hack-Projekts.

In den letzten Monaten, insbesondere nach Veröffentlichung der Software und des Vortrags von Johnny Chung Lee auf TED-talks, wurde der Controler des Nintendo Wii Spielkonsole verstärkt zweckentfremdet und im Bereich interaktiver Whiteboards sozusagen entgegen der eigentlichen Gebrauchsanweisung im Spielkontext kreativ eingesetzt. Grund dafür ist die im Controller verwendete Bluetooth Schnittstelle über die die Wiimote, durch PCs oder Macs angesteuert werden können (vgl. WAGNER 2008).

Ein Projektbereich befasst sich mit den Möglichkeiten, die Infrarotkamera der Wiimote für neue Anwendungsbereiche nutzbar zu machen. Hierzu zählt auch das Whiteboard-Projekt. Das Wiimote-Whiteboard-Projekt erfreut sich

großer Beliebtheit und Öffentlichkeit. Die Whiteboard-Software wurde seit ihrer Veröffentlichung im März 2008 über 600.000-Mal heruntergeladen, und es ist eine umfangreiche Dokumentation an Lehrvideos und Forenbeiträgen entstanden, in der sich zu sämtlichen Aspekten des Wiimote-Whiteboards Erfahrungsberichte, FAQs und Best-Practice-Tipps finden lassen.

Der Erfolg des Projekts lässt sich zum einen durch seine Kostengünstigkeit erklären. Während die handelsüblichen, elektronischen Wandtafelsysteme sehr teuer sind (derzeit ab ca. 1.000 Euro). ist das interaktive Whiteboard mit Wiimote bereits für ca. 50 Euro zu realisieren. Angesichts der Kostendifferenz lassen sich auch kleinere Einschränkungen des alternativen Systems, wie das Angewiesensein auf relativ dunkle Räume, je nach Erfordernissen in Kauf nehmen. Unabhängig von Kostenargumenten ist der Wiimote-Hack ein schönes Beispiel dafür, welches Anwendungspotential in den digitalisierten Gegenständen steckt, das durch geschickte Zweckentfremdung und informatisches Können zum Nutzen vieler User zum Vorschein gebracht werden kann.

Es geht im Folgenden darum, ein kostengünstiges interaktives Wiimote-Whiteboard auf Grundlage JOHNNY Chung Lees "Whiteboard-Hack" als Lehrkraft mit Schülerinnen und Schülern selbst zu konstruieren. Die Wiimote enthält eine relativ leistungsstarke Infrarot-Kamera, die für das Erstellen von DIY-Whiteboards verwendet wird. Mit Bluetooth-Schnittstelle wird die Wiimote mit IR-Stift gemäß des Schaltplans (s. Abb. 8) verbunden und somit zur Steuerung von PC oder Mac eingesetzt. Benötigt werden dazu der im Handel erhältliche Wiimote controler, IR-LED 940 nm, 1,6 V, Tastschalter, 1,5-V-AA-Batterie, Batterieschuh, Ka-



Abb. 6: Bauteile (IR-LED 940 nm, 1,6 V; Tastschalter; 1,5-V-AA-Batterie; Batterieschuh; Kabel; Platine; Stift (Schneider 250)

bel, Platine, Stift (Schneider 250, s. dazu Abb. 6 und 7).

#### Komponenten des Wiimote-Whiteboards

Grundsätzlicher Aufbau

Das Wiimote-Whiteboard ist ein interaktives Whiteboard, das mittels Infrarottechnik mit dem Rechner kommuniziert. Zentraler Baustein und deshalb Namensgeber des Wilmote-Whiteboards ist die Fernsteuerung der Wii-Spielekonsole, die so genannte Wiimote, welche für ca. 40 Euro einzeln im Handel erhältlich ist. Aufgrund ihrer leistungsstarken Infrarotkamera und ihrer Bluetooth-Funktionalität lässt sie sich für die Infrarot-Whiteboardnutzung gut zweckentfremden. Im Zusammenspiel mit einem Infrarot-Signalgeber (Infrarot-Stift für ca. 10 Euro) und einer von JOHNNY CHUNG LEE entwickelten und kostenlos zur Verfügung gestellten Software erhält man nahezu die gleiche Funktionalität, die handelsübliche elektronische Whiteboards bieten, ohne dabei auf eine bestimmte Projektionstafel angewiesen zu sein und ohne viel Geld ausgeben zu müssen. Den Infrarotstift kann man entweder kaufen oder, auch ohne elektrotechnische Vorkenntnisse, leicht selbst herstellen (siehe Anleitung). Zur Fixierung und Ausrichtung der Wiimote empfiehlt sich ein Stativ. Auf dem jeweiligen Rechner müssen die kostenlose Whiteboard-Software und unter Windows noch ein weiteres Programm zur Herstellung der Bluetooth-Verbindung installiert werden. Das Vorhandensein eines bluetooth-fähigen Rechners und eines Beamers werden vorausgesetzt.



Abb. 7: Werkzeuge (Lötkolben, Lötzinn, Klammern zum Einspannen, Flachzange, Pinzette, Bohrmaschine und 5-mm-Bohrer, Rundfeile, Cutter

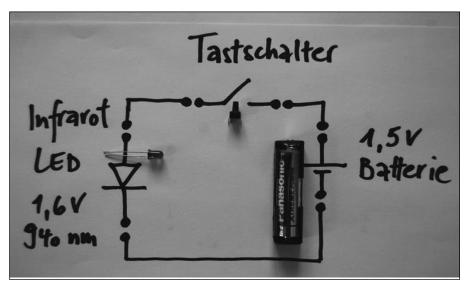


Abb. 8: Schaltplan 1

Anleitung zum Bau des Infrarotstiftes

Die Anordnung der benötigten Bauteile sowie ihre Funktionsweise sind aus der technischen Darstellung ersichtlich. Für die Realisierung sind die folgenden Arbeitsschritte erforderlich:

- 1. Stiftfassung abdrehen; Farbfilz mit der Pinzette entfernen
- Öffnung für den Tastschalter aufbohren
- Bauteile gemäß des Schemas (Schaltplan, Abb. 8) zusammenlöten
- Bauteile in das Stiftgehäuse einsetzen und den Tastschalter unterlegen/fixieren
- 5. IR-LED fixieren (z. B. mit Kork)

Wichtig ist dabei zu beachten, dass die LED ein Plus- (Anode) und ein Minus- (Kathode) Ende hat; das Plus-Ende muss dabei länger als das Minus-Ende sein. Die Enden müssen entsprechend in den Stromkreis eingebaut werden (s. Abb. 9 und 10).

## Do it yourself Whiteboards als mediendiaktischer Ansatz

LEE präsentiert nicht nur ein preisgünstiges Konzept selbstgebauter interaktiver Systeme, sondern eröffnet damit auch neue Denkräume für die Anwendung interaktiver Tafeln in der Schule: Die Idee faltbarer Displays "Foldable Displays tracked with the Wiimote" (s. Video URL)<sup>5</sup>, die er präsentiert, also flexible Oberflächen, die durch Projektionen zu Bildschirmen werden, erwei-

tern die herkömmlichen Denkmodelle bezüglich der Projektionsflächen, die an jedem Ort und jedem Objekt in der Schule und beim Lernen eröffnet werden können, auf den die Bildwelten projiziert werden können: Tischplatten, Regenschirme, Fächer u. a. m. werden zu flexiblen Bildschirmen. Lehrende sowie Schülerinnen und Schüler können die Whiteboard-Technologie aktiv nutzen, gemeinsam gestalten und eigenständig konstruieren. Informatisch-technische Konstruktion und Modellbildung, ästhetisches Denken und Handeln sowie künstlerische Konzepte können in diesen Prozessen miteinander verbunden werden: Whiteboards sind nicht nur Medium der Vermittlung im Sinne des altbekannten, wenn auch digital erweiterten Tafelbildes im Kontext traditioneller Lehre, sondern sie werden selbst zum Gegenstand des Unterrichts. Dies kann als ein Akt der Konstruktion und Gestaltung betrachtet werden, der durch praktisches Handeln Verstehensprozesse bezüglich digitaler Technologien in Gang setzen kann: Die Lehrenden lernen durch die eigene Gestaltungspraxis interaktive Tafeln nicht nur sinnvoll in Unterrichtsprozessen einzusetzen, sondern kreative Ideen und Konzepte für das interdisziplinäre Zusammenspiel von Schulfächern zu entwickeln. Dies kann beispielsweise auch entgegen der herkömmlichen, von den Herstellern beabsichtigten Gebrauchsweise realisiert werden und eröffnet gerade dadurch kreative Prozesse, die als "angewandte Phantasie" (applied imagination, vgl. Robinson 2000, S. 115) beschrieben werden könnten.

#### Herausforderungen für die Lehrerbildung mit interaktiven Tafeln

"Es bleibt festzustellen, dass zwischen den Visionen über die qualitative Veränderung des Lerngeschehens (durch den Einsatz des Computers im Unterricht) und den (...) Realsituationen eine erhebliche Kluft besteht." (KANDERS 1998, S. 144). Die Kinder und Jugendlichen von heute sind in die Multimedia-Welt hineingeboren worden. Für sie ist die Nutzung von Computern, Internet und Audio- und Video-Equipment aller Art selbstverständlich. Trotzdem oder gerade deswegen haben die digitalen Technologien in Unterrichtsprozessen einen hohen Akzeptanz- und Motivationswert für Schülerinnen und Schüler. Dazu gehört auch die Technologie der interaktiven Tafel, die das gewohnte Beamerbild auf einer Fläche in ein handlungsorientiertes Aktionsfeld auch für mehrere Teilnehmer umwandelt.

Medienkompetenz ist eine zentrale Kernkompetenz. Doch der Paradigmenwechsel vom klassischen Lehr-Lernszenario der Wissensteilhabe zu modernen Lernarrangements auch unter Einsatz neuer digitaler Medientechnologien greift im Schulalltag oft noch nicht. Trotz benennbarer Vorteile stoßen Whiteboards an Schulen häufig noch auf Ablehnung von Seiten der Lehrkräfte und werden negativ konnotiert wahrgenommen. Vorteile, die Whiteboards bieten, sowie neue Möglichkeiten selbstgebauter interaktiver Tafeln sind an den Schulen bisher noch zu wenig bekannt. In den Bildunaseinrichtungen mit ihren zum Teil starren Organisationsformen fehlt es häufig an technischen und räumlichen Voraussetzungen und am Wissen um

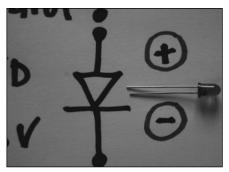


Abb. 9: Schaltplan 2

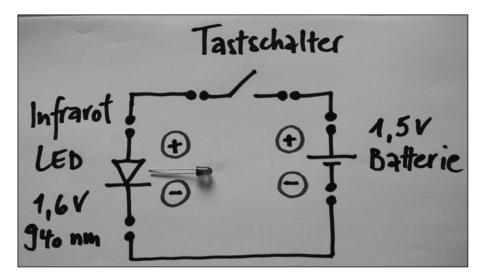


Abb. 10: Schaltplan 1

vorhandene Fähigkeiten der Jugendlichen im Umgang mit digitalen Medientechnologien. Des Weiteren ist auf der Seite der Lehrenden die praktische Medienkompetenz unterschiedlich entwickelt.

In der Lehreraus- und -fortbildung werden interaktive Tafeln nur langsam eingesetzt, d. h. auch Vorteile bezüglich des Einsatzes interaktiver Tafeln in der Schule wurden bisher kaum aufgegriffen, und der kreative Umgang damit wurde kaum thematisiert. Will man diese Technologie erfolgreich in die Schulen einführen, müssen Vorurteile und Abneigungen bezüglich der Tafeln aufgegriffen, entkräftet sowie Motivation und Interesse an der Auseinandersetzung damit geweckt werden, um den kreativen Umgang damit, jenseits einschlägiger Denkweisen, Meinungen und Einstellungen gegenüber der Technologie, zu ermöglichen.

Deutlich werden muss auch, dass nicht gleich jede neue Technologie auch das Unterrichtsgeschehen grundlegend verändern kann. Ein Whiteboardsystem ist im Grunde nichts anderes als ein Stift, ein Schwamm und eine Tafel. Allerdings als interaktive Aktionsfläche mit der Möglichkeit, verschiedene Medien wie Fotos, Grafiken, Videosequenzen, Soundclips, interaktive Schaltflächen, Verlinkungen, Internetanwendungen oder Arbeitsblätter in digitaler Form zu kombinieren, in diese aktiv vor Ort hineinzuarbeiten, sie zu speichern, auszudrucken und zu archivieren. Sie ist über dies auch eine ökonomische Form, denkt man an die Vielzahl der Overheadfolien, die im Schulalltag eingespart werden können. Zwar handelt es sich weiterhin um eine zentrierte Unterrichtsform, doch kann diese eben auch aktiv von den Lernenden genutzt werden, vielseitiger, als die herkömmliche Tafel. Auch ist ein Einsatz im Stationenlernen durchaus eine Option in handlungsorientierter Unterrichtsgestaltung.

Eine Aufgabe für die Lehrerbildung könnte es sein, Lernmodule für den Umgang mit den Whiteboards zu entwickeln. Dabei können den folgenden thematischen Feldern eine besondere Bedeutung zugewiesen werden, die es noch zu reflektieren und zu erschaffen gilt:

- spielerische Vermittlungsansätze sowie Games
- technische Erweiterungen und eigenständige Konstruktionen von Do-it-yourself-Whiteboards, die auch im Unterricht nachvollzogen werden können und für fächerübergreifende Projekte geeignet sind<sup>6</sup>.
- ästhetische Aspekte und künstlerische Strategien als Impulsgeber für die Auseinandersetzung mit Whiteboards und interaktiven, multimedial erweiterten Räumen (z. B. interaktive Bühne) sowie
- spezifische Unterrichtsszenarien, inklusive exemplarischer Software für Whiteboards.

Eine zukünftige Aufgabe für die Lehrerfortbildung ist es, Lehrende aller Fachrichtungen zu befähigen, die Tafeln kreativ in eigene Unterrichtsvor-

haben zu integrieren. Lehrkräfte sollen dabei mit den Tafeln, auch entgegen der üblichen Gebrauchsanweisungen und jenseits geläufiger Denkmodelle, experimentieren.

#### Anmerkungen

- 1 Beispiel "Jo at the blackboard at maths": http://video.aol.com/video-detail/yo-at-the-blackboard-at-maths/2416824240/?icid=VIDURVTEC01 / [27.12.2008]
- 2 CY TWOMBLY, in: VARNEDOE, K. (1994): CY TWOMBLY. Ausstellungskatalog Nationalgalerie Berlin, 01.09.-19.11.1995, München/Paris/London, S. 91
- 3 STAATLICHE MUSEEN ZU BERLIN, PREU-SSISCHER KULTURBESITZ, NEUE NATIONAL GALERIE (Hrsg.): Cy Twombly Retrospektive, Museumspädagogische Information zur Ausstellung "Cy Twombly Retrospektive", Blatt1, erschienen zur Sonderausstellung in der Neuen National Galerie Berlin 31.8.-19.11.1995
- 4 Der Begriff "Tangible Media" beschreibt auch das Forschungsfeld zwischen den Disziplinen Kunst, Design und Informatik der gleichnamigen Forschungsgruppe am Massachusetts Institute of Technology MIT. Hiroshi Ishii bewegt sich mit seiner Arbeit an der Schnittstelle von Mensch-Maschine-Interaktion, neuen Interface-Konzepten zwischen Kunst und Informatik. In Zusammenarbeit von Informatikern, Designern und Künstlern entstanden zwei wesentliche Ansätze von Tangible Media. 1.) Tangible Media in Form von mit Sensorik ausgestatteten Medien - die den Computer in die Welt der physischen Objekte implementiert (Beispiel: "MusicBottles", 1998) und 2.) observierende Systeme (z. B. "Sensetable", a wireless object tracking platform for tangible user interfaces (PATTEN/ISHII u.a. 2001)), bei denen z. B. mittels einer Kamera Bewegungen vom System identifiziert werden können (tracking), sodass dynamische Prozesse in der physischen Welt interpretiert werden können. Ishii geht es um das Gestalten nahtloser Interfaces zwischen Mensch, digitaler Information und der physischen Umgebung (vgl. PATTEN et al 2002). Das Projekt "Musicbottles" (1998) steht als ein exemplarisches Beispiel einer Reihe von "Bottles"-Projekten, z. B. die Storytelling bottles. Es erkundet das Interface berührbarer, transparenter Flaschen und spielt mit der Flaschen-Metapher als traditionelles Behältnis real-physischer Objekte als Behälter für Musik. Dabei wurden die Glasflaschen mit kabelloser Sensortechnologie mit elektromagne-

tischen Etiketten ausgestattet und verbunden. Die Flaschen befinden sich auf einem Tischchen, an dessen Unterseite sich eine Antennenspule befindet, die auf dem Tisch ein magnetisches Feld erzeugt. Ein spezieller elektronischer Schaltkreis erfasst die durch das Plazieren und Öffnen der Flaschen hervorgerufenen Störungen des Magnetfeldes. Den unterschiedlichen Flaschen sind verschiedene Musiksequenzen wie Techno, Jazz und Klassik zugeordnet. Gleichzeitig steuert das Magnetfeld bunte LED-Lämpchen, die ein Muster auf die Tischfläche projizieren.

- 5 Foldable Interactive Displays (tracked with Wiimote: http://www.youtube.com/ watch?v=nhSR\_6-Y5Kg [20.11.09]
- 6 Studierende der Vermittlungswissenschaften an der Universität Flensburg haben bei der Entwicklung eines "Do it yourself Whiteboards" basierend auf der Wii-Technologie die Handhabbarkeit des Sticks deutlich verbessert, indem sie die Funktionsteile in eine kleine und kompakte Taschenlampe (z.B. MAGLite) eingebaut haben, die fast allen technischen und ergonomischen Anforderungen gerecht wird.
  - Zur Verbesserung des Stiftes formulierten sie zunächst drei Kriterien:
- Die Lösung muss mit 1,5 V AA-Batterien arbeiten, da nur diese eine lange Laufzeit gewährleisten und günstig zu erwerben sind.
- Die Lösung soll möglichst ergonomisch sein, damit das Arbeiten mit dem Zeigergerät Spaß macht. Auch ein Wechsel der Batterie fällt unter diesen Aspekt.
- Die Lösung muss leicht reproduzierbar sein, was es möglich macht, mit Schüler-Innen das Wii-Projekt im Rahmen einer Art Projektarbeit nachzubauen.

Die LED der verwendeten MAG-Lampe lässt sich einfach ein- und ausstecken, die Batterien lassen sich ebenso leicht wechseln und sie liegt gut in der Hand. Der einzige Nachteil liegt in dem für MAG-Lite typischen Drehring, der zum Ein- und Ausschalten verwendet wird. Aus diesem Grund muss die Lampe noch um einen kleinen Schaltknopf erweitert werden. Von Vorteil ist auch, eine kleine Regelelektronik anstelle des Widerstands zu verwenden, die Spannung wird hier nicht einfach reduziert, sondern nur die benötigte Spannung wird abgerufen - eine deutlich elegantere und stromsparendere Lösung. Der Baubericht ist abrufbar unter: werner.fuetterer@uni-flensburg.de

#### **Abbildungsnachweis**

- Abb. 1: CY TWOMBLY, Untitled (Rome) 1970. Oil based house paint, wax crayon on canvas, 345,5 x 405 cm, Neither signed nor dated, Cat. Rais. Vol.III, No.112, © Courtesy Galerie Karsten Greve, Köln, Paris, St. Moritz.
- Abb. 2: CY TWOMBLY: Night Watch (Rome), 1966. Oil based house paint, wax crayon on canvas, 190 x 200 cm, Signed, title inscribed and dated verso upper centre "Cy Twombly Night Watch 1966", Cat. Rais. Vol. III, No.5, © Courtesy Galerie Karsten Greve, Köln, Paris, St. Moritz.
- Abb. 3: Frank Fietzek: Tafel , 1993, Installation, Courtesy: Sammlung des ZKM Zentrum für Kunst und Medientechnologie Karlsruhe, Foto: <fietzekWamhof 01.tif>
- Abb. 4: Frank Fietzek, Tafel, 1993, Installation, Courtesy: Sammlung des ZKM Zentrum für Kunst und Medientechnologie Karlsruhe, Foto: <Fietzek\_Tafel\_01>, ZKM Karlsruhe

Abb. 5-10: Fotos: Sebastian Biefang

#### Literatur

- Dewey, J. (1980): Kunst als Erfahrung. Frankfurt a. M.
- ISHII, H. (2002): Website Hisroshi Ishii, Massachusetts Institute of Technology MIT: http://web.media.mit.edu/~ishii/ p.1; [Zugriff am 05.12.2002].
- Patten, J., Ishii, H., Heines, J., Pagano, G. (2001): Sensetable, A Wireless Object Tracking Platform for Tangible User Interfaces. In: Proceedings of CHI 2001, March 31 April 5 2001, ACM Press
- KANDERS, M., In: SCHULZ-ZANDER (1998): Lernort Multimedia, Lernort Multimedia, Jahrbuch Telekommunikation und Gesellschaft. Heidelberg, S. 144
- ROBINSON, K. (2000): Out of our Minds: Learning to be creative. Chichester
- REIMANN, D. (2006): Tangible Media zwischen Kunst, Softwareergonomie und Interface-Konzepten. In: REIMANN, D. (2006): Ästhetisch-informatische Medienbildung mit Kindern und Jugendlichen. Grundlagen, Szenarien, Empfehlungen. Oberhausen, S. 40

Schultz, T., Taffertshofer, B. (2009): Klassenzimmer ohne Kreidestaub. Immer mehr Schulen nutzen elektronische Tafeln – pädagogische Wunder darf man davon nicht erwarten. In: Süddeutsche Zeitung, 12.01.2009, S. 40

Scdhwarz, H.-P. (1997): Media Art History. München/New York

SOMMERER, C./MIGNONNEAU, L./KING, D. (2008): Interface Culture. Artistic aspects of interaction, Bielefeld

STAATLICHE MUSEEN ZU BERLIN, PREU-SSISCHER KULTURBESITZ, NEUE NA-TIONAL GALERIE (Hrsg.): Cy Twombly Retrospektive, Museumspädagogische Information zur Ausstellung "Cy Twombly Retrospektive", Blatt1, erschienen zur Sonderausstellung in der Neuen National Galerie Berlin 31.8.-19.11.1995

VARNEDOE, K. (1994): CY TWOMBLY. Ausstellungskatalog, Nationalgalerie Berlin, 01.09.-19.11.1995, München/Paris/London

WAGNER, M. (2008): Das Wiimote-Smartboard, Blog-Eintrag vom 06.02.2008, Video über JOHNNY CHUNG LEE Wiimote hacks: http://www.bildungstechnologie. net/blog/wiimote-smartboard (Zugriff am 12.12.2008) Verwendete Software:

WiimoteWhiteboard v0.3; Wii Smothboard 0.4.6; Wiimote Connect 0.5 von John-NY CHUNG LEE, Download unter: http:// www.cs.cmu.edu/~johnny/ (Zugriff am 12.12.08)

LEE, JOHNNY CHUNG demos Wii remote hacks at TED talks (lecture): http://www.ted.com/index.php/talks/johnny\_lee\_demos\_wii\_remote\_hacks.html (Zugriff am 12.12.08)

## **Dank an Carsten Wehmeyer**

Seit dem Heft 91, das im Herbst 2008 erschien, war Dr. Carsten Wehmeyer als Schriftleiter für diese Zeitschrift tätig. Nun übernahm er im Sommer 2010 an der Walther-Lehmkuhl-Schule in Neumünster die Funktion des Stellvertretenden Schulleiters. Zugleich endete damit seine Abordnung an das Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat) der Universität Flensburg. Da der neue Aufgaben- und Wirkbereich seinen ganzen Einsatz erfordert, trat er an die Herausgeber mit dem dringenden Anliegen heran, nur noch bis zum Heft 99 als Schriftleiter dieser Zeitschrift zu fungieren.

Herausgeber, Verlag sowie die Bundesarbeitsgemeinschaften bedanken sich bei Carsten Wehmeyer herzlich für die in den vergangenen Jahren geleistete Arbeit und wünschen ihm für seine berufliche, aber auch die private Zukunft alles Gute. Es darf davon ausgegangen werden, dass Herr Wehmeyer unserer Zeitschrift nicht nur als Leser, sondern sicherlich auch künftig als Autor mancher interessanter Beiträge verbunden bleiben wird.

Die Redaktion

## **Neuer Schriftleiter**

Aufgaben der Schriftleitung hat mit Heft 100 Dr. Michael Tärre übernommen, Berufsschullehrer an den Berufsbildenden Schulen Neustadt a. Rbge. sowie abgeordnete Lehrkraft für besondere Aufgaben am Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung der Leibniz Universität Hannover. Michael Tärre hat nach dem Fachhochschulstudium (Elektrotechnik, Schwerpunkt: Automatisierungstechnik) an der Leibniz Universität Hannover "Lehramt berufsbildende Schulen" mit der beruflichen Fachrichtung Elektrotechnik und dem Unterrichtsfach Mathematik studiert. Nach dem zweiten Staatsexamen hat er als wissenschaftlicher Mitarbeit im Modellprojekt "Entwicklung von Methoden für die Ausbildung von Rehabilitandinnen und Rehabilitanden in IT-Berufen" gearbeitet. Seine wissenschaftliche Arbeit und Promotion befassten sich mit Kompetenzanforderungen an zukünftige Fachkräfte im IT-Bereich sowie den daraus resultierenden Konsequenzen für die Berufsbildung. An den Berufsbildenden Schulen Neustadt a. Rbge. unterrichtet Michael Tärre Elektrotechnik und Mathematik. Am Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung der Leibniz Universität Hannover lehrt und forscht er in den Arbeitsfelder Lernen und Problemlösen, besonders in gewerblichtechnischen Arbeitsfeldern, sowie Didaktik und Methodik beruflicher Bildung.

Die Redaktion

## **Zukunfts-Workshop**

## der BAG Elektrotechnik-Informatik und der BAG Metalltechnik am 26. Januar 2011

#### Liebe Mitglieder der BAG Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik,

seit mehr als zwanzig Jahren bestehen die BAGen in nahezu unveränderter Form. Zwischenzeitlich hat es zwei grundlegende Neuordnungen der beruflichen Bildung gegeben und viele Berufsschulen haben zu einer neuen Rechtsform mit weitreichender Eigenständigkeit gefunden. Allein das ist Anlass genug, eine kritische Rückschau zu wagen und die künftige Ausrichtung und Entwicklung ins Auge zu fassen. Hierbei soll kein Thema ausgespart werden. So geht es um die Rolle der Zeitschrift lernen & lehren ebenso wie um die Ausrichtung der Fachtagungen sowie um Ihre Rolle als Mitglieder in den BAGen und Ihre Repräsentanz im Vorstand. Dies ist eine große Aufgabe, die wir, die Verfasser dieser Zeilen und Mitglieder der Vorstände, nicht ohne Ihre Mitwirkung in Angriff nehmen können und wollen.

Daher laden wir Sie zu einem Workshop am 26. Januar 2011 von 10:00 bis 17:00 Uhr nach Kassel in das "Haus der Kirche", Wilhelmshöher Allee 330, 34131 Kassel, Tel. (05 61) 93 78-0 ein.

Wir setzen auf Ihr Engagement und erhoffen eine rege Beteiligung. Damit wir planen können, wünschen wir Ihre Rückmeldung per E-Mail spätestens bis zum 15. Januar unter der Mailadresse info@bag-metalltechnik.de oder bag-elektrotechnik@uni-bremen.de. Reisekosten können wir leider nicht übernehmen.

Die Vorsitzenden und alle Vorstandsmitglieder

# 16. Hochschultage Berufliche Bildung Universität Osnabrück, 23.03.-25.03.2011

Nach 1982 und 1996 ist das Land Niedersachsen im März 2011 wieder Gastgeber der Hochschultage Berufliche Bildung. Das Rahmenthema "Übergänge in der Berufsbildung nachhaltig gestalten: Potentiale erkennen – Chancen nutzen" wird in einer Vielzahl von Veranstaltungen diskutiert.

#### Kontakt:

Dipl.-Ghl. Heike Hinrichs, Geschäftsführerin, Tel. (0541) 969-6330

Prof. Dr. Thomas Bals, Koordinator, Tel. (0541) 969-6301

Susanne Ilsemann, Sekretariat, Tel. (0541) 969-4591

E-Mail: info@hochschultage-2011.de

#### Geschäftsstelle:

Geschäftsstelle 16. Hochschultage Berufliche Bildung, Universität Osnabrück, Fachbereich Erziehungs- und Kulturwissenschaften, Institut für Erziehungswissenschaft, Fachgebiet Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Katharinenstr. 24, D-49078 Osnabrück

#### Weitere Informationen:

http://www.hochschultage-2011.de/

### Sind 100 gelbe Hefte genug?

#### Lernen & Lehren verändert sich!

Sechsundfünfzig Hefte von Lernen & Lehren erschienen im handlichen DIN A5 Format. Seit Heft 57 wird die Zeitschrift in ihrer jetzigen Form verlegt. Kleine Retuschen sind im Laufe der Jahre eingeflossen. Doch immer kam Lernen & Lehren im vertrauten gelben Umschlag auf Ihren Schreibtisch. Das soll sich nun ändern. Nicht, dass die vertraute Grundfarbe abhanden gekommen wäre! Nein, das Gelb wird sich den Umschlag ab Heft 101 mit dem gesamten Farbspektrum teilen. Ab dieser Heftnummer erwartet sie ein helles, frisches, farbiges und modernes Layout. Doch nicht nur die Verpackung ändert sich, auch der Inhalt wird einer gründlichen Überarbeitung unterzogen. Die Vielfalt wird sich erhöhen, neue Rubriken werden erscheinen, die Unterrichts- und Ausbildungspraxis erfährt einen neuen Akzent. Sie dürfen gespannt sein!

Ulrich Schwenger

## Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

#### ADOLPH, GOTTFRIED

Prof. Dr., em. Hochschullehrer, Schwefelstr. 22, 51427 Bergisch-Gladbach, Tel.: (02204) 62773, E-Mail: gottfried. adolph@t-online.de

#### BECKER, MATTHIAS

Prof. Dr., biat – Universität Flensburg, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, Tel.: (0461) 805-2160, E-Mail: becker@biat.uni-flensburg.de

#### BIEFANG, SEBASTIAN

Studentischer Tutor, Pädagogische Hochschule Freiburg, Institut für Medien in der Bildung IMB, Abt. Medienpädagogik, Kunzenweg 21, 79117 Freiburg, E-Mail: Biefang@ph-freiburg.de

#### FÜTTERER, WERNER

Oberstudienrat im Hochschuldienst, Universität Flensburg, Zentrum für Informations- und Medientechnologien ZIMT, Bereich Medienpädagogik, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, Tel.: (0461) 1725431814, E-Mail: Werner. Fuetterer@uni-flensburg.de

#### GRYWATSCH, MATTHIAS

OStR, Fachschule für Technik Mühlhausen, Sondershäuser Landstr. 39, 99974 Mühlhausen, Tel.: (03601) 450-602, E-Mail: kontakt@fachschule.tk

#### HERING, WIELAND

Dipl.-Ing., Fachschule für Technik Mühlhausen, Sondershäuser Landstr. 39, 99974 Mühlhausen, Tel.: (03601) 450-602, E-Mail: kontakt@fachschule.tk

#### HERKNER, VOLKMAR

Prof. Dr., Hochschullehrer, Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat), Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, Tel.: (0461) 805-2153, E-Mail: volkmar.herkner@biat.uni-flensburg.de

#### KRÄMER, FRANZ

StD Dipl.-Ing., Schulfachlicher Koordinator des Bereichs Karosserie- und Fahrzeugbautechnik, Nicolaus-August-Otto-Berufskolleg Köln, Eitorfer Str. 16, 50679 Köln, Tel.: (0221) 221-91160, E-Mail: Franz.Kraemer@gmx.de

#### FELIX, RAUNER

Prof. Dr., Leitung FG Berufsbildungsforschung (i:BB), Universität Bremen/FB 1, Leobener Str., NW 2, A 4050, 28359 Bremen, Tel.: (0421) 218-62631, E-Mail: rauner@uni-bremen. de

#### REICHWEIN, WILKO

StR, Berufliche Schule Farmsen G16, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Universität Hamburg, Sedanstr. 19, 20146 Hamburg, Tel.: (040) 42838-3713, E-Mail: Wilko.Reichwein@ibw.uni-hamburg.de

#### REIMANN, DANIELA

Dr. phil., Wissenschaftlerin, Lehrbeauftragte, Kunstuniversität Linz, Institut für Kunst und Gestaltung, Abt. Bildnerische Erziehung, Hauptplatz 8, 4010 Linz, Austria, Tel.: +49 17 94 68 13 42, E-Mail: Daniela.Reimann@ufg.ac.at

#### RÖBEN, PETER

Prof. Dr., Pädagogische Hochschule Heidelberg, Fakultät III, Im Neuenheimer Feld 561, 69120 Heidelberg, Tel.: (06221) 477-441, E-Mail: roeben@ ph-heidelberg.de

#### SCHUMACHER, MEINHARD

Dr.-Ing., Sales Global Marketing & Engineering, MESP – Geared Motors and AC Drives Product Management, SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG, Ernst-Blickle-Str. 42 76646 Bruchsal Tel.: (07251) 75-2417 E-Mail: meinhard.schumacher@sew-eurodrive.de

#### SCHWENGER, ULRICH

Dipl.-Ing. OStD a. D., Bundesarbeitsgemeinschaft für Metalltechnik e.V. (BAG Metall), Roonstr. 18, 69120 Heidelberg, Tel.: (06221) 9158050, E-Mail: schwenger@bag-metalltechnik. de

#### TÄRRE, MICHAEL

StR Dr., Lehrer an den Berufsbildenden Schulen Neustadt a. Rbge. und abgeordnete Lehrkraft am Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung, Leibniz Universität Hannover, Schlosswender Str. 1 30159 Hannover, Tel.: (0511) 762-4020 E-Mail: michael.taerre@ifbe.uni-hannover.de

#### **VOLLMER, THOMAS**

Prof. Dr., Hochschullehrer, Universität Hamburg, Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Didaktik der beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik und Metalltechnik, Sedanstr. 19, 20146 Hamburg, Tel.: (040) 42838-3740 E-Mail: vollmer@ibw.uni-hamburg.de

#### Ständiger Hinweis

#### Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik

Alle Mitglieder der BAG Elektrotechnik-Informatik und der BAG Metalltechnik müssen eine Einzugsermächtigung erteilen oder zum Beginn eines jeden Kalenderjahres den Jahresbeitrag (zurzeit 30,– EUR eingeschlossen alle Kosten für den verbilligten Bezug der Zeitschrift lernen & lehren) überweisen. Austritte aus der BAG Elektrotechnik-Informatik bzw. der BAG Metalltechnik sind nur zum Ende eines Kalenderjahres möglich und müssen drei Monate zuvor schriftlich mitgeteilt werden.

Die Anschrift der Geschäftsstelle der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik-Informatik lautet:

**BAG Elektrotechnik-Informatik** 

Geschäftsstelle, z. H. Frau Brigitte Schweckendieck

c/o ITB - Institut Technik und Bildung

Am Fallturm 1 28359 Bremen Tel.: 0421/218-4927 Fax: 0421/218-9019 Konto-Nr. 1 707 532 700

Volksbank Bassum-Syke (BLZ 291 676 24).

Die Anschrift der Geschäftsstelle der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik lautet:

BAG Metalltechnik

Geschäftsstelle, z. H. Herrn Michael Sander

c/o ITB - Institut Technik und Bildung

Am Fallturm 1 28359 Bremen Tel.: 0421/218-4924 Fax: 0421/218-9019 Konto-Nr. 10 045 201

Kreissparkasse Verden (BLZ 291 526 70).

Beitrittserklärd	Beitrittserklärung						
Ich bitte um Aufnahme in die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung							
☐ Elektrotechnik-Informatik e. V. bzw. ☐ Metalltechnik e. V.							
Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt z Zt. 30,– EUR. Auszubildende, Referendare und Studenten zahlen z Zt. 17,– EUR gegen Vorlage eines jährlichen Nachweises über ihren gegenwärtigen Status. Der Mitgliedsbeitrag wird grundsätzlich per Bankeinzug abgerufen. Mit der Aufnahme in die BAG beziehe ich kostenlos die Zeitschrift lernen & lehren.							
Name:Vorna	ame:						
Anschrift:							
E-Mail:							
Datum: Unterschrift:							
Ermächtigung zum Einzug des Beitrages mittels Lastschrift:							
Kreditinstitut:							
Bankleitzahl: Girokonto-Nr.:							
Weist mein Konto die erforderliche Deckung nicht auf, besteht für das kontoführende Kreditinstitut keine Verpflichtung zur Einlösung.							
Datum: Unterschrift:							
Garantie: Diese Beitrittserklärung kann innerhalb von 10 Tagen schriftlich bei der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik-Informatik e. V. bzw. der Fachrichtung Metalltechnik e. V. widerrufen werden. Zur Wahrung der Widerrufsfrist genügt die Absendung innerhalb dieser 10 Tage (Poststempel). Die Kenntnisnahme dieses Hinweises bestätige ich durch meine Unterschrift.							
Datum: Unterschrift:							
Bitte absenden an:							
	Metalltechnik e. V., Geschäftsstelle: Institut Technik und Bildung, z. H. Herrn Michael						
Schweckendieck, Am Fallturm 1, 28359 Bremen Sande	r, Am Fallturm 1, 28359 Bremen						

#### lernen & lehren

Eine Zeitschrift für alle, die in betrieblicher Ausbildung, berufsbildender Schule,

Hochschule und Erwachsenenbildung sowie

Verwaltung und Gewerkschaften

in den Berufsfeldern Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik tätig sind.

#### Inhalte:

- Ausbildung und Unterricht an konkreten Beispielen
- technische, soziale und bildungspolitische Fragen beruflicher Bildung
  - Besprechung aktueller Literatur
  - Innovationen in Technik-Ausbildung und Technik-Unterricht

lernen & lehren erscheint vierteljährlich, Bezugspreis EUR 25,56 (4 Hefte) zuzüglich EUR 5,12 Versandkosten (Einzelheft EUR 7,68).

Von den Abonnenten der Zeitschrift lernen & lehren haben sich allein über 600 in der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik-Informatik e. V. sowie in der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e. V. zusammengeschlossen. Auch Sie können Mitglied in einer der Bundesarbeitsgemeinschaften werden. Sie erhalten dann lernen & lehren zum ermäßigten Bezugspreis. Mit der beigefügten Beitrittserklärung können Sie lernen & lehren bestellen und Mitglied in einer der Bundesarbeitsgemeinschaften werden.

#### Folgende Hefte sind noch erhältlich:

	73:	Neue Technologien und Unterricht	89:	Fachkräftebedarf im
	74: Umsetzung des Lernfeldkonzeptes in den			gewerblich-technischen Bereich
Entsorgungsbranche 75: Neuordnung der Metallberufe		neuen Berufen	90:	Berufsbildung für nachhaltige
			Entwicklung	
· ·	76:	Neue Konzepte betrieblichen Lernens	91:	Europa – aktuelle Herausforderungen an berufliches Lernen
	78:	Kompetenzerfassung und -prüfung	92:	Veränderungen in Schule und Unterricht gestalten
•		• • • •	00.	·
rbeitsprozesse und Lernfelder			93.	Ausbildung in der Mikrosystemtechnik: Stand – Probleme – Ausblick
65: Kfz-Service und Neuordnung der		1 0	04.	
1 1 1 1			94.	Materialbearbeitung mit Lasersystemen: Arbeits- und Ausbildungsgestaltung
ienstleistung und Kundenorientierung	00	· ·	05.	Messen und Diagnose als Gegenstand
erufsbildung im Elektrohandwerk		•	30.	beruflicher Arbeits- und Lernprozesse
68: Berutsbildung für den informatisierten	Medientechnik und berufliches Lernen	96.	Zweijährige Berufe	
		84:	Selbstgesteuertes Lernen und Medien	
'irtuelles Projektmanagement	85:	Die gestreckte Abschlussprüfung	97:	Lernen in virtuellen und realen Arbeitsumgebungen
Nous Lamkonzonta"	ersuchsprogramm 86: Innovative Unterrichtsverfahren or	00.	Handlungsorientiertes Lernen – ein	
	Nous Lamkanzanta"	Kosten, Nutzen und Qualität in der	30.	Streitthema
leuordnung der Elektroberufe		beruflichen Bildung	gg.	Berufs- und Fachdidaktik – Beispiele
Itemative Energien	88:	Entwicklung beruflicher Schulen	aus Elektro- und Metalltechnik	
ili Qu'r e	ernfelder und Ausbildungsreform beitsprozesswissen – Lernfelder Fachdidaktik apid Prototyping beitsprozesse und Lernfelder iz-Service und Neuordnung der iz-Berufe eenstleistung und Kundenorientierung erufsbildung im Elektrohandwerk erufsbildung für den informatisierten beitsprozess rtuelles Projektmanagement odellversuchsprogramm leue Lernkonzepte" euordnung der Elektroberufe	ektrotechnik/Informatik  ualifizierung in der Recycling- und htsorgungsbranche  zernfelder und Ausbildungsreform  beitsprozesswissen – Lernfelder Fachdidaktik  apid Prototyping  beitsprozesse und Lernfelder  zz-Service und Neuordnung der zz-Berufe  enstleistung und Kundenorientierung erufsbildung im Elektrohandwerk  erufsbildung für den informatisierten beitsprozess  truelles Projektmanagement  seleue Lernkonzepte"  euordnung der Elektroberufe	ektrotechnik/Informatik  ualifizierung in der Recycling- und ntsorgungsbranche  remfelder und Ausbildungsreform  beitsprozesswissen – Lernfelder Fachdidaktik  apid Prototyping  beitsprozesse und Lemfelder  z-Service und Neuordnung der z-Berufe  eenstleistung und Kundenorientierung erufsbildung für den informatisierten beitsprozess  rtuelles Projektmanagement  odellversuchsprogramm leue Lemkonzepte"  80: Umsetzung des Lemfeldkonzeptes in den neuen Berufen  75: Neue Konzepte betrieblichen Lemens heuroflachen Lemens  76: Neue Konzepte betrieblichen Lemens  77: Digitale Fabrik  78: Kompetenzerfassung und -prüfung  79: Ausbildung von Berufspädagogen  80: Geschäftsprozessorientierung 81: Brennstoffzelle in beruflichen Anwendungsfeldern  82: Qualität in der beruflichen Bildung  83: Medientechnik und berufliches Lemen  84: Selbstgesteuertes Lemen und Medien  75: Neue Konzepte betrieblichen Lemens  76: Neue Konzepte betrieblichen Lemens  77: Digitale Fabrik  78: Kompetenzerfassung und -prüfung  79: Ausbildung von Berufspädagogen  80: Geschäftsprozessorientierung 81: Brennstoffzelle in beruflichen Bildung  82: Qualität in der berufliches Lemen  83: Medientechnik und berufliches Lemen  84: Selbstgesteuertes Lemen und Medien  75: Neue Konzepte betrieblichen Lemens  86: Innovative Unterrichtsverfahren  87: Kosten, Nutzen und Qualität in der  beruflichen Bildung	ektrotechnik/Informatik  74: Umsetzung des Lemfeldkonzeptes in den neuen Berufen  75: Neuordnung der Metallberufe  76: Neue Konzepte betrieblichen Lemens  77: Digitale Fabrik  78: Kompetenzerfassung und -prüfung  79: Ausbildung von Berufspädagogen  80: Geschäftsprozessorientierung  80: Die gestreckte Abschlussprüfung  79: Ausbildung von Berufspädagogen  80: Berufspädagogen  80: Berufspädagogen  80: Berufspädagogen  80: Ber

Bezug über: Heckner Druck- und Verlagsgesellschaft GmbH Postfach 15 59, 38285 Wolfenbüttel Telefon (0 53 31) 80 08 40 – Fax (0 53 31) 80 08 58

Von Heft 16: "Neuordnung im Handwerk" bis Heft 58: Lernfelder in technisch-gewerblichen Berufen" ist noch eine Vielzahl von Heften erhältlich. Informationen über Ihre Geschäftsstelle.