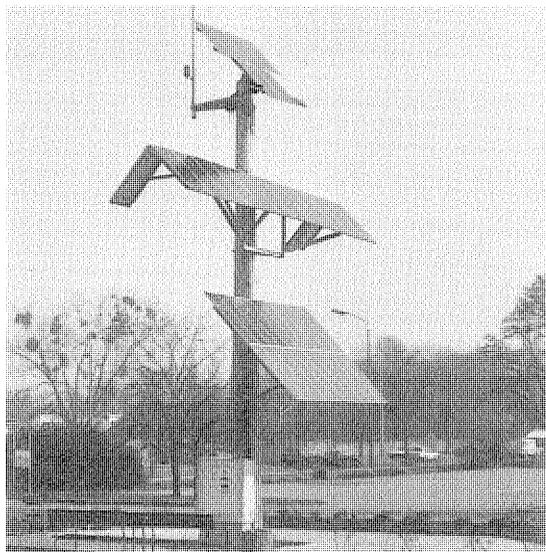


lernen & lehren

Elektrotechnik/Metaltechnik



Schwerpunkt:
Solartechnik

Bauer/Kuntze: Anwendungsaspekte

Ufheil: Thermische Solartechnik

Sick: Nachführsteuerung für eine Solaranlage

Schmid: Solarlabor

Srowig: Solarturm Freiburg

Teske: SOLAR-RACER

34



Donat Verlag

lernen & lehren

Elektrotechnik/Metalltechnik

Impressum

„lernen & lehren“ erscheint in Zusammenarbeit mit der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik e.V. und der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e.V.

Herausgeber: Gottfried Adolph (Köln), Manfred Hoppe (Bremen), Jörg-Peter Pahl (Dresden), Felix Rauner (Bremen)

Ständige Mitarbeiter: Klaus Drechsel (Dresden), Friedhelm Eicker (Bremen), Werner Gerwin (Berlin), Detlef Gronwald (Bremen), Hans-Dieter Hellige (Bremen), Wolfhard Horn (Köln), Rolf Katzenmeyer (Gießen), Ute Laur-Ernst (Berlin), Wolf Martin (Hamburg), Ernst-Günter Schilling (Hamburg), Helmut Ulmer (Homburg/Saar)

Heftbetreuung: Reinhard Malek, Jörg-Peter Pahl

Schriftleitung: Gottfried Adolph (Köln), Bernd Vermehr (Hamburg)

Redaktion: lernen & lehren
c/o Bernd Vermehr
Achter Lüttmoor 28
22559 Hamburg
(040) 818646

Layout: Roland Bühs, Bremen

Das Titelfoto zeigt die Photovoltaikanlage des Instituts für Energieversorgung der TU Dresden (siehe auch das Foto auf S. 13).

Alle schriftlichen Beiträge und Leserbriefe bitte an die obenstehende Adresse.

Verlag, Vertrieb und
Gesamtherstellung: Donat Verlag
Borgfelder Heerstr. 29
28357 Bremen
Tel.: (0421) 274886
Fax: (0421) 275106

Bei Vertriebsfragen (z.B. Adressenänderungen) den Schriftwechsel bitte stets an den Verlag richten.

Bremen, 1994
ISSN 0940-7340

**Schwerpunkt:
Solartechnik**

34

Inhalt	
Der Kommentar	
Lehrerqualifikation <i>Gottfried Adolph</i>	6
Editorial	
<i>Bernd Vermehr</i>	8
Schwerpunktthema Solartechnik	
Anwendungsaspekte der Solarzellentechnik <i>Hartmut Bauer/Torsten Kuntze</i>	11
Entwicklung und Perspektiven in der thermischen Solartechnik <i>Martin Ufheil</i>	21
Beiträge von Unterricht und Praxis	
Nachführsteuerung für eine Solaranlage <i>Klaus Sick</i>	29
Berufsschule mit „Solarlabor“ <i>Hans B. Schmid</i>	36
Der Solarturm Freiburg und seine didaktischen Möglichkeiten <i>Olaf Srowig</i>	43
Projekt SOLAR-RACER <i>Hartmut Teske</i>	46
Gestaltung einer Betriebsbesichtigung mit dem Aspekt „Solaranlage“ <i>Matthias Arnhold</i>	51
Förderung des Räumlichen Vorstellungsvermögens im Fach Technische Kommunikation <i>Klaus Hermann</i>	56
Das Schneckengetriebe ist defekt – Instandhaltung und Technische Kommunikation <i>Heinz Diekmann</i>	66

Praxisgerechte Fehlersuche – wie sie sein sollte! <i>Joachim Hammer</i>	78
Forum	
Ist der Kunde wirklich König? Umgang mit Kunden, Kundenberatung, Kundenbetreuung – ein defizitärer Lernbereich auch metalltechnischer Handwerksberufe <i>Joachim Moyé</i>	84
Rezensionen, Hinweise, Berichte, Mitteilungen	
Sonnen-Strategie. Politik ohne Alternative <i>Jens Köster</i>	87
Stromversorgung mit Solarzellen: Methoden und Anlagen für die Energieaufbereitung <i>Reinhard Malek</i>	88
Thermische Solaranlagen – Marktübersicht 1992. Leitfaden für Planung und Kauf von Solarwasseranlagen <i>Otmar Jacobs</i>	90
Handbuch Solarenergie 1993 <i>Bernd Vermehr</i>	91
Vereinbarung der Hochschulen für gewerblich-technische Berufsbildung	93
Ständiger Hinweis	94
Autorenverzeichnis	95

Gottfried Adolph

Kommentar

Lehrerqualifikation

„Was ist falsch an der akademischen Berufsschullehrerausbildung?“ „Die Lehrer sind weder up to date, weil sie das Angebot von Praktika kaum wahrnehmen, noch haben sie je genügend Didaktik gelernt.“

Es ist nicht irgend wer, der dieses vernichtende Urteil über uns abgibt. Hinter diesem Urteil steht die Autorität des renommierten Bildungsökonom Friedrich Edding. (Friedrich Edding wurde 1963 von dem kürzlich verstorbenen Hellmut Becker an das damals gegründete Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin geholt. Schon 1959 hatte Edding aufgrund internationaler Vergleiche auf den Zusammenhang zwischen öffentlichen Ausgaben für das Bildungswesen und internationaler Wettbewerbsfähigkeit aufmerksam gemacht und damit die spätere Proklamation des Bildungsnotstandes von Georg Picht vorbereitet.)

Die Frage nach der Effektivität der akademischen Berufsschullehrerausbildung stellt heute Sabine Etzold, die in der „Die Zeit“ und in anderen Zeitschriften regelmäßig, sachkundig und kritisch zu bildungspolitischen Fragen Stellung nimmt.

Das Interview mit Friedrich Edding, das in „Die Zeit“ Nr. 15/94 veröffentlicht ist, steht nicht zufällig und nicht isoliert. Es steht im Kontext der Diskussion um die Hochschulreform und hier im Zusammenhang mit den politischen Aktivitäten, die Ausbildung der Lehrer für technische Berufe (nicht für kaufmännische!) an die Fachhochschulen zu verlagern. Für viele Finanzpolitiker ist das wegen der besoldungsrechtlichen Konsequenzen ein faszinierender Gedanke. Diesen fiskalischen Gelüsten tritt Edding jedoch mit der energischen Forderung entgegen, „... drastisch und ziemlich bald die Eingangsstufe von Fachhochschul- und von Universitätsabsolventen auf das gleiche Niveau zu bringen“.

Daß die Verlagerung der Techniklehrer-Ausbildung an die Fachhochschulen keine Lösung der von ihm diagnostizierten Misere sein kann, zeigt die Verbindung, die Edding zwischen der Situation der beruflichen Bildung und der defizitären Berufsbildungsforschung herstellt.

„Die Berufsbildungsforschung ist – gemessen an einem Kostenvolumen der beruflichen Aus- und Weiterbildung von weit über hundert Milliarden Mark jährlich – sehr schwach ausgestattet, besonders an den Universitäten.“

Eine breit angelegte Berufsbildungsforschung würde nicht nur eine Basis für bessere bildungspolitische Entscheidungen bereitstellen, so kann man auf der Grundlage des Edding-Interviews weiter folgern, sie hätte auch unmittelbare Auswirkung auf eine effektive Berufsschullehrer-Ausbildung, wenn sie eine fachdidaktische Forschung in sich aufnähme und die Studierenden in diesen Forschungsprozeß eingebunden wären.

Die Voraussetzungen hierfür sind in den Universitäten aber geradezu erbärmlich. Die Bildungspolitik hat die Vorgaben des Berufsbildungsgesetzes nicht umsetzen können. Es gibt keine Lehrstühle für die Didaktik der beruflichen Fachrichtungen. Deshalb gibt es auch keine entsprechenden Studiengänge, und deshalb werden die Techniklehrer-Studenten auf Studienangebote der Ingenieur-Disziplinen verwiesen. Daß dabei das fachqualifizierende Studienangebot nur bruchstückhaft sein kann und darüber hinaus keine inhaltliche Beziehung zu den didaktischen Studienangeboten besteht, ergibt sich aus der Logik der Sache.

Es kann deshalb gar nicht anders sein, als daß Studienabgänger beim Beginn ihrer Schulkarriere noch nicht in der Lage sind, Theorie und Praxis einer beruflichen Fachrichtung angemessen zu vertreten, noch sie mit einem hohen Standard allgemein- und fachdidaktischen Wissens angemessen zu verbinden.

Warum wird alles, was mit beruflicher Bildung zusammenhängt, an den Universitäten so vernachlässigt? Edding ortet die Gründe hierfür in der historischen Entwicklung: „Die Berufsbildung trägt an einer schweren Belastung aus dem vorigen Jahrhundert, wo berufliche Bildung als die Bildung der Beherrschten und die allgemeine Bildung als die Bildung der Herrschenden galt. Dieser Klassenunterschied wirkt bis heute noch nach in der gesellschaftlichen Wertschätzung...“

Das ist gewiß – wer möchte das bestreiten – ein gewichtiger Grund für den beklagten Zustand. Ein weiterer Grund liegt aber auch darin, daß es wohl kaum einen anderen Berufsstand gibt, dessen Mitglieder so wenig Interesse an der fachlichen Ausbildung ihres eigenen Nachwuchses zeigt wie den der Techniklehrer.

Warum bringt dieser Berufsstand nicht die Strukturen zustande, die es ihm ermöglicht, sich bildungspolitisch bemerkbar zu machen (wie z.B. Ärzte oder auch Gymnasiallehrer)?

Warum lassen Techniklehrer es zu, daß Bildungspolitik für sie und nicht mit ihnen gemacht wird?

Bernd Vermehr

Editorial

Eine neue Ausgabe der berufspädagogischen Zeitschrift *lernen & lehren* liegt vor, diesmal mit dem thematischen Schwerpunkt Solartechnik. Im Verlauf der Vorbereitungsphase, wenn sich die Gedanken um die inhaltliche Ausgestaltung des Heftes drehen, fallen einem besonders oft Meldungen in der Tagespresse oder den verschiedenen Wochenzeitungen auf, über die sonst allzuoft das Auge hinweg huscht. Da ist z.B. die Meldung „Nullenergiehäuser konsequent auf minimalen Energieverbrauch optimiert“ (Tages-Anzeiger) oder „Sonnenenergie – der Durchbruch: Solarstrom wird bald billiger als Elektrizität aus Kohle und Kernkraft“ (Hamburger Abendblatt) sowie der „Aufruf zur Solar-Energie-Initiative (SEI)“ (Die Zeit). Für alle diese Meldungen gilt, daß sie den Leser auf Fragen der Sonnenenergie hinweisen und ihm gleichzeitig damit bewußt machen wollen, daß die fossilen Brennstoffe der Erde nur begrenzt zur Verfügung stehen, während der Vorrat an Sonnenenergie als unbegrenzt angesehen wird.

Die Nutzung der Sonnenenergie erscheint nicht mehr als ein technisches Problem. Der große Durchbruch in der Anwendung der Solartechnik wird durch hohe Investitionskosten von rund 20 000,- DM pro kW, der mangelnden politischen Unterstützung und letztlich auch durch die Barrieren in unseren Köpfen verzögert. Bundesweites Aufsehen erregte u.a. der Aachener Stadtrat mit seinem Beschluß, Privatleuten eine kostendeckende Vergütung für Strom aus Sonne und Wind zu zahlen, wenn sie den Überschuß in das öffentliche Netz einspeisen. Mit diesem ökonomischen Anreiz soll ein breiter Einsatz von umweltfreundlichen Anlagen zur Elektrizitätserzeugung gefördert werden (StromTHEMEN 8/93). Noch ist es in der Bundesrepublik nicht so weit wie in der Schweiz, wo Volk und Stände in einer Abstimmung zu Energiefragen Stellung bezogen haben und als Folge ein Aktionsprogramm ENERGIE 2000 entstand. Mit Hilfe dieser politischen Vorgabe soll der Verbrauch fossiler Energien bis zur Jahrtausendwende mindestens stabilisiert, wenn nicht reduziert werden, der Anteil der CO₂-Emissionen verringert sowie der Anteil der erneuerbaren Energien vergrößert werden. Im Jahr 2000 sollen drei Prozent der fossil erzeugten Wärme und 0,5 Prozent des Stromes durch erneuerbare Energie gedeckt werden. Die bescheiden anmutenden Prozentzahlen lassen zu Unrecht auf eine marginale Bedeutung der erneuerbaren Energien schließen. Man rechnet damit, daß im Jahr 2000 immerhin 3 000 Mio. kWh Wärme und 300 Mio kWh Strom zusätzlich zur Produktion 1990 zu decken sind und je nach Größe und Technologie Tausende von Anlagen zu planen und zu installieren sind.

Zu diesem Heft: Nach einer kurzen Darlegung des gegenwärtigen Stellenwertes erneuerbarer Energien in der Bundesrepublik berichten Hartmut Bauer und Torsten Kuntze über Anwendungsaspekte der Solarzellentechnik aufgezeigt am Beispiel der Photovoltaik-Lehr- und Experimentieranlage der TU Dresden und den bisherigen Erfahrungen mit dieser Anlage. Martin Ufheil war bislang Mitarbeiter des Fraunhofer-Instituts für solare Energiesysteme in Freiburg und ist seit kurzem mit vielen seiner Kollegen bestrebt, die bisherigen Erfahrungen in einem anderen Rahmen in die Praxis umzusetzen. Der vorliegende Beitrag „Entwicklung und Perspektiven in der thermischen Solartechnik“ entstand im Zusammenhang mit der zweiten bundesweiten Fachtagung Versorgungstechnik in Freiburg (siehe *lernen & lehren* Heft 33) und wird hier einem größeren Leserkreis vorgestellt.

Die Beiträge aus Unterricht und Praxis beziehen sich mit Ausnahme von drei Beiträgen auf das Schwerpunktthema dieses Heftes. Klaus Sick stellt die Entwicklung und den Bau einer Nachführsteuerung für ein Solarpaddel im Rahmen des Projektunterrichtes vor, während Hans B. Schmid von der Nürnberger Berufsschule berichtet, die eine nichtgenutzte Werkstatt zu einem Solarlabor umrüstete und diesen Fachraum inzwischen vielfältig nutzt. Zugleich hat sich die Berufsschule mit diesem Solarlabor in Verbindung mit weiteren lokalen Fortbildungsveranstaltungen auf den Weg gemacht hat, ein regionales Technologiezentrum für Solarenergiekonzepte aufzubauen. Olaf Srowig berichtet von dem vergleichbaren Bemühen, die nachträgliche Installation eines Solarturmes bei der Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule in Freiburg für den Unterricht in den verschiedenen Ebenen zu nutzen und zugleich in der Region die Einsatzmöglichkeiten von Photovoltaikanlagen bekannter zu machen. Hartmut Teske stellt das Projekt Solar-Racer vor, in dem außerhalb des normalen Berufsschulunterrichts Lehrer und Auszubildende gemeinsam ein Solarmobil entwickeln, bauen und zum Schluß in zwei verschiedenen Rennen für Solarmobile erfolgreich einsetzen. Matthias Arnhold zeigt die Möglichkeiten auf, mit Hilfe des Verfahrens Betriebsbesichtigung mit Aspekterkundung Auszubildende mit der Experimentier- und Versuchseinrichtung eines Hochschulinstitutes bekannt zu machen. Andere Akzentuierungen für eine Betriebsbesichtigung werden aufgezeigt. Die nachfolgenden drei Beiträge von Klaus Hermann, Heinz Diekmann und Joachim Hammer hätten inhaltlich besser zum Schwerpunktthema des letzten Heftes gepaßt, sie konnten trotz rechtzeitiger Vorlage aber nicht berücksichtigt werden, weil der vorgegebene starre Heftumfang von *lernen und lehren* bereits in der letzten Ausgabe überschritten war. Die Redaktion bittet die Autoren um Verständnis.

Auf einen defizitären Lernbereich im Rahmen der Ausbildung nicht nur bei den metalltechnischen Handwerksberufen, nämlich den Umgang mit Kunden, macht der Beitrag von Joachim Moyé aufmerksam.

Rezensionen und die Vereinbarung der HGTV vom Januar 1994 runden diese Ausgabe von *lernen & lehren* ab.

Vom 14. bis 16. September 1994 finden in München die Hochschultage Berufliche Bildung statt. Sowohl die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik als auch die Bundesarbeitsgemeinschaft in der Fachrichtung Metalltechnik sind jeweils mit einer Fachtagung und in unterschiedlichem Maße bei einzelnen Workshops engagiert. *Neue didaktische und methodische Ansätze zur Ausbildung in handwerklichen und industriellen Elektroberufen* weist die Broschüre des Veranstalters als Thema der Fachtagung Elektrotechnik und *Arbeitsorganisation im Wandel – Berufliches Lernen wie bisher?* als das Thema der Fachtagung im Bereich der Metall- und Maschinentechnik aus. Weitere Informationen mit dem detaillierten Zeitplan, der Übersicht über die verschiedenen Veranstaltungen und einiges mehr können Sie der Broschüre entnehmen, die beim Lehrstuhl für Pädagogik der Technischen Universität München, Lothstr. 7, 80335 München, abzufordern ist. Für ganz Eilige: Telefon (089) 21054284 oder Fax (089) 21054313. Werden Sie auch nach München kommen können?

Hartmut Bauer/Torsten Kuntze

Anwendungsaspekte der Solarzellentechnik

Motivation

Der Primärenergieverbrauch der Bundesrepublik Deutschland beträgt jährlich etwa $3 \cdot 10^{12}$ kWh (im Vergleich dazu 1990: 3200 Mrd. kWh oder 390 Mio t SKE), wobei mehr als 50 % dieses Energiebedarfs durch Brennstoffimporte gedeckt werden. Die dabei entstehenden CO_2 -Emissionen betragen 10^9 t.

Aus Gründen der

- Ressourcenschonung fossiler Brennstoffe,
- Reduzierung der Umweltbelastung,
- Verminderung der Importabhängigkeit sind erneuerbare Energien verstärkt zu nutzen.

Gegenwärtiger Stand

Nur etwa 2,5 % am Primärenergieeinsatz oder reichlich 4 % bei der Elektroenergieerzeugung werden durch erneuerbare Energien erbracht. Die Erzeugung von Elektroenergie aus photovoltaischen Anlagen (PVA) hat gegenwärtig nur einen Anteil von weniger als 0,01 %. Die Strahlungsleistung liegt zwischen 20 W/m^2 an einem trüben Wintertag und 1000 W/m^2 an einem sonnigen Sommertag. Abhängig von der Struktur der Solarzellen (amorph, multikristallin, monokristallin) sind gegenwärtig Wirkungsgrade von 5 bis 18 % erreichbar. Die Investitionskosten betragen derzeit etwa 25 000 DM/kW, bezogen auf die nominelle Modulleistung. Erst eine Reduzierung dieser Kosten um den Faktor 5 würde ein Energiepreisniveau von 0,50 DM/kWh ergeben.

Von den etwa 3000 km^2 Dachflächen in Deutschland sind etwa 175 km^2 ohne größeren Aufwand nutzbar, wodurch ein Anteil von 8 % des jährlichen Elektroenergiebedarfs gedeckt werden könnte (BMFT 1992). Viele Photovoltaikanlagen haben eine Spitzenleistung bis 5 kW. Vergleicht man diese Spitzenleistung mit der installierten Leistung eines 1000-MW-Kernkraftwerkes, so sind 200 000 derartiger photovoltaischer Anlagen in der Lage, im Sommer bei Mittagssonne die Leistung eines Kernkraftwerkes ins Netz zu speisen. Wird die Elektroenergiebilanz eines Sommertages verglichen, wären etwa 1 Million derartiger PVA und an trüben Wintertagen mehr als 20 Millionen dieser PVA erforderlich, um ein einziges Kernkraftwerk zu ersetzen.

Es ist notwendig, daß mit Fördermitteln (über 300 Mio DM/Jahr) versucht wird, den Anteil der erneuerbaren Energiequellen zu erhöhen, durch

- Forschungen in der gesamten Breite der erneuerbaren Energien,
- Erhöhungen des Wirkungsgrades, beispielsweise durch Solarzellenforschung,
- Kostensenkung durch Technologieverbesserung.

Dabei muß bedacht werden, daß eine Verbesserung des Wirkungsgrades um 1% in einem konventionellen 800-MW-Kohlekraftwerk bezüglich der CO₂-Emission einen ähnlichen Effekt bringt wie die Errichtung von mehr als 10 000 derartiger PVA. Da für die Herstellung, Errichtung und Verkabelung dieser PVA ebenfalls Elektroenergie benötigt wird, sind einseitige Entscheidungen für Forschungsziele und deren Förderung nicht sinnvoll.

Lehr- und Experimentieranlage der TU Dresden

Die Photovoltaik-Lehr- und Experimentieranlage des Instituts für Elektroenergieversorgung der TU Dresden (vgl. Abb. 1) arbeitet in ihrem gegenwärtigen Ausbauzustand mit einer installierten Leistung von 2,5 kW am Netz und hat im Jahr 1993 insgesamt 1589 kWh in das Wechselstromnetz der Universität eingespeist. Durch Untersuchungen an der Systemtechnik dieser Anlage bedingt erfolgten zeitweilige Trennungen vom Netz, so daß für Anlagen im Elbtal bei Dresden höhere Energiepreise erreichbar sind (Rindelhardt/Schubert/Teichmann 1994).

Die Anlage besteht aus drei Modulgruppen, die an einem Spannbetonmast montiert sind. Zwei Modulgruppen mit einer Leistung von je 1,1 kW bestehen aus monokristallinen Solarzellen und sind nach Süden ausgerichtet, wobei die mittlere Gruppe starr montiert ist und die untere manuell auf Sommer- und Winterbetrieb geneigt werden kann. Die obere Modulgruppe mit 0,3 kW wird automatisch zweiachsig (dreh- und schwenkbar) dem Sonnenstand nachgeführt. Über drei einphasige Wechselrichter verschiedener Hersteller erfolgt die Einspeisung in die drei Leiter des Drehstromsystems (vgl. Abb. 2) (Ambrosch/Kuntze 1993).

Die eingespeiste Leistung wird, ergänzt durch die eingestrahlte Leistung, die Umgebungstemperatur, die Windgeschwindigkeit und die Luftfeuchte, ständig gemessen und die Meßwerte werden im Rechner gespeichert. Durch die systematische Auswertung kann auch der Wirkungsgrad bestimmt werden. Für das starre 1,1-kW-System wurde ein Gesamtwirkungsgrad von $\eta = 6,8\%$ ermittelt. Parallel zur Ausbildung wird diese Anlage auch für kleinere Aufgaben der Anwendungsforschung genutzt. Dabei interessieren Fragen, wie die nachfolgenden:

- Wie stark schwankt die Generatorleistung und welcher Leistungsgewinn ist durch eine zweiachsige Nachführung erreichbar?
- Unter welchen Bedingungen kommt es zum Selbstlauf der Wechselrichter?

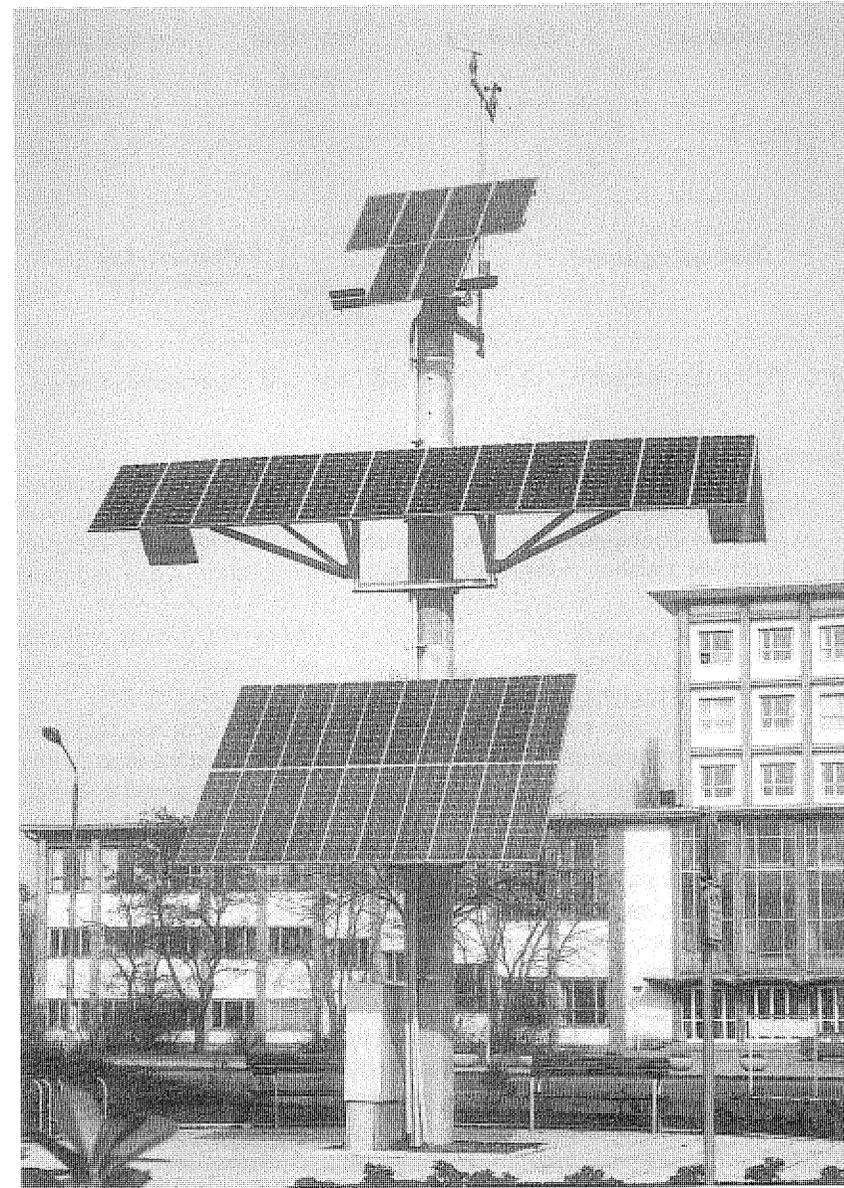


Abb. 1: Photovoltaikanlage des Instituts für Elektroenergieversorgung der TU Dresden

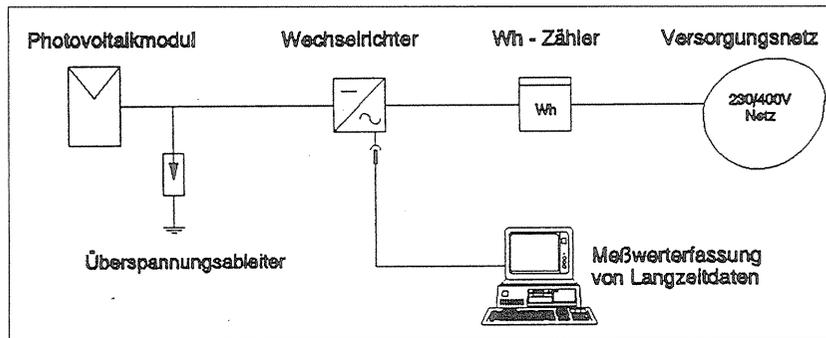


Abb. 2: Übersichtsschaltbild der Photovoltaik-Lehr- und Experimentieranlage

ter und mit welchen kostengünstigen Maßnahmen können die sicherheitsrelevanten Anforderungen erfüllt werden?

- Welche Überspannungen sind bei nahen Blitzschlägen zu erwarten und mit welchen konstruktiven Maßnahmen können diese reduziert werden?

Zweiachsige Nachführung einer Modulgruppe

Der Energieertrag einer photovoltaischen Anlage (PVA) wird wesentlich von der Einstrahlungsdauer, dem Einfallswinkel, der Temperatur und der Bewölkung bestimmt (Leis 1992). Beim Verhältnis von maximalem zu minimalem Tagesenergieertrag können Faktoren bis 50 nicht ausgeschlossen werden. Beim Monatsenergieertrag sind Faktoren von etwa 5 ablesbar (vgl. Abb. 3). Ist eine Modulgruppe auf den Stand der Mittagssonne ausgerichtet, kann nur in den Vormittags- und Nachmittagsstunden mit Hilfe einer Nachführeinrichtung eine Steigerung des Energieertrages erwartet werden. Um diesen Effekt während des Betriebes bestimmen zu können, wurde für einen begrenzten Zeitraum die obere (nachführbare) Modulgruppe parallel zur mittleren Modulgruppe starr betrieben. Das Verhältnis zwischen beiden wurde für mehrere unterschiedliche Tagesverläufe bestimmt. Damit kann während des Normalbetriebes, bei dem die obere Modulgruppe zweiachsig dem Sonnenstand nachgeführt wird, der Tagesgang der mittleren Modulgruppe als Referenz für die nachgeführte verwendet werden. Es wird deutlich, daß in den Morgen- und Abendstunden bei direkter Sonneneinstrahlung Leistungssteigerungen von etwa 20 % möglich sind (Abb. 4). Dabei ist zu beachten, daß für die Nachfüh-

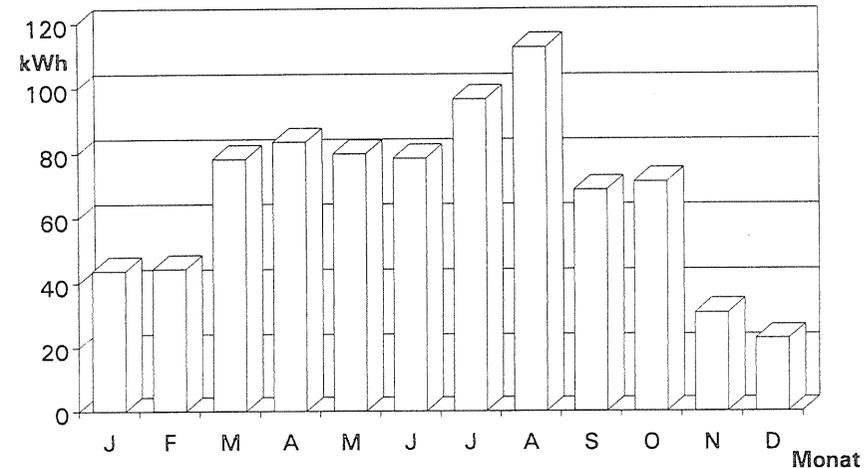


Abb. 3: In das Netz eingespeiste Energiemenge einer 1,1-kW-Modulgruppe für das Jahr 1993

rung der oberen 300-W-Modulgruppe eine Antriebsleistung von 120 W erforderlich ist und durch die Nachführung eine Leistungssteigerung um maximal 60 W erreicht wird. Deshalb erfolgt die Nachführung automatisch nur im 30-minütigen Abstand auf jeweils eine neue Richtung und einen neuen Neigungswinkel, die bis zur nächsten Nachführung konstant bleiben.

Demgegenüber sind bei Bewölkung wesentlich größere Leistungsschwankungen zu beobachten (Abb. 4), so daß an diesen Tagen Nachführeinrichtungen noch weniger effektiv sind. Das hat zur Folge, daß starr montierte Modulgruppen auf Dächern und an Fassaden keine großen Ertragsverluste bezogen auf das erreichbare Maximum erwarten lassen.

Sicherheitsaspekte

Bei Netzabschaltung ist ein unerwünschter stabiler Inselbetrieb eines netzparallelen Wechselrichters ein Gefährdungsrisiko. Einphasige Wechselrichter müssen deshalb derzeit über eine dem EVU jederzeit zugängliche Freischaltstelle mit Trenneigenschaften verfügen. Die Zugänglichkeit darf eingeschränkt sein, wenn bei dreiphasigem Anschluß und nicht inselbetriebsfähigen Wechselrichtern mit Hilfe einer dreiphasigen Unterspannungsüberwachung der Leiter-Leiter-Spannungen ein Abschalten des Wechselrichters gesichert

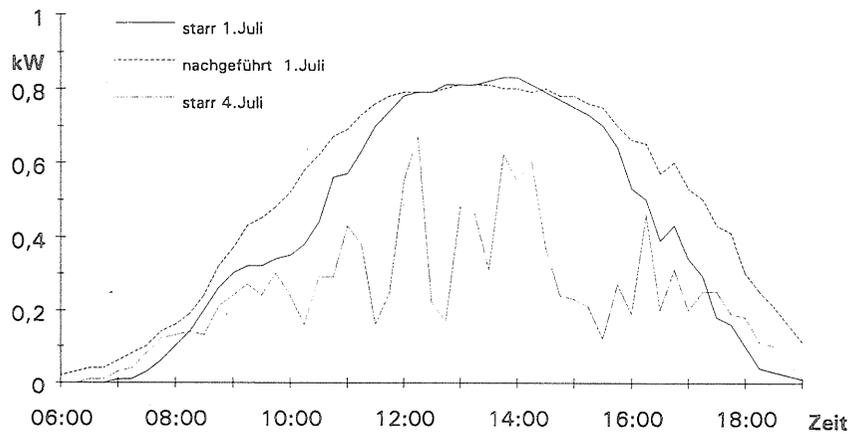


Abb. 4: Tagesgänge der vom Wechselrichter in das Netz eingespeisten Leistung einer 1,1-kW-Modulgruppe

ist. Die Erkennung des Netzausfalls und die Abschaltung des Wechselrichters müssen sicherheitsrelevante Anforderungen erfüllen. Verschiedene einphasige Wechselrichter aus dem aktuellen Marktangebot wurden durch experimentelle Untersuchungen auf Selbstlauffähigkeit geprüft, wozu die Belastungsverhältnisse variiert wurden. Die Selbstlaufbereiche zeigen, bei welchen Verhältnissen zwischen der vom Wechselrichter gelieferten und der von der Last stationär verbrauchten Leistung Selbstlauf zu erwarten ist. Beispielsweise konnte für einen netzgeführten Wechselrichter aufgrund seines Blindleistungsbedarfs bei dieser Anschaltungsvariante nur bei einer ohmsch-kapazitiven Last ($q < 0$) Selbstlauf nachgewiesen werden. Entsprechend den Vorschlägen der Berufsgenossenschaft Elektrotechnik wurde der Versuchsstand durch einen auf Netzfrequenz abgestimmten Parallelschwingkreis ergänzt (Abb. 6). Die vermutete Ausdehnung des Selbstlaufbereiches konnte für diesen Wechselrichter nachgewiesen werden (Abb. 5) (Bauer/Kuntze/Lorenz/Preuß 1994). Um die montagekostenintensive zugängliche Freischaltstelle durch eine automatisch wirkende Abschalteinrichtung ersetzen zu können, sind zur Erfüllung der sicherheitsrelevanten Anforderungen zwei Selbstlaufüberwachungseinrichtungen und zwei Abschalteinrichtungen in den Wechselrichter zu integrieren. Dabei sind jeweils für die redundanten Einrichtungen Unabhängigkeit und Diversität zu erzielen, um das Risiko von Unterfunktionen bei den Abschaltungen auf ein vertretbares Restrisiko zu senken. Überfunktionen dieser 1 aus 2 verschalteten Abschalteinrichtungen können nur durch die Auswahl der Überwachungskriterien auf ein tolerierbares Maß reduziert werden.

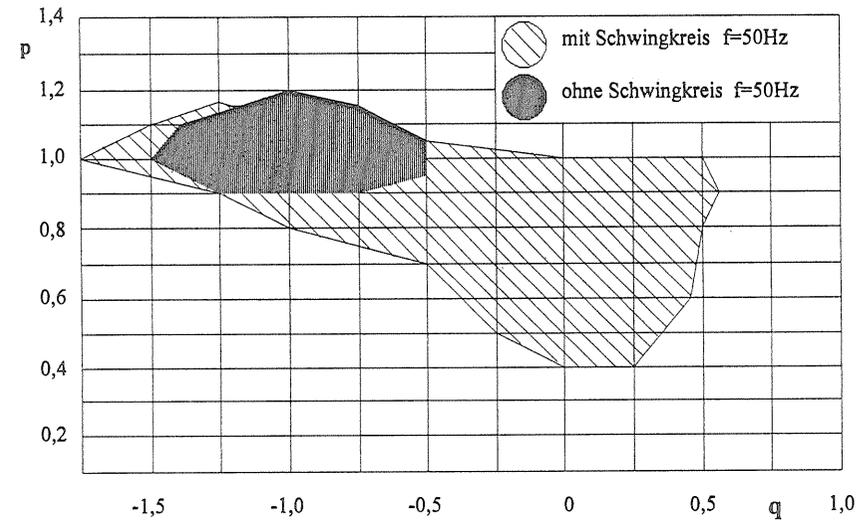


Abb. 5: Selbstlaufbereiche eines netzgeführten Wechselrichters bei Nennleistung mit und ohne Parallelschwingkreis bei der Netzsimulation ($p = P_{\text{Last}}/P_{\text{WR}}$, $q = Q_{\text{Last}}/Q_{\text{WR}}$)

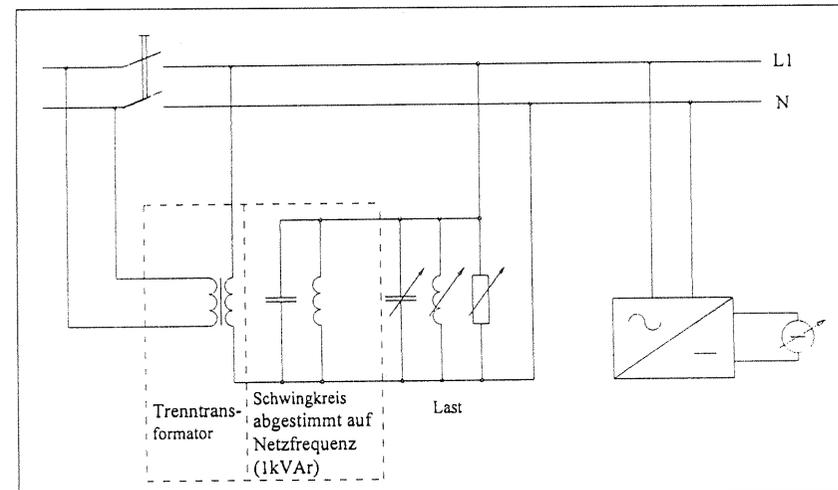


Abb. 6: Schaltung des Versuchsstandes zur Prüfung des Selbstlaufes einschließlich eines auf die Netznennfrequenz abgestimmten Schwingkreises

Überspannungsschutz

Um bei nahen Blitzeinschlägen die im Haus installierten Einrichtungen, einschließlich der Rechentechnik, wirksam zu schützen, sind die von der PVA kommenden Speisekabel in das Blitzschutzkonzept des Gebäudes einzubeziehen (Hasse/Wiesinger 1989). Außerhalb des Wirkungsbereiches dieses Überspannungsschutzes befinden sich die Modulgruppen auf dem Dach bzw. am Mast. Abhängig von der Modulverschaltung werden in den Leiterbahnen durch einen im benachbarten Blitzableiter fließenden Blitzstrom Überspannungen induziert, die zu Schäden an den Solarzellen führen können. Im Hochspannungslaboratorium der TU Dresden wurde mit Hilfe der Entladung eines Stoßgenerators der Blitzstrom durch einen Blitzableiter simuliert und die

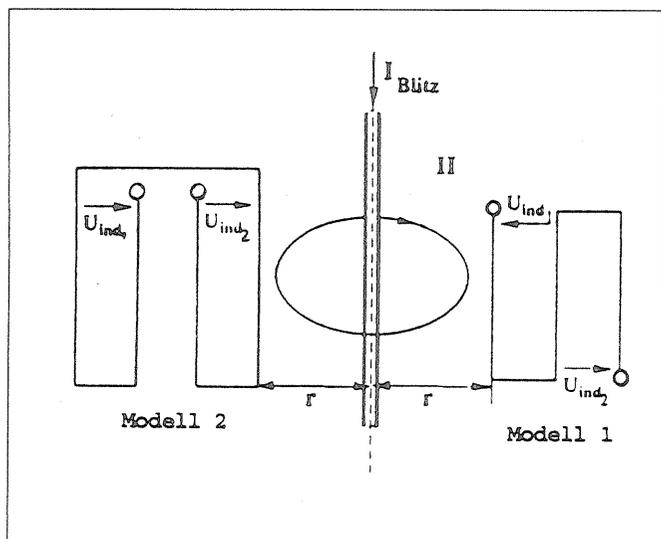


Abb. 7: Versuchsanordnung zur Messung der in PV-Modulen induzierten Spannung bei Impulsstrombeaufschlagung eines nahen Blitzableiters (schematisch)

Überspannungsbelastung an realen Modulgruppen und an Modellanordnungen gemessen (Abb. 7) (Bauer/Kuntze/Lorenz/Preuß 1994). Erwartungsgemäß wird das um den Blitzstrom entstehende und die Modul-

gruppe durchflutende Magnetfeld durch leitende Rahmenkonstruktionen und durch Folienbeschichtungen aus der Modulfläche verdrängt. Die Wirksamkeit dieser Maßnahmen wurde durch Messungen quantifiziert (Abb. 8). Die Folienbeschichtung erweist sich als wirkungsvoller, so daß auch bei Verzicht auf die den Schneeabrutsch behindernden Rahmen gute Überspannungsreduzierungen erreichbar sind.

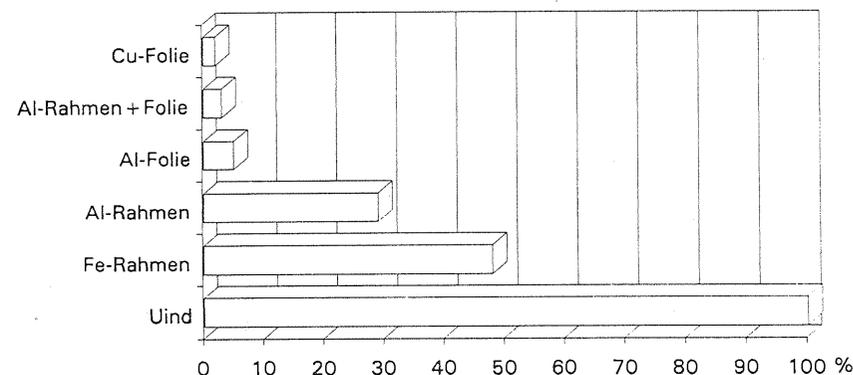


Abb. 8: Bezogene Werte der im Modul induzierten Spannung in Abhängigkeit von der Modulkonstruktion (Bezugswert: Induzierte Spannung ohne Reduzierungsmaßnahmen)

Schlußfolgerungen und Ausblick

Forschungen, Förderungen und Anwendungen zur Erschließung der erneuerbaren Energiequellen sind unverzichtbar. Sie sind im Konsens mit der Wirkungsgradverbesserung der derzeit wichtigsten Energiequellen zu betrachten und koordiniert zu entscheiden. Für photovoltaische Anlagen (PVA) lassen sich folgende Zielrichtungen erkennen:

- Verbesserung der Solarzellen hinsichtlich Wirkungsgrad, Kosten und Entsorgbarkeit (Köthe 1991),
- Kostenreduzierung für Anlagen durch weitgehende Fabrikfertigung einschließlich sicherheits- und schutztechnischer Komponenten,
- Erschließung kostengünstiger Anwendungen für Inselösungen durch Einsparung anderer Ressourcen; beispielsweise sind für die photovol-

taisch gespeisten Parkscheinautomaten keine Tiefbaukapazitäten für die Verkabelung erforderlich,

- Erschließung von Anwendungen für das Garen von Speisen und Abkochen von Wasser (2,5 kWh/Tag) sowie für das Kühlen von Medikamenten in Länderbereichen ohne ausgebaute Elektroenergieversorgung (Köthe 1994).

Weiterführende Arbeiten erfordern Sinn für Realität, Verantwortung für die Umwelt und Kreativität.

Literatur

- AMBROSCH, H./KUNTZE, T.: Photovoltaik-Experimentier- und Demonstrationsanlage am Institut für Elektroenergieversorgung der TU Dresden. *Elektrie*, Berlin 47 (1993) Heft 1, S. 28-33
- BAUER, H./KUNTZE, T./LORENZ, U./PREÜß, M.: Schutz- und Sicherheitsaspekte bei Photovoltaikanlagen. *Elektrie*, Berlin 48 (1994), Heft 1, S. 35-39
- BUNDESMINISTER FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE: Erneuerbare Energien, Stand – Aussichten – Forschungsziele. Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Bonn 1992 (3. Auflage 11/1992)
- HASSE, P./ WIESINGER, J.: Handbuch für Blitzschutz und Erdung. Berlin/Offenbach 1989 (3. Auflage)
- KÖTHE, K.: Stromversorgung mit Solarzellen. München 1991 (2. Auflage)
- KÖTHE, K.: Photovoltaik im Gleichstrom-Schutzkleinspannungsbereich – die wirtschaftliche Alternative zur Netzankepfung. *Energie und Umwelt '94*, Freiberg (23.-25.3.1994), Tagungsband, S. 87-90
- LEIS, U.: Einflußfaktoren auf den Wirkungsgrad von Solarmodulen. *Energie-wirtschaftliche Tagesfragen* (1992) Heft 8, S. 543-548
- RINDELHARDT, U./SCHUBERT, D./TEICHMANN, G.: Photovoltaik-Experimentierfeld im Forschungszentrum Rossendorf. *Elektrie*, Berlin 48 (1994) Heft 1, S. 31-34

Martin Ufheil

Entwicklung und Perspektiven in der thermischen Solartechnik

Die anhaltende Diskussion um die Folgen der heutigen Art der Energieversorgung führte in den vergangenen Jahren zu einem verstärkten Engagement im Bereich der Solarenergienutzung. Die Entwicklungen der letzten Jahre sind gekennzeichnet durch eine stärkere Beachtung des Systemgedankens sowie durch die Erforschungen neuer transparenter Materialien. Sowohl die passive als auch die aktive Solarenergienutzung wurden wesentlich durch diese neuen Entwicklungen geprägt. Im folgenden werden in einer komprimierten Übersicht die Entwicklungen auf den beiden Hauptgebieten, passive und aktive Solarenergienutzung, dargestellt und deren Bedeutung für unsere zukünftige Energieversorgung aufgezeigt.

Passive Solarenergienutzung: Neue Entwicklungen und Perspektiven

Von passiver Solarenergienutzung wird gesprochen, wenn die Solarenergie mit Hilfe von baulichen Maßnahmen genutzt wird. Auf diese Art kann ein Gebäude solar beleuchtet (Tageslicht) und beheizt werden. Zur passiven Solarenergienutzung wird keinerlei Fremdenergie (z.B. zum Antrieb von Pumpen) benötigt. Zu den wesentlichen Komponenten der passiven Solarenergienutzung zählen Fenster, Wintergärten und die neu entwickelte transparente Wärmedämmung.

Im Bereich der Fenster wurden vor allem verbesserte Verglasungen entwickelt. Hier konnte erreicht werden, daß durch eine Befüllung der Scheibenzwischenräume mit Edelgasen, sowie eine spezielle Beschichtung der Gläser der Wärmeverlustwert von Doppel-Verglasungen von ehemals $3,0 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ auf $1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ also um mehr als 50 % reduziert werden konnte. Durch entsprechende Weiterentwicklungen im Bereich der Mehrfachverglasungen sind heute Verglasungen erhältlich, die k-Werte unter $0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ aufweisen.

Eine weitere hoffnungsvolle Entwicklung wurde unter der Bezeichnung „transparente Wärmedämmung“ bekannt. Hierbei handelt es sich um eine Weiterentwicklung der Trombé-Wand, die mittels spezieller Materialien transparent wärmedämmend wird. Die Abbildung 1 zeigt das Funktionsprinzip dieser neuen Technologie auf. Die Solarstrahlung durchdringt die transparente Dämmung

und wird an der schwarzen Außenwandoberfläche absorbiert. Dort wird die Solarstrahlung in Wärme gewandelt. Anschließend wird die Wärme über die Wand ins Rauminnere geleitet. Dabei dient die Außenwand als Speicher und als Heizkörper. Das eingebaute Rollo dient als Überhitzungsschutz im Sommer.

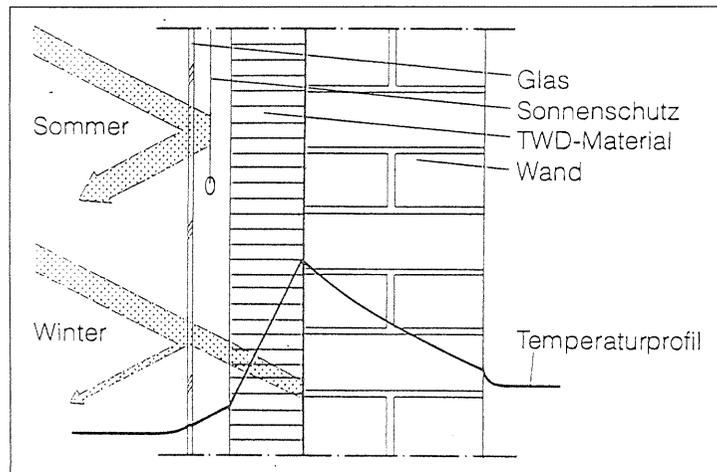


Abb. 1: Transparente Wärmedämmung an Fassaden

Neben den passiven Solarsystemen wurden auch Wandaufbauten und Lüftungssysteme von Gebäuden optimiert. Als Ergebnis dieser Entwicklung wurden Niedrigenergie- bzw. Passiv-Häuser konzipiert. Dabei handelt es sich um Häuser, die einen stark reduzierten Heizenergiebedarf besitzen. So weist z.B. das energieautarke Haus in Freiburg einen Heizenergiebedarf von $2 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ auf. Dies entspricht ca. 1 % des Heizenergiebedarfs von konventionellen Neubauvorhaben.

Die Planung solcher Häuser erfolgt heute mit Hilfe von speziellen Simulationsprogrammen, die alle Arten von Energiegewinn und -verlust stündlich berechnen können. Der Einsatz dieser Programme ermöglicht vor allem eine verbesserte Systembetrachtung. So kann nun eine intelligente Kombination von Einsparmaßnahmen und rationeller Energieverwendung erfolgen. Als Ergebnis derartiger Systembetrachtungen erhält man Häuser, deren Heizenergiebedarf maßgeblich durch die passive Solarenergienutzung gedeckt wird.

Aktive Solarenergienutzung: Neue Entwicklungen und Perspektiven

Von aktiver Solarenergienutzung wird gesprochen, wenn zum Betrieb des Solarsystems Transporthilfsmittel wie Wärmeträgermedien oder Pumpen benötigt werden. Bekanntestes Beispiel für die aktive Solarenergienutzung ist eine wie in Abbildung 2 angeführte Kollektoranlage zur Brauchwarmwasserbereitung. Hierbei wird die im Kollektor gewonnene Solarenergie mit Hilfe eines flüssigen Wärmeträgers (Wasser und Frostschutzmittel) vom Kollektor bis zum Speicher transportiert.

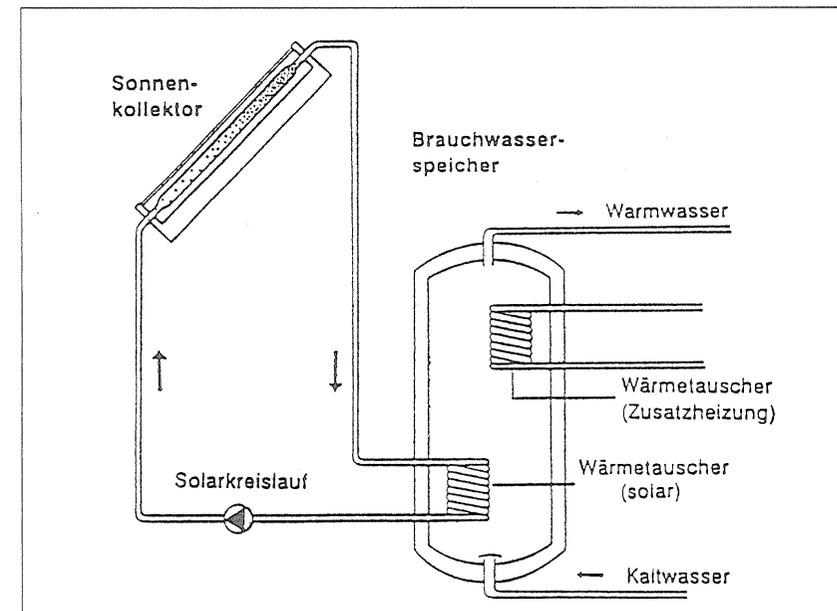


Abb. 2: Kollektoranlage zur Brauchwarmwasserbereitung

Neben der Warmwasserbereitung können aktive thermische Solarsysteme auch zur Unterstützung der Raumheizung, zur Erzeugung von Prozesswärme oder zur Schwimmbaderwärmung dienen. Bedeutender Vorteil von aktiven Solarsystemen ist, daß im Vergleich zur passiven Solarenergienutzung die gewonnene Solarenergie auch transportiert und für längere Zeit gespeichert

werden kann. Größtes Handikap bei der Vermarktung dieser Solarsysteme ist, daß sie, mit Ausnahme der Schwimmbadsysteme, bei den heutigen Energiepreisen aus betriebswirtschaftlicher Sicht immer noch unwirtschaftlich sind.

Die Entwicklungen der letzten Jahre hatten daher einerseits zum Ziel, verbesserte Kollektorsysteme und damit höhere Wirkungsgrade bei annähernd gleichen Preisen zu erreichen. Andererseits sollte durch die Optimierung des Gesamtsystems (Kollektor, Rohre, Pumpen, Speicher) eine Preisreduktion in den Systemkosten erzielt werden.

Eine Erhöhung der Kollektorwirkungsgrade konnte insbesondere durch die Entwicklung neuer Materialien, wie z.B. der transparenten Wärmedämmung und verbesserter selektiver Kollektorbeschichtungen, erzielt werden. Im Bereich Kollektorsystemtechnik konnte durch die Entwicklung von Speicherkollektoren und den Aufbau von Großkollektorsystemen eine deutliche Kostenreduktion erzielt werden. Folgende kurze Übersicht faßt die Entwicklungen auf dem Gebiet der aktiven thermischen Solarenergienutzung zusammen.

Neue Materialien zur aktiven thermischen Solarenergienutzung

Transparente Wärmedämmung

Transparente Wärmedämmsysteme haben aus Sicht der Solarenergienutzung den Vorteil, daß sie hoch transparent für Solarlicht sind und damit viel Solarenergie gewinnen können. Durch die Dämmeigenschaft dieser Materialien wird gleichzeitig verhindert, daß die einmal gewonnene Wärme wieder verloren geht. Die Funktionsweise als Fassadensystem konnte im Rahmen dieses Beitrages bereits erläutert werden. Beim Einsatz in aktiven Systemen konnten vor allem interessante Anwendungen zur Prozeßwärmeerzeugung entwickelt werden. Kollektorsysteme mit transparenter Wärmedämmung können z.B. auch noch bei Temperaturen um 100°C Wirkungsgrade größer 40 % erwirtschaften.

Flachkollektor mit transparenter Wärmedämmung (TWD)

Durch den Einsatz von transparenter Wärmedämmung können Flachkollektoren gebaut werden, deren Leistungswerte mit den Werten von Vakuumröhrenkollektoren vergleichbar sind.

Beidseitig beleuchteter Kollektor (BEIKO)

Eine spezielle Kollektorbauart, entsprechend Abbildung 3, ermöglicht, daß die Absorberfläche eines Kollektors von oben und von unten (beidseitig) beschie-

nen werden kann. Die Absorberflächen werden beidseitig mit transparenter Wärmedämmung versehen. Der beidseitig beleuchtete Kollektor (BEIKO) weist infolge seiner Bauart theoretische Stillstandstemperaturen von $> 300^{\circ}\text{C}$ auf. Seine Leistungsfähigkeit übertrifft damit die Daten von üblichen Vakuumröhrenkollektoren.

Sowohl beim TWD-Flachkollektor als auch beim BEIKO muß jedoch berücksichtigt werden, daß diese Systeme bislang nicht stillstandssicher und damit für die Praxis noch nicht einsatzfähig sind. Da die TWD-Materialien bislang aus Kunststoffen gefertigt werden, liegen die maximal erlaubten Betriebstempere-

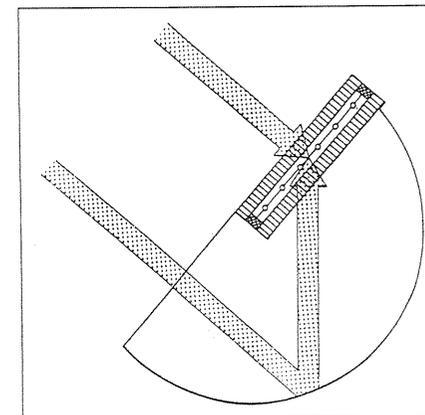


Abb. 3: Beidseitig beschienener Kollektor (BEIKO)

turen von ca. 180°C deutlich unter den theoretisch möglichen Stillstandstemperaturen von ca. 300°C . Dies führt dazu, daß die Kollektorsysteme beschädigt werden, wenn bei Sonnenschein keinerlei Energie abgenommen wird. Aber auch hier zeichnen sich hoffnungsvolle Entwicklungen ab, die eine Fertigung von TWD-Materialien auf Glasbasis ermöglichen.

Selektive Schichten

Durch Beschichten der Absorber mit einer im infraroten Wellenlängenbereich reflektierenden Schicht konnten die Wärmestrahlungsverluste von Absorbern deutlich reduziert werden. Im Vergleich zum mattschwarzen Absorber können

durch Aufbringung dieser sogenannten selektiven Schichten die Verluste durch Wärmestrahlung um ca. 80 % reduziert werden. Diese deutliche technologische Verbesserung von Absorbern führte dazu, daß im Bereich der Flachkollektoren enorme Wirkungsgradverbesserungen bei nur geringen Mehrkosten erzielt werden konnten.

Mittlerweile sind selektive Schichten in Entwicklung, die im Sputterverfahren aufgebracht werden. Hierdurch können Emissionswerte und Kosten von Absorbern weiter optimiert werden.

Entwicklungen im Bereich Kollektorsystemtechnik

Speicherkollektor mit transparenter Wärmedämmung

Neben der Verbesserung von Wirkungsgraden konnte durch die Verwendung von TWD auch eine wesentliche Vereinfachung der Kollektorsystemtechnik erreicht werden. So wurde ein transparent wärmegeämmter Speicherkollektor entwickelt. Hierbei sind Kollektor und Speicher in einem Bauteil vereinigt. Beim Speicherkollektor wird das Brauchwasser direkt im Kollektor erwärmt. Wenn Warmwasser entnommen wird, strömt von unten kaltes Wasser nach. Durch diese Systemvereinfachung entfallen alle Aufwendungen für Regelung, Pumpe und Wärmetauscher, was dann auch zu einer Reduktion der Systemkosten führt. Erst durch den Einsatz von transparenter Wärmedämmung konnte das Einfrieren der Kollektoren zuverlässig verhindert werden.

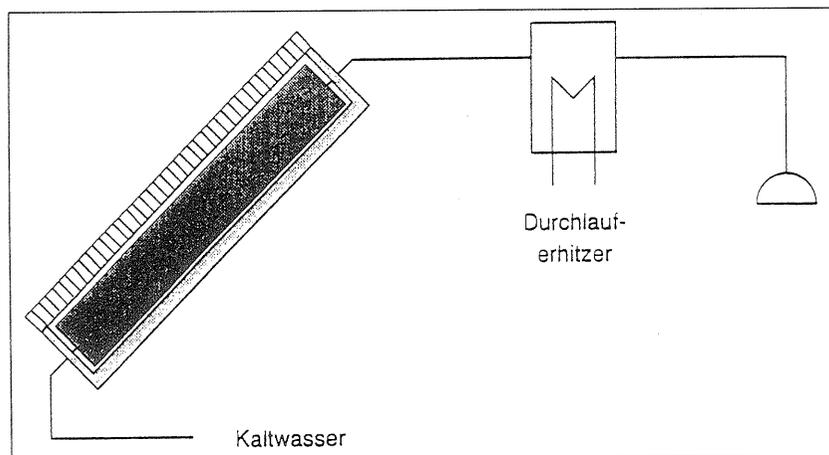


Abb. 4: Speicherkollektor mit transparenter Wärmedämmung

Low-Flow-Systeme

Low-Flow-Systeme arbeiten mit deutlich geringeren Durchflußraten als heutige Standardsysteme. Die Durchflußraten von Low-Flow-Systemen bewegen sich pro m² Kollektorfläche zwischen 12 und 15 l/h. Dies entspricht etwa einem Drittel der heute üblichen Durchflußraten von 45 bis 60 l/h. Bei der Untersuchung von Low-Flow-Systemen zeigte sich, daß durch die Verminderung der Durchflußrate bei gleichem Systemwirkungsgrad eine starke Reduktion der Systemkosten erreicht werden konnte. Dies war vor allem deshalb möglich, weil Pumpen und Rohre kleiner dimensioniert werden konnten.

Solare Nahwärme

Durch die Vernetzung mehrerer Gebäude mittels einer Heiß-Wasserleitung (Nahwärme) kann der Energiebedarf verschiedenster Verbraucher geglättet werden. Sonnenkollektoren können solar erzeugte Wärme direkt in dieses Netz einspeisen. Durch die Konzentration der Kollektoren auf ein größeres Kollektorfeld können erhebliche Preisreduktionen erzielt werden. Nachdem seit 1986 bereits reichhaltige Erfahrungen in Schweden und Dänemark gesammelt wurden, werden nun auch in der Bundesrepublik erste Großanlagen realisiert. Erste Erfahrungen aus Pilotprojekten zeigen, daß die Gesamtkosten für das Solarsystem um mehr als 50 % reduziert werden können.

Großkollektoren

In direktem Zusammenhang mit der Entwicklung der solaren Nahwärme steht die Konzeption von Großkollektoren. Bei den Großkollektoren, den sogenannten MEGA-Kollektoren, handelt es sich um modifizierte Flachkollektoren mit einer zusätzlichen Folie zur besseren Wärmedämmung sowie einer Modulgröße von 12 m². Die großflächige Kollektorbauweise ermöglicht vor allem eine kostengünstige Produktion sowie eine preisgünstige Montage bei geringstem Verrohrungsaufwand.

Zusammenfassung und Ausblick

Für den Bereich Gebäude kann festgehalten werden, daß durch passive Solarenergienutzung und energiesparende Bauweise in Zukunft von deutlich geänderten Anforderungen für das Gebiet der Versorgungstechnik auszugehen ist. Folgende Kriterien können dabei zur Orientierung dienen:

- Im Vergleich zu heutigen Bauvorhaben nach WSVO '82 wird die Heizperiode um ca. 1000 h kürzer sein.
- Die maximale Heizlast wird stark reduziert. So liegt die spezifische Heizleistung bei Niedrigenergiehäusern unter 40 W/m². Viele Planer gehen heute noch von Heizleistungen zwischen 70 und 100 W/m² aus.
- Infolge passiver Solarenergienutzung ist tagsüber in der Regel keine bzw. eine stark reduzierte Heizleistung erforderlich.
- Die Anteile zwischen den Bereichen Warmwasser, Heizung und Strom ändern sich.
- Der Grundlastanteil erhöht sich, da die Warmwasserbereitung stärker dominiert.
- Da die heutigen Verglasungen deutlich verbesserte Wärmedämmwerte aufweisen und somit keine Kältefalle mehr darstellen, kann auch die Anordnung von Heizkörpern neu diskutiert werden. So wird insbesondere diskutiert, inwieweit eine Anordnung von Heizkörpern an Innenwänden ohne Komfortverzicht möglich ist.

Um die gestiegenen Anforderungen im Bereich passive Solarenergienutzung und Gebäudetechnik zu meistern, muß in Zukunft das Zusammenspiel von Architekt und Versorgungstechniker noch stärker gefördert werden. Eine erfolgreiche Arbeit auf diesem Gebiet ermöglicht dann auch eine kostengünstige und umweltfreundliche solare Energieversorgung.

Für den Bereich der aktiven Solarenergienutzung läßt sich zusammenfassend sagen, daß die Kombination von Großkollektor und Low-Flow-System im Bereich Großanlagen bei insgesamt höheren Systemwirkungsgraden zu erheblichen Kostensenkungen führte. Diese deutliche Verbesserung des Preis-Leistungsverhältnisses führte dazu, daß Wärme aus thermischen Großanlagen heute schon preiswerter ist als Wärme aus Strom. Im Vergleich zu Gas oder Öl ist die solare Wärme trotz der extrem niedrigen Energiepreise nur noch um den Faktor 2 teurer.

Dieser heute eingeschlagene Weg läßt sich fortführen, wenn die angesprochenen neuen Systeme und Materialien in Serie produziert werden können. Gleichzeitig muß eine intensive Fortbildung von Planern und Handwerkern erfolgen. Denn nur wenn diese neuen Entwicklungen auch von Planern und Handwerkern aufgegriffen werden, kann das Verbreitung finden, was heute noch in Pilotvorhaben demonstriert wird.

Klaus Sick

Nachführsteuerung für eine Solaranlage

Ausgangsposition

Im Rahmen eines projektorientierten Unterrichts ist eine Solaranlage mit Nachführsteuerung mit Schülern entwickelt und gebaut worden. Mit dieser Anlage können sowohl für Berufsschüler als auch für Schüler der Fachschule für Technik u.a. folgende Lerngebiete bzw. Themen im Unterricht aufgearbeitet werden:

- Konstruktion,
- Zeichnen (Technische Kommunikation),
- Mechanik,
- Elektrotechnik (Sensorik, Verstärker, Antrieb),
- Regelungstechnik (Lageregelung, Ladestromregelung),
- Steuerungstechnik (Verriegelung, Drehrichtungsumkehr, Signalanpassung),
- Ökologie (alternative Energie, Entsorgung),
- Ökonomie (Kostenrechnung).

Es ist vorgesehen, daß die Schüler die gesamte Anlage oder auch nur Teilaspekte bearbeiten können. An dieser Stelle sollen einige technische Lösungsansätze der Nachführsteuerung sowie mögliche Akzentuierungen zur Auswertung vorgestellt werden. Diese Vorschläge sind nur teilweise erprobt und können bzw. sollten laufend weiterentwickelt werden. Möglicherweise enthalten diese Ausführungen auch Anregungen für ein weiteres Einbeziehen von Themen aus dem Bereich der Solartechnik in den Unterricht.

Didaktische Überlegungen

Die Schüler sollen an so einer Solaranlage weitgehend eigenständig tätig werden. Es hat sich als günstig erwiesen, wenn mehrere Gruppen arbeitsteilig arbeiten. Die einzelnen Arbeitsgruppen können sich dann z.B. mit folgenden Modulen befassen:

- Vergleich (verdrahtet),
- Vergleich (Software),
- digitale Steuerung (TTL-Logik),
- digitale Steuerung (Software),
- Steller (Transistoren),

- Steller (Relais),
- Motoren (und Getriebe),
- Solarzelle,
- Akku mit Laderegelung,
- Spannungsversorgung mit Spannungsregelung.

Die Gruppen können diese Module entweder eigenständig entwerfen und aufbauen oder auch vorhandene Module übernehmen, untersuchen und einsetzen. Wichtig ist, daß die Gruppen ihre Arbeit aufeinander abstimmen. Die Schnittstellen müssen logisch, elektrisch und auch mechanisch kompatibel sein.

Geplant ist, diese Anlage später als Demonstrationsmodell auf dem Schulhof zu betreiben. Dadurch können dann auch andere Schülergruppen motiviert werden, sich mit diesem Thema zu befassen. Sehr wichtig ist die Auswertungsphase, für die etwa genauso viel Zeit wie für die technische Entwicklungsphase einzuplanen ist. Die Schüler sollten auch angeregt werden, sich Gedanken über die Kriterien der Bewertung zu machen. Als Ergebnis sollte nicht nur eine funktionsfähige technische Anlage stehen, die Schüler sollten ebenfalls die Anlage technisch dokumentieren, schriftlich die Funktionsweise beschreibend festhalten und eine Bewertung erstellen. Die Ergebnisse werden nicht nur dem Lehrer vorgelegt, sondern auch (z.B. auf Schautafeln) der (Schul-)Öffentlichkeit vorgestellt.

Die Nachführsteuerung

Die Steuerung der Solaranlage besteht aus zwei gleichen Einrichtungen:

- der Steuerung vertikal und
- der Steuerung horizontal.

Da beide Steuerungen gleich aufgebaut sind, soll hier nur die horizontale Steuerung beschrieben werden, die aus den folgenden Einheiten besteht:

Sensorik

Zwei LDR (Fotowiderstände): Werden diese in Reihe geschaltet, so entsteht ein symmetrischer Spannungsteiler, wenn beide LDR gleich stark beleuchtet werden.

Zwei Endschalter (Öffner, mechanisch betätigt): Wird ein Motor über den zulässigen Bereich hinaus gedreht, dann wird ein Endschalter betätigt.

Verarbeitung, Analogteil

Die analoge Spannung zwischen den LDR beträgt im Idealfall 50% der Betriebsspannung. Weicht dieser Wert um einen einstellbaren Wert („Hysterese“)

vom Idealwert (Sollwert) ab, so erzeugt dieser Analogteil ein digitales Ausgangssignal: Die Signale „zulinks“ oder „zurechts“ werden auf „TRUE“ bzw. „1“ gesetzt, wenn die Abweichung vom Mittelwert größer als zulässig ist. Der Analogteil kann wahlweise mit Operationsverstärkern, Transistoren oder aber mit SPS bzw. PC's (mit Analog/Digital-Wandlern) realisiert werden.

Verarbeitung, Digitalteil

Der digitale Verarbeitungsteil erhält die Signale „zulinks“ und „zurechts“ vom analogen Verarbeitungsteil sowie die Signale „anschlaglinks“ und „anschlagrechts“ von den Endschaltern.

Wenn die Meldung „zulinks“ erfolgt und der Endschalter nicht betätigt ist, dann soll der Motor das Signal „rechtsdrehen“ erhalten. Wenn die Meldung „zurechts“ erfolgt und der Endschalter nicht betätigt ist, dann soll der Motor das Signal „linksdrehen“ erhalten.

Wenn aber ein Endschalter betätigt ist, dann soll der Motor solange zurückgedreht werden, bis das Solarpanel wieder richtig ausgerichtet ist. Dieses wird z.B. nachts relevant, wenn ein Rücklauf der Anlage zu erfolgen hat.

Eine mögliche Verbesserung der Steuerung würde darin bestehen, die Nachführsteuerung nur dann wirksam werden zu lassen, wenn eine gewisse Mindestlichtstärke vorhanden ist. Anderenfalls würde die Solaranlage vermutlich nachts unnötig Energie zur Steuerung aufnehmen.

Dieser digitale Steuerungsteil kann wahlweise mit TTL-Bausteinen oder mit Hilfe einer rechnergestützten Steuerung realisiert werden. Diese könnte dann in beliebigen Programmiersprachen ausgeführt werden, z.B. in Pascal, Basic, AWL, FUP, KOP usw. Als Rechner eignen sich Kompakt-SPS, kleine Laptops oder übliche PC's.

Stelleinrichtung

Die Stelleinrichtung dient dazu, den Motor im Linkslauf wie auch im Rechtslauf drehen zu lassen. Da es sich bei den Antriebsmotoren um Gleichstrommotoren handelt, muß die Stelleinrichtung den Motorstrom abschalten sowie den Motorstrom wahlweise in beide Richtungen fließen lassen können. Die Stelleinrichtung kann wahlweise mit Transistoren oder mit Relais realisiert werden.

Aktorik

Als Antriebe dienen Gleichstrommotoren mit einem stark untersetzenden Getriebe. Die Stromaufnahme der Motoren ist unkritisch, da in der Praxis diese

Motoren nur höchstens einhundert Mal für wenige Sekunden drehen werden. Diese aufgeführten fünf Einheiten müssen aufeinander so abgestimmt sein, daß die Ausgangssignale der einen Einheit zum Eingangsverhalten der folgenden Stufe passen.

Beispiel für eine Realisierung der Solarsteuerung

Eine Klasse der Fachschule für Technik realisierte weitgehend die Nachführsteuerung. Dabei einigten sich die Teilnehmer auf folgende Anforderungen:

1. Die Baugruppen müssen mit der 12V-Spannungsquelle eines Solarakkus betrieben werden können.
2. Die Baugruppen im Verarbeitungsteil sollen in unterschiedlichen Techniken ausgeführt werden. Eine Baugruppe mit der einen Technik soll sich jederzeit durch eine Baugruppe mit einer anderen Technik ersetzen lassen.

Folgende Varianten sollen hier beispielhaft dargestellt werden:

Analog-Verarbeitung:

- a) mit Operationsverstärker,
- b) mit AD-Wandlerkarte im PC.

Digital-Verarbeitung:

- a) mit verdrahteter Logik (TTL-Logikbausteine),
- b) mit speicherprogrammierter Logik (Turbo-Pascal/AWL/FUP/KOP).

Stelleinrichtung:

- a) mit Relais,
- b) mit Transistoren.

Weitere Lösungsvarianten sind:

- Analog-Verarbeitungsteil mit Operationsverstärkern,
- Digital-Verarbeitungsteil mit TTL-Bausteinen,
- Stelleinrichtung mit Relais,
- Stelleinrichtung mit Transistoren,
- Pascal-Programm mit Analog- und Digital-Prozedur,
- Digitalprogramme in AWL, FUP, FBS und KOP.

Auswertung

Die Auswertung dieser Solarsteuerung kann von den Beteiligten u.a. zunächst unter folgenden übergreifenden Fragestellungen vorgenommen werden:

- Wieviel Energie kann mit einer bestimmten Solarzelle tatsächlich gewonnen werden?
- Wird der Wirkungsgrad der Anlage verbessert, wenn die Solarzelle dem Sonnenstand automatisch nachgeführt wird?

- Welche Kosten entstehen pro kWh bei einer unregelmäßigen und bei einer geregelten Anlage?
- Welche ökologische Bilanz ergibt der Einsatz von Solarzellen unter Einbeziehung der Herstellung und Entsorgung?

Unter technischen Gesichtspunkten könnte die Auswertung kriterienorientiert erfolgen und das Ergebnis in einem Raster dargestellt werden.

	Energieaufwand	Kosten	Größe	Bauzeit	Flexibilität
Relais					
Transistor					
TTL-Bausteine					
CMOS-Bausteine					
Kompakt-SPS					
PC mit I/O					

Abb. 1: Auswertung der Solarsteuerung

Beschreibung der Solaranlage

Eine Solarzelle ist in zwei Achsen drehbar gelagert; sie kann mit Motor 1 um die vertikale Achse, mit Motor 2 um die horizontale Achse geschwenkt werden. Die Photowiderstände LDR1/LDR2 sowie LDR3/LDR4 sind durch eine Blechplatte getrennt. Ist das Licht von oben heller, so wird der obere Photowiderstand niederohmiger, ist dagegen das Licht von unten heller, so wird der untere Photowiderstand niederohmiger. Ähnlich arbeiten die beiden nebeneinander angeordneten Photowiderstände.

Wenn zwei benachbarte Photowiderstände den gleichen Widerstandswert aufweisen, dann bedeutet dies, daß beide mit gleicher Helligkeit angestrahlt werden, die Solarzelle ist also optimal ausgerichtet.

Eine Steuerung muß nun dafür sorgen, daß die Motoren so angesteuert werden, daß die Solarzelle dem Licht, hier also der Sonne, automatisch nachgesteuert wird. An jeder Achse sind noch Endschalter angebracht, die der Steuerung das Erreichen der Endwerte melden. Die Steuerung muß verhindern, daß die Motoren jetzt weiterdrehen. Die Anlage muß in den Anfangszustand zurückkehren.

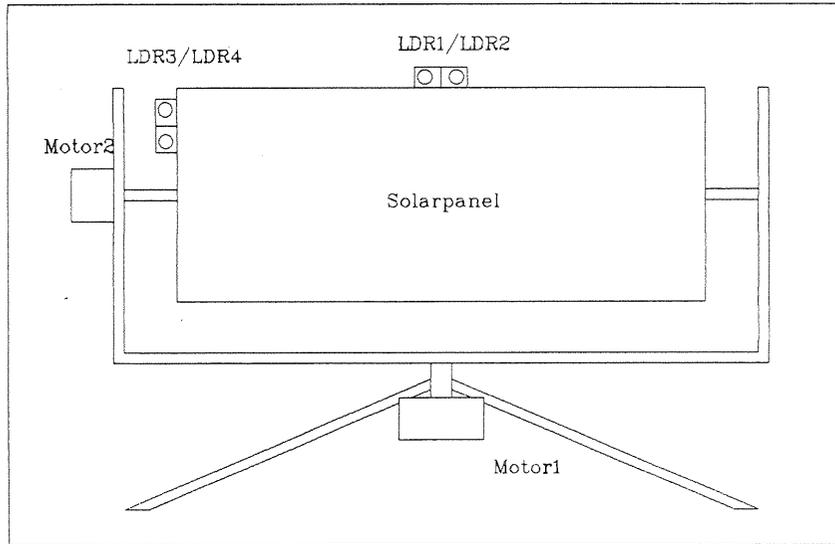


Abb. 2: Nachgeführte Solaranlage

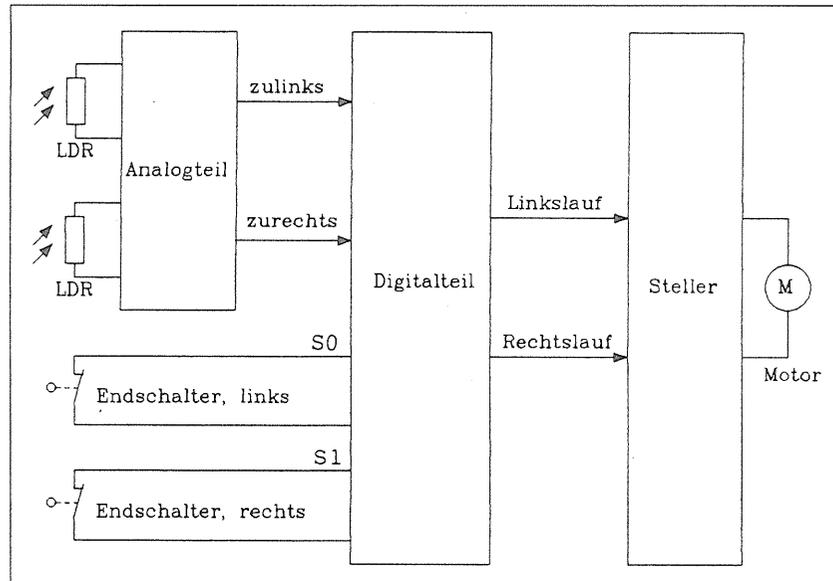


Abb. 3: Blockschaltbild der Nachführsteuerung

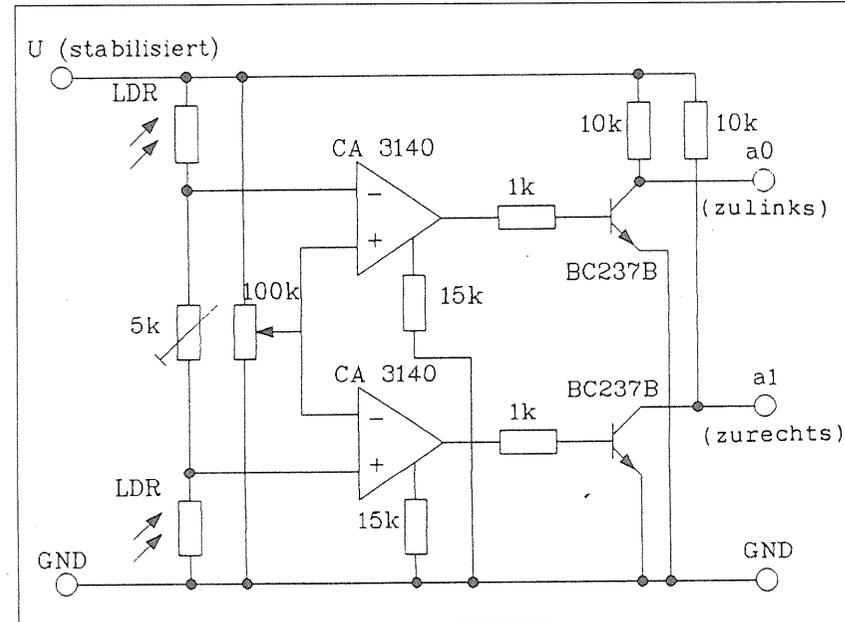


Abb. 4: Analogteil der nachführgesteuerten Solaranlage

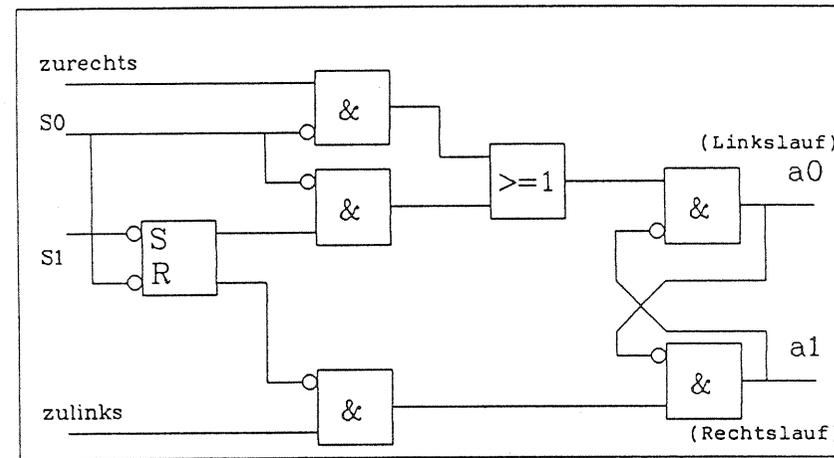


Abb. 5: Digitalteil in TTL-Technik der nachführgesteuerten Solaranlage

Hans B. Schmid

Berufsschule mit „SOLARLABOR“

Alle Auszubildenden in den Berufen der Elektrotechnik, des Bau-Metall-Gewerbes und des Installationsbereiches werden in Nürnberg in der Berufsschule 1 unterrichtet. Eine Meisterschule für Sanitär- und Heizungstechnik ist der Berufsschule angegliedert.

Seit dem Schuljahr 1990/91 gehört ein „SOLARLABOR“ zur „Zusatzausstattung“ der Schule. Die Versorgung des Labors mit elektrischer Energie erfolgt durch eine Photovoltaikanlage. Ein solares Warmwasserbereitungs- und Heizungssystem ist im Aufbau. Durch die Initiative und das Engagement zweier Fachlehrer der Elektroabteilung wurde die Einrichtung des Labors in einer leerstehenden Werkhalle möglich. Als Starthilfe stellte die Stadt Nürnberg 10.000 DM zur Verfügung; zu diesem Zeitpunkt war Photovoltaik noch nicht Inhalt der Lehrpläne, so daß kaum Gelder aus dem Lehrmitteletat dafür verwendet werden konnten.

Die Renovierung der Werkhalle, die Planung und Einrichtung des Solarlabors wurde vom schulinternen Arbeitskreis Solartechnik (ca. 6 Kollegen) übernommen. Das Engagement der Kollegen und Schüler erfolgte außerhalb der Unterrichtsverpflichtung, Anrechnungsstunden standen nicht zur Verfügung.

Wozu ein Solarlabor an unserer Berufsschule?

Was bringt Lehrer und Schüler dazu, über ihre Unterrichtsverpflichtung hinaus freiwillig den Aufbau einer Photovoltaikanlage und einer thermischen Solarkollektoranlage an ihrer Schule zu betreiben?

Solarlabor als Fortbildungsprojekt

Die Motive der Beteiligten sind sicher sehr unterschiedlich sowie breit gefächert und reichen vom ökologischen Engagement zur Förderung umweltfreundlicher Energien bis zum Spaß am Basteln und Experimentieren. Alle Beteiligten haben sich inzwischen mehr oder weniger zu Experten in der Solartechnologie weiterqualifizieren können. Die von ihnen heute angebotenen Fortbildungskurse im Rahmen der Lehrerfortbildung oder der Volkshochschule erreichen einen weit über die Schule hinausgehenden Kreis von Kollegen und Interessenten. Die Kollegen sind darüber hinaus als kompetente

Berater bei der Realisierung verschiedener lokaler (und auch privater) Solar-konzepte gefragt.

Solarlabor als „freier Arbeitsraum“ für Unterrichtsprojekte

Die Schwerpunktverlagerung in den Berufsanforderungen in Richtung Schlüsselqualifikationen verlangt bereits in der Erstausbildung, der Qualifizierung zur „Handlungskompetenz“ einen sehr hohen Stellenwert einzuräumen. Handlungsorientierter Unterricht – mit einer zunehmenden Zahl von kleineren oder größeren Unterrichtsprojekten – setzt entsprechende Raum- und Laborkapazitäten voraus, die zeitlich flexibel verfügbar sind.

Das Solarlabor deckt einen Teil dieses Bedarfes und bietet eine Fülle von Projektmöglichkeiten an, die von Installationsaufträgen über Meßwerterfassungsaufgaben bis zur Datenfernübertragung reichen können. Wie der bisherige Aufbau des Labors so kann auch die weitere Komplettierung, Modernisierung und Erweiterung der Anlage überwiegend über Unterrichtsprojekte erfolgen. Eine Vielzahl von Lehrinhalten läßt sich in dieser Form praxisnah und durch Einbezug der Schüler in aktivierender Unterrichtsgestaltung erarbeiten. Für Neigungsgruppen und Wahlunterricht steht mit der Photovoltaik ein attraktives Angebot an Geräten und Meßeinrichtungen zur Verfügung.

Solarlabor als Informationsangebot für die Öffentlichkeit

Transparenz von vorhandener Berufskompetenz – vor allem bei neuen Technologien – verleiht der Berufsschule ein erhöhtes Ansehen in der Öffentlichkeit und festigt den Stellenwert als dualer Partner der Berufsausbildung. Das Solarlabor mit kompetentem Beratungsangebot fördert nicht nur die Akzeptanz von Solarenergiekonzepten bei den Schülern, sondern unterstützt auch Interessenten aus dem Privat- und Handwerksbereich. Haupt- und Realschulklassen nutzen das Labor bei Besuchen zur Veranschaulichung ihrer Unterrichtsthemen. Das Solarlabor an der Berufsschule unterstützt das Bemühen (u.a. auch der Stadt Nürnberg), Berufsschulen zu anerkannten regionalen Technologiezentren weiterzuentwickeln.

Das Laborkonzept: 48 Volt Systemspannung

Eines der Hauptanliegen des Arbeitskreises Solartechnik ist es, zu demonstrieren, daß mit 8 m² Paneelfläche ca. 80 % der Stromversorgung eines durchschnittlichen Vier-Personen-Haushaltes bestritten werden können.

Um dieses Ziel zu erreichen, ist das Labor vor allem für eine Gleichspannungsversorgung von 48 Volt konzipiert, daneben steht auch das Gleichspannungsniveau 12 V zur Verfügung. Der Arbeitskreis Solartechnik hat die 48 V Systemspannung favorisiert, um zu zeigen, daß eine technisch und wirtschaftlich interessante Alternative zu den durch den Automobil- und Camping-Markt bevorzugten Gleichspannungen von 12 V und 24 V möglich wäre.

Vorteile der 48 Volt Systemspannung:

- Gegenüber 12 V Gleichspannung sind die Zuleitungsverluste erheblich geringer.
- Es spart teure Kollektorfläche, wenn die von den Solarzellen gelieferte Gleichspannung direkt (ohne verlustbehaftete Wechselrichter und Transformatoren) verwendet wird.
- Mit einfachen Versuchsaufbauten im Solarlabor läßt sich zeigen, daß in dem für den Haushalt üblichen Leistungsbereich Elektromotoren in Gleichstromausführung einen wesentlich höheren (z.T. doppelten) Wirkungsgrad als in Wechselstromausführung haben. Der Wirkungsgrad von Niederspannungsglühlampen ist im Vergleich zu 230 Volt Glühlampen ca. doppelt so hoch.
- Elektronische Baugruppen arbeiten mit Gleichspannung, somit entfallen verlustbehaftete Transformatoren, Gleichrichter und Siebschaltungen.
- Es entfallen aufwendige Schutzmaßnahmen, da Gleichspannungen von 48 V und darunter nach VDE als ungefährlich gelten.
- Es kann größtenteils die übliche Leitungsinstallation mit 1,5 bzw. 2,5 mm² Leiterquerschnitt benutzt werden, ohne daß Erwärmung und Spannungsverluste in einer unakzeptablen Größenordnung auftreten. Umrüstmaßnahmen sind bei diesem Spannungsniveau ohne größere Installationsveränderungen denkbar.
- Elektronische Geräte mit höherem Spannungsbedarf (Farbfernseher, Hifi-Endstufen etc.) sind bei 48 V mit geringem zusätzlichen Aufwand (z.B. Schaltnetzteile plus Sperrwandler) zu versorgen.
- Elektronische Geräte mit niedrigerem Spannungsbedarf können durch Einbau von preiswerten Schaltreglern (Flußwandler in IC-Form) mit hohem Wirkungsgrad angepaßt werden.
- Im Vergleich zu 12 V oder 24 V Gleichspannung sind Spannungsabfälle an Dioden, mechanischen Schaltern sowie die Sättigungsspannung an Transistoren im niederohmigen Bereich prozentual geringer, sie können häufig vernachlässigt werden.
- Bei 48 V ist noch ein vertretbarer Parallelanteil bei den Solarmodulen vorhanden, so daß durch Schneereste oder Laub der Ausfall in Grenzen bleibt.

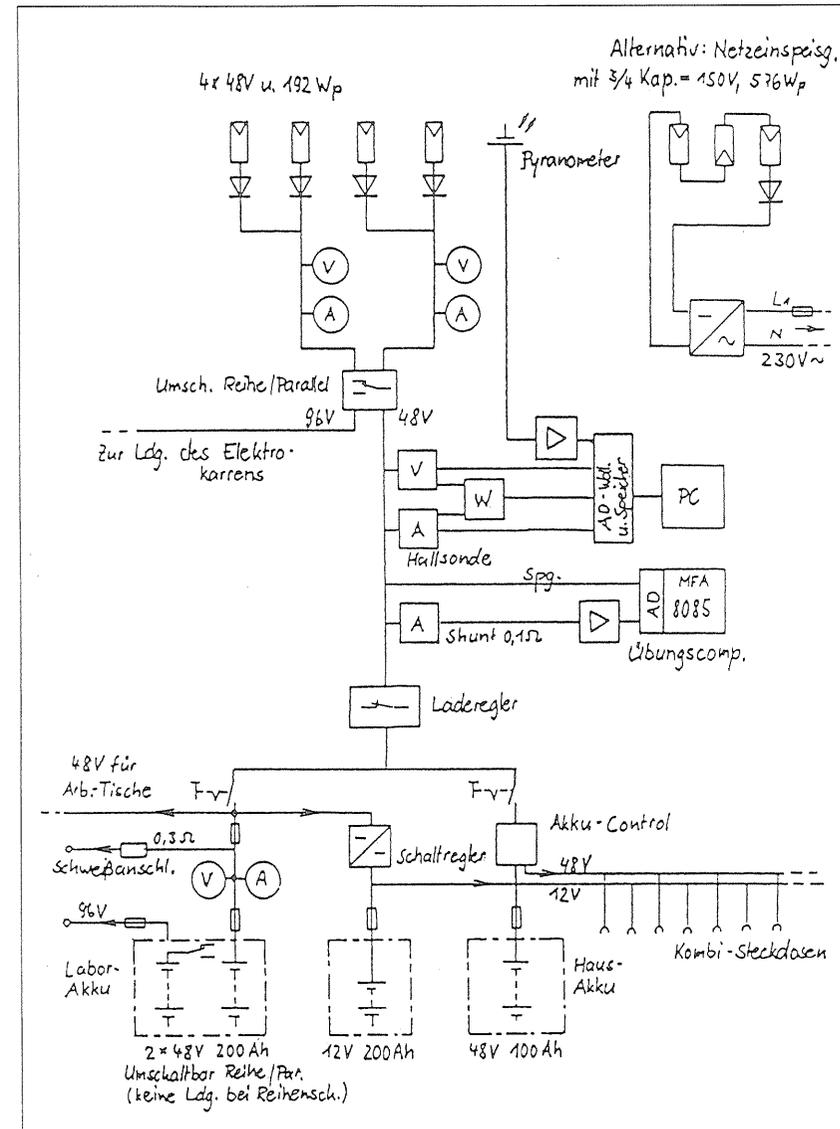


Abb. 1: Blockschaltbild der Photovoltaikanlage (Solarlabor)

Die Laborausstattung

Das Konzept, eine möglichst vollständige Solarenergieversorgung eines durchschnittlichen Haushalts zu demonstrieren, erfordert die Beschaffung und den Betrieb von Geräten für 48 V Gleichspannung. Handelsübliche Geräte für 230 Volt Wechselspannung wurden von Nürnberger Firmen zur Verfügung gestellt. In Unterrichtsprojekten wurden diese Geräte für 48 V-umgebaut (Fernseher, Stereo-Anlage, Staubsauger, Fön, Rasierapparat).

Die Schüler konnten anhand von Projektarbeiten aufzeigen, daß viele Haushaltsgeräte im Gleichstrombetrieb nicht nur mit besserem Wirkungsgrad arbeiten, sondern teilweise auch elektrotechnisch einfacher herzustellen sind. Selbst Geräte mit relativ hoher Leistung können an der 48 V-Systemspannung ohne nennenswerte Probleme betrieben werden. Eine Industrieelektronikerklasse hat dies in einer Projektarbeit durch den Umbau von (Siemens) Föns für 1600 Watt demonstriert.

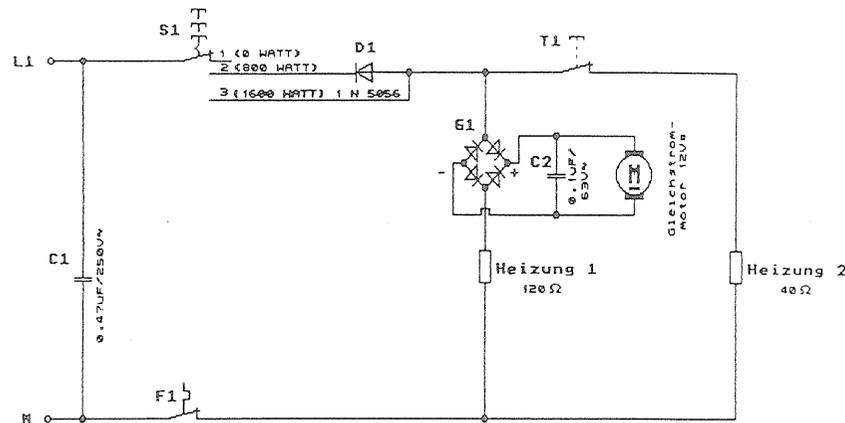


Abb. 2: Originalschaltung des Föns für 230 V Netzbetrieb

Das Meßwerterfassungssystem

Die Energie- und Wasserversorgungs-AG (EWAG) stellte eine PC-Station mit Drucker, ein Sonneneinstrahlungsmessgerät und ein Meßwerterfassungssystem mit Software zur Verfügung. Mit dieser Anlage kann in einer Langzeitmessung das solare Energieangebot in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung

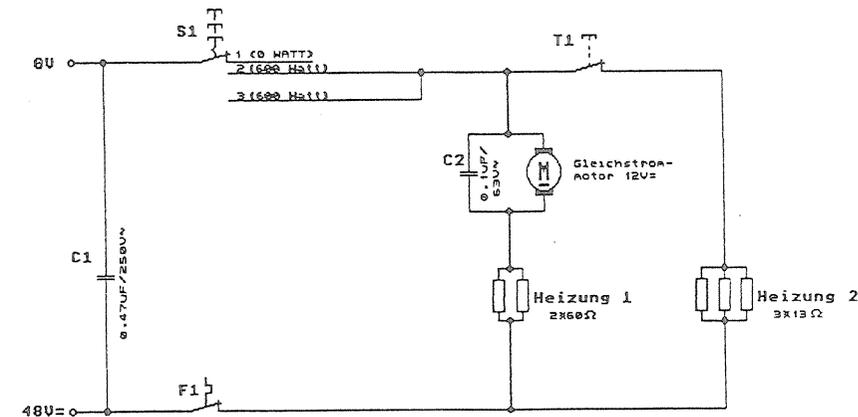


Abb. 3: Geänderte Schaltung des Föns für 48 V Gleichstrombetrieb

(Intensität, Dauer) erfaßt und ausgewertet werden. Als Gegenleistung bekommt die EWAG die aufbereiteten Daten für ihre Kundenberatung. Energie- und Industrieelektronikerklassen beschäftigen sich in Projektarbeit mit diesem Meßwerterfassungssystem und vor allem mit den Möglichkeiten der Auswertungssoftware.

Da das Solarlabor etwa 250 Meter vom Unterrichtsgebäude entfernt liegt, wird dieser Umstand von Kommunikationselektronikerklassen zum Anlaß genommen, mit Datenfernübertragung zu experimentieren (vgl. Abbildung 4).

Aktuelle Leistungsdaten aus dem Meßwerterfassungssystem der Photovoltaikanlage werden über die serielle Schnittstelle eines MFA-Computers und einer Datenlichtschranke an einen PC im Unterrichtsraum übermittelt und dort ausgewertet.

Neben den genannten Beispielen wurden von verschiedenen Klassen Wechselrichter, Laderegler für Akkumulatoren und Schaltnetzteile in Projektarbeit für das Labor entwickelt und eingesetzt.

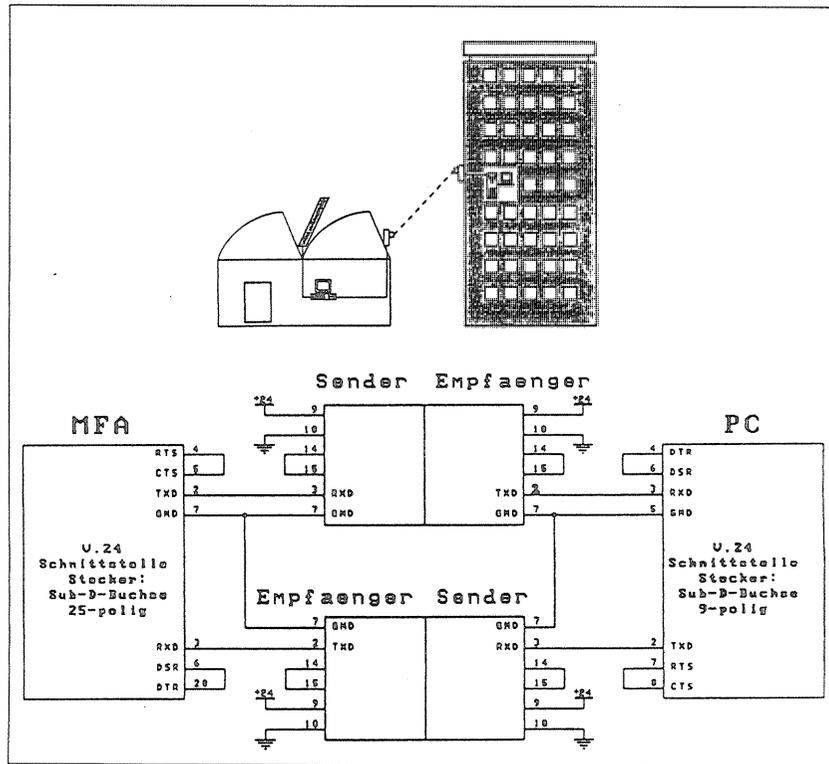


Abb. 4: Datenübertragung mit Datenlichtschranke

Olaf Srowig

Der Solarturm Freiburg und seine didaktischen Möglichkeiten

Gegenwärtig errichtet die Stadt Freiburg für die Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule einen Solarturm. Dieser soll für Ausbildungs-, Demonstrations- und Versuchszwecke mit verschiedenen Solartechnologien (passive und aktive Systeme) ausgerüstet werden. Auf der Spitze des Turmes befindet sich ein integrierter Großspeicherkollektor, der das Brauchwasser (täglich ca. 6000 l) der angrenzenden Sporthalle erwärmt. Eine Ebene darunter sind verschiedene Kollektortypen (thermisch und photovoltaisch) angebracht, die der Schule für unterschiedliche Versuche zur Verfügung stehen. In einem „Null-Energie-Raum“, ca. 70 m² auf der untersten Ebene, der als Technologielabor ausgestattet ist, werden alle Daten der verschiedenen Messungen zusammengeführt und ausgewertet. Mittels einer TWD-Wand und Kollektoren dahinter an der Südseite des Unterrichtsraumes wird nochmals Sonnenenergie zur Erwärmung des Raumes umgewandelt und in die Fußbodenheizung gegeben.

Die Messung und Auswertung an der ganzen Anlage erfolgt in enger Zusammenarbeit zwischen der Schule und dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg. An der Projektierung, Planung und Ausführung wirken darüber hinaus das Schulverwaltungsamt, das Hochbauamt, das Umweltschutzamt der Stadt Freiburg sowie weitere Fachplanungsbüros mit. An der Finanzierung sind das Bundesministerium für Forschung und Technologie, das Wirtschaftsministerium sowie das Kultusministerium von Baden-Württemberg, die Wirtschaft mit Spenden, die Schule durch Eigenleistungen und die Stadt Freiburg beteiligt. Die Anlage wird im Herbst dieses Jahres in Betrieb gehen. Von den Meßergebnissen und Erfahrungen sowie den Einsatzmöglichkeiten der Solaranlage im Unterricht zur Ausbildung von Berufs- und Fachschülern wird zu gegebener Zeit berichtet werden.

Projektkonzeption/Technische Daten

Kennzeichnend für den geplanten Solarturm in Freiburg sind:

- Großspeicherkollektor (ca. 70 m² Gesamtfläche) zur Warmwassererzeugung für die Sporthalle (3. Ebene),
- ca. 40 m² transparente (lichtdurchlässige) Wärmedämmung (10 mm Stärke) für die Südfassade als Wärmeschutz,

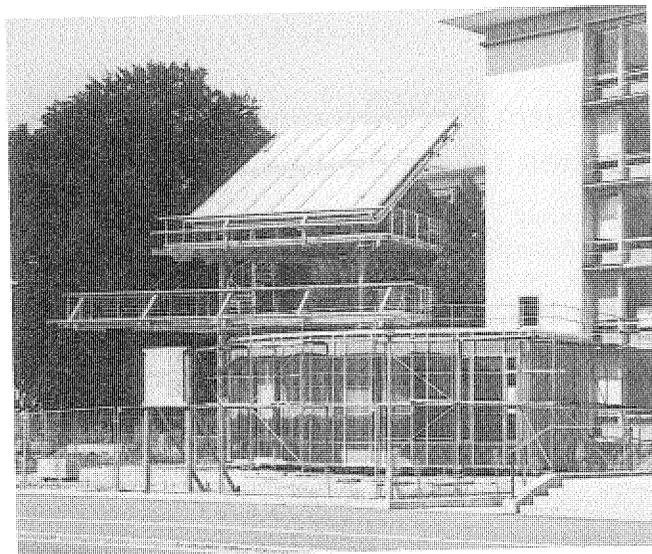


Abb. 1: Bauphase des Solarturms an der Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule Freiburg (Fertigstellung im Herbst 1994)

- neun Speicherkollektoren in senkrechter Aufstellung hinter der TWD-Wand in die Fassade integriert; Warmwasserbereitung, Fußbodenheizung,
- vorerst fünf verschiedene Kollektortypen (auswechselbar) für Versuchszwecke und zur Warmwasserbereitung (2. Ebene),
- Photovoltaik-Anlage (vorerst 10 m² Fläche) mit 20 fest nach Süden ausgerichteten Modulen (Spitzenleistung 1 KW-Stromerzeugung),
- Unterrichtsraum/Technologielabor als „Null-Energie-Raum“ mit allen Meß- und Regeleinrichtungen der Solaranlagen (1. Ebene),
- die Konstruktion des Solarturmes gewährt die volle Ausnutzung der Sonnenenergie, auch der Wintersonne. Kollektoren und Solarmodule werden durch filigrane Stahlträgerkonstruktionen getragen,
- die Anlage steht gut sichtbar mitten in der Innenstadt von Freiburg in der Nähe des Hauptbahnhofes. Für den Besucher der Stadt werden die wichtigsten Meßergebnisse an einer Schautafel für jedermann ablesbar angezeigt.

Pädagogische Bewertung

Die Solartechnik wird zunehmend bedeutungsvoller in der Aus- und Weiterbildung in den Fachbereichen Heizungs- und Sanitärtechnik. Deshalb bot es sich an der Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule an, mit der neuen Sporthalle eine Solaranlage für die Erwärmung des Brauchwassers zu bauen, die neben der reinen Anwendung zugleich auch als Versuchs- und Demonstrationsanlage für die Aus- und Weiterbildung dienen soll. Die folgenden Möglichkeiten für einen Einbezug des Solarturms in das unterrichtliche Geschehen werden gesehen:

1. Mit dem System des integrierten Großspeicherkollektors wird eine Großanlage betrieben, an der Berufs- und Fachschüler beispielhaft die Anwendung der Solartechnik im praktischen Einsatz erleben, Messungen durchführen und notwendige Berechnungen anstellen können.
2. Mit den zusätzlichen Modulen, die aus verschiedensten Kollektortypen bestehen, sollen die Schüler unterschiedliche Anlagen in ihrer Funktion testen und ihre Wirkungsweise kennenlernen.
3. In einem „Null-Energieraum“, der als Technologielabor ausgestattet wird, werden alle Meßergebnisse erfaßt und ausgewertet. An über 30 Meßpunkten im System werden momentane Meßergebnisse ausgewertet bzw. Langzeitmessungen durchgeführt.
4. Die Südfront des Unterrichtsraumes besteht aus transparent-wärmegeämmten Lichtelementen, in denen ebenfalls Kollektoren eingebaut sind, die die Fußbodenheizung mit betreiben. Den Schülern soll bewußt werden, wie man mit neuesten Werkstoffen, Verfahren und Systemen im Energiesektor Einsparungen erreichen kann, ohne auf eine zeitgemäße Bequemlichkeit zu verzichten.

Erwartungen

Die Überwachung der Anlage wird durch die Schule erfolgen. Im Rahmen der unterrichtlichen Möglichkeiten werden die Schüler in diese Aufgabenstellung mit einbezogen. Für die Meisterschule der Fachrichtung Heizung-, Lüftungs- und Solartechnik wird der Solarturm ein nachrechenbares Demonstrationsobjekt von großem Wert. Es ist auch vorgesehen, mit Hilfe dieser Anlage mittelfristig eine Lehrerfortbildung für Solartechnologie durchzuführen. Die Kontakte der Schule nach Frankreich und in andere Länder schließen eine grenzüberschreitende Fortbildung für Lehrer und Schüler im Rahmen eines EU-Programmes nicht aus. Da die Schule in der Stadt liegt, ist es das erste Mal, daß im historischen Kern von Freiburg Solartechnik angewendet wird. Deshalb hat die Anlage auch für die Stadtplaner einen beispielgebenden und zukunftsweisenden Charakter.

Hartmut Teske

Projekt SOLAR-RACER Das Projekt einer Gewerbeschule

Vorbemerkung

Wie weit ist die schulische Theorie von der betrieblichen Praxis entfernt? Eine Frage, mit der sich Berufsschulen und Berufsschullehrer ständig auseinandersetzen müssen. In der Gewerbeschule Kraftfahrzeugtechnik Hamburg – Deutschlands größter Fachberufsschule – wurde vor einigen Jahren der Versuch unternommen, ein Stück praktischer Ausbildung in die Schule zu integrieren. Im Rahmen des Projektunterrichts erfolgten die Entwicklung und der Bau eines Solarmobils. Von der Planung und Durchführung dieses Projektes soll hier berichtet werden.

Entwicklung des Projektes SOLAR-RACER

Zwei Lehrer der Gewerbeschule hatten 1988 die Idee zum Bau eines Rennsolarmobils, das entsprechend dem Reglement der international agierenden Veranstalter von Rennen für Solarmobile gebaut werden sollte. Eine Zusammenarbeit mit dem Handwerk, der Industrie sowie staatlichen Institutionen sollte den Know-How-Transfer und die Finanzierung sichern. Nach den Vorstellungen der Initiatoren sollten an den Planungen und Umsetzungen Lehrlinge soweit wie möglich beteiligt werden; eine Einbindung in den Schulbetrieb als Projekt im Rahmen des Wahlpflichtunterrichts wurde angestrebt. Soweit das Wunschdenken der Initiatoren. Und die Realität?

Schon im Vorwege zeigte sich, daß eine unterrichtliche Einbindung des Vorhabens in die schulische Organisation nicht möglich war. Selbst der bescheidene Wunsch, wenigstens zwei Wahlpflichtstunden für das Solarprojekt vorzusehen, blieb unerfüllt. Damit wurde das Projekt von vornherein als außerunterrichtliche Freizeitarbeit abgewertet. Das bedeutete zwar keine nennenswerten praktischen Einschränkungen, aber die Rückwirkung auf die Motivation der Lehrer führte zu ernsthaften Überlegungen, das Projekt bereits in dieser Phase einfach zu beenden.

Die Auszubildenden blieben von diesen Differenzen unbelastet. Und so begann ein Team von 5 bis 6 Lehrlingen – auch eine Auszubildende war dabei – mit dem Bau des ersten Solarmobils der Gewerbeschule Kraftfahrzeugtechnik Hamburg.

Obwohl alle beteiligten Auszubildenden im zweiten bzw. dritten Lehrjahr waren, zeigten sich sehr schnell verschiedene handwerkliche Defizite bei der Bearbeitung von Metallen. Kraftfahrzeugmechaniker haben eben nur bedingt etwas mit der Herstellung von Bauteilen zu tun. Da auch die Lehrer nicht über genügend technische Qualifikationen verfügten, wurde ein pensionierter Fachlehrer für den werkstattpraktischen Unterricht (Meister) hinzugezogen. Dieser sehr motivierte Ruheständler leistete einen enorm wichtigen Beitrag bei der Herstellung von Fahrgestell, Getriebe, Lenkung usw. Der Praktiker vermittelte den Lehrlingen umfassende Grundlagen in der Metalltechnik, was während der normalen Ausbildung so nicht möglich gewesen wäre.

Die beiden Lehrer im Team – als Ingenieure in konstruktiven Aufgaben erfahren – mußten sich neben der technischen Planung mehr und mehr um die finanzielle Absicherung kümmern. Allein die vorgesehenen Solarzellen sollten über 12.000,- DM kosten, das gesamte Projekt wurde mit 50.000,- bis 80.000,- DM veranschlagt. Die – für eine Schule – enorme Summe konnte nur durch Sponsoren und Zuschüsse aufgebracht werden. Das hört sich im ersten Moment logisch und einfach an. Nur, die Sponsoren warten nicht auf eine Berufsschule, um ihr Geld anzulegen, sie wollen umworben werden. Für die angesprochenen Unternehmen stellt sich bei solchem Sponsoring immer die vorrangige Frage nach dem „Wirkungsgrad“ einer solchen Aktion, sprich: der erreichbaren Werbewirksamkeit. Deshalb wurde rechtzeitig ein befreundeter Journalist in das Team eingebunden, durch dessen zahlreiche Kontakte und geschickte Placierung von Presseberichten über das Solarprojekt der Bekanntheitsgrad des SOLAR-RACERS gesteigert werden konnte. Erste Sponsoren aus dem Kraftfahrzeugbereich förderten die Solarmobilbauer mit Geldzuwendungen, aber auch mit Sachleistungen. Gleichzeitig stellte der Hamburger Senat eine Summe von mehr als 20.000,- DM mit der einzigen Bedingung bei der Vergabe zur Verfügung, daß der geförderte SOLAR-RACER an der ersten Hanse-Solar-Rallye Lübeck-Hamburg 1989 teilnehmen muß. Das enorme Risiko der Rückzahlungsverpflichtung bei nicht erfolgtem Start lag bei den Projektleitern. Das Projekt SOLAR-RACER blieb eine Freizeitveranstaltung mit unkalkulierbaren Risiken für die Träger.

Im Lehrlingsteam trennte sich zwischenzeitlich schnell die „Spreu vom Weizen“. Oberflächlich motivierte Schüler blieben der Arbeit nach einigen Einsätzen fern, andere füllten die Lücken. Gab es anfangs eine starke Fluktuation mit allen damit verbundenen Problemen für eine fruchtbare Teamarbeit, so bestand am Ende die Gruppe aus vier durchhaltestarken Lehrlingen, darunter die junge Frau. Zum Projektteam zählten weiterhin die beiden Lehrer als Initiatoren, der pensionierte Fachlehrer sowie der Journalist.

Gearbeitet wurde an Nachmittagen und in den Abendstunden – auch am Wochenende. Die Unterstützung im etwa achtzigköpfigen Kollegium der Gewerbe-

schule blieb während der gesamten Projektzeit – von einigen Ausnahmen abgesehen – äußerst gering. Gelegentlich waren sogar Widerstände zu überwinden z.B. dann, wenn besondere Interessen eines Kollegen berührt wurden. Der SOLAR-RACER wurde nicht – wie von den Betreuern gehofft – ein Projekt der Schule insgesamt, es blieb immer der „Anstrich“ einer privaten Hobbyausübung. Die Chance, in dem Projekt ein positives „Aushängeschild“ für die eigene Berufsschule oder für den Berufsstand des Kraftfahrzeug-Gewerbes zu sehen, wurde nicht oder nur unzureichend wahrgenommen.

Viele Rückschläge – bedingt durch technische Probleme oder finanzielle Engpässe – wurden immer wieder durch die unglaublich hohe Motivation der beteiligten Lehrlinge kompensiert. Es war aus Sicht eines beteiligten Lehrers erfrischend mitanzusehen, wenn die Lehrlinge sich mit praktischen, greifbaren Problemen auseinandersetzten und schließlich eigene Lösungen fanden. Die Unterstützung durch die Lehrer konnte auf ein absolutes Minimum beschränkt werden.

Sicherlich konnte durch diese Arbeitsweise nicht immer die optimale Lösung realisiert werden und unter ingenieurwissenschaftlichen Aspekten hätte manches Detail einer anderen Umsetzung bedurft. Die Vorschläge der Lehrlinge wurden jedoch vorrangig berücksichtigt – es sollte schließlich ihr Fahrzeug werden. Zur Anfertigung des SOLAR-RACERS wurden die beteiligten Jugendlichen teilweise von ihren Ausbildungsbetrieben freigestellt. Aus Sicht aller Beteiligten eine deutliche Anerkennung und Wertschätzung des Projektes durch die Ausbildungsbetriebe. In der „heißen“ Phase, dies war etwa sechs Monate vor dem geplanten Start, mußte sogar häufig bis etwa 22.00 Uhr gearbeitet werden. Eigenverantwortlichkeit war nicht nur ein Schlagwort. Planen – Fertigen – Ausprobieren – Verbessern – wieder Testen: Jeder Lehrling hatte dabei seine Erfolgserlebnisse und gelegentlichen Enttäuschungen.

Nach Fertigstellung wurde der fahrbereite Rahmen mit Motor, Batterien und Fahrwerk auf dem Gelände einer Hamburger Bundeswehrkaserne getestet. Zahlreiche Änderungen und Verbesserungen wurden noch erforderlich. Die Zeit drängte und das Team arbeitete unter Hochdruck häufig bis spät in die Nacht hinein. Der erste Lohn aller Mühen: Das Fahrzeug konnte termingerecht fertiggestellt werden. Der Teilnahme am ersten Hanse-Solar-Rennen stand nichts mehr im Wege.

Das Solar-Race

Inzwischen war die Gruppe zu einem wirklichen Team zusammengewachsen; jeder konnte sich auf den anderen verlassen. Deshalb gab es während der mehrtägigen Veranstaltung keinerlei Konflikte zwischen den Beteiligten. Dem einzigen weiblichen Lehrling im Team wurde der Platz hinter dem Lenkrad nicht

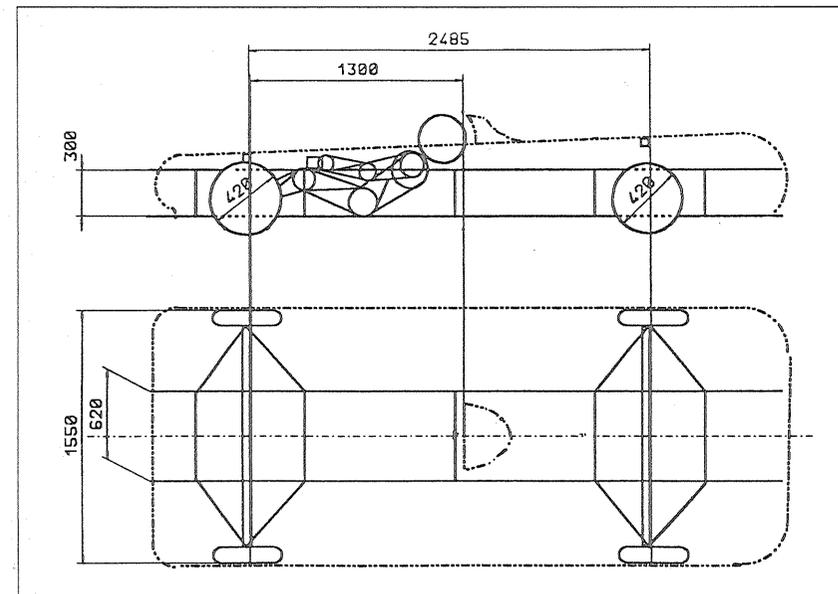


Abb. 1: Skizze zur Fertigung der Karosserie des SOLAR-RACERS

streitig gemacht, obwohl sicherlich jeder gern gefahren wäre. Die junge Frau hatte sich als ruhige, verantwortungsbewußte Fahrerin gezeigt, die den taktischen Anweisungen des Fahrleiters folgte.

Für die Vorbereitung und Durchführung waren alle Arbeiten im Team genau aufgeteilt – wie bei professionellen Rennen üblich. Die Veranstaltung war die Krönung der monatelangen Arbeiten. Das Rennen verlief ohne Zwischenfälle und am Ende der Veranstaltung war der 6. Platz bei der Wertung durchaus angemessen und erfreulich.

Rückschau

Nach all den Mühen und Schwierigkeiten, der Bewährung in der Praxis und dem schönen Erfolg bleibt die Frage der pädagogischen Wertung. Insgesamt war das Projekt SOLAR-RACER sehr erfolgreich. Auszubildende im Kraftfahrzeugmechanikerhandwerk – häufig allzusehr als Austauschmechaniker abgewertet – konnten beweisen, daß sie zu großen Kraftanstrengungen und Leistungen fähig waren. Die ideale Verbindung von Theorie und Praxis konnte besser kaum gelingen. Die Eigendynamik, die das Projekt entwickelte, über-

raschte auch die Betreuer. Die sozialen Aspekte der engen, häufig streßbelasteten Zusammenarbeit können gar nicht hoch genug bewertet werden. Das gilt im negativen (Verlassen der Gruppe) ebenso wie im positiven Sinne (freiwillige Nacht- und Wochenendarbeit).

Ein großer Erfolg also und sofort zu wiederholen? Ja ... aber. Wiederholen um welchen Preis? Zwei, drei engagierte Lehrer bringen Hunderte von Arbeitsstunden ihrer sonst unterrichtsfreien Zeit in ein Projekt ein, in dem vier bis fünf Lehrlinge eingebunden sind. Die enorm hohen Kosten des Solarprojekts konnten nur durch gute Kontakte und Beziehungen sowohl zum Handwerk als auch zur Industrie sowie durch geschickte Pressearbeit finanziert werden. Das Risiko, bei einem Scheitern des Projektes große Geldsummen zurückzahlen zu müssen, verblieb ausschließlich bei den Initiatoren.

Die tägliche Unterrichtsarbeit – für die Lehrer gab es keine wesentliche Entlastung – blieb von den großen außerunterrichtlichen Anforderungen nicht unbeeinflusst. Allerdings konnten zahlreiche Aspekte des Solarprojekts den Unterricht durchaus positiv beleben. Das unkalkulierbare rechtliche Risiko, z.B. die Verantwortung für die FahrerIn während der Veranstaltung auf öffentlichen Straßen, wurde bis zum Projektende von den zuständigen Behörden nicht ausreichend geklärt und blieb bei den verantwortlichen Teamleitern hängen.

Trotz aller Gegenargumente wurde das Solarprojekt noch ein weiteres Jahr fortgesetzt. An der Teamzusammensetzung änderte sich kaum etwas. Die Solarrallye Hamburg – Berlin bedeutete den Schlußpunkt eines vom Ansatz her sehr erfolgreichen Projekts.

Die Arbeiten wurden beendet – was nicht gleichzeitig ein Scheitern bedeutete, weil...

- die Belastung der Lehrer auf Dauer zu groß war,
- eine Anerkennung als Unterrichtsprojekt nicht erfolgte,
- die rechtlichen Risiken unkalkulierbar blieben.

Sollten diese Probleme im Vorwege eine zufriedenstellende Lösung finden, so kann jeder Schule bzw. jedem engagierten Lehrerteam zur Planung und Durchführung eines derartigen Projekts geraten werden. Einen guten Eindruck von den Erfahrungen bei der Entstehung, Planung und Durchführung des Projektes SOLAR-RACER der Gewerbeschule Kraftfahrzeugtechnik Hamburg vermittelt auch ein interessanter, professionell gemachter Videofilm gleichen Titels¹.

Anmerkung

¹ Der Film ist als VHS-Kopie (95,- DM inkl. Begleitmaterial) zu beziehen bei: HATEE-Film, Barbarossaweg 4, in 21357 St. Dionys, Tel: (04133) 7406 oder Fax: (04133) 6470.

Matthias Arnhold

Gestaltung einer Betriebsbesichtigung mit dem Aspekt „Solaranlage“

Ausgangssituation

Seit dem Wintersemester 1993/94 werden an der TU Dresden auch Lehrlinge ausgebildet (Industriemechaniker/Fachrichtung Geräte- und Feinwerktechnik und Industrieelektroniker/Fachrichtung Gerätetechnik). Da der zukünftige Einsatz in den Laboren und Werkstätten der verschiedenen Institute erfolgen kann, hat das Kennenlernen der zukünftigen Arbeitsstätte inhaltliche Bedeutung sowie zusätzlich stimulierende Wirkung für das zielgerichtete Lernen und Arbeiten in der beruflichen Grundbildung, das vorwiegend in der Lehrwerkstatt und in der Berufsschule erfolgt. Für das Erreichen dieses Ziels erweisen sich Betriebsbesichtigungen mit Aspekterkundung, kurz Betriebserkundungen, als ein günstiges Unterrichts- bzw. Ausbildungsverfahren (vgl. dazu Hoppe/Pahl 1984, S. 194 ff.).

Im folgenden sollen die Erfahrungen dokumentiert werden, die bei der Gestaltung der Betriebserkundung „Solaranlage“ für die Gruppe der Industrieelektroniker gesammelt wurden.

Gestaltung der Betriebserkundung „Solaranlage“

Die Realisierung der Betriebserkundung „Solaranlage“ erfolgte auf der Grundlage des betrieblichen Ausbildungsplanes in den folgenden vier Phasen:

1. Erarbeitung von fachlichen Grundlagen zur Solartechnik, speziell zur Solarzellentechnik.
2. Planen und Realisieren des Erkundungsexperimentes „Solarzelle“.
3. Planen und Realisieren der Betriebserkundung „Solaranlage“ (Lehr- und Forschungsanlage „Photovoltaik“).
4. Auswertung, Diskussion und Präsentation der Ergebnisse. Zur Vorbereitung dieser vier Phasen wurde vom Autor eine Planungsmatrix (in Anlehnung an Koch/Selka 1991, S. 96 ff.) entworfen; die inhaltliche Ausgestaltung der Planungsmatrix zeigt Abbildung 1.

Diese Planungsmatrix diente als Grundlage für die Gestaltung eines Erkundungsleittextes, der in Anlehnung an Koch/Selka (1991, S. 104 ff.) mit den Unterteilungen Zielstellung, Aufgabenstellung und Leitfragen vom Autor entwickelt wurde (vgl. Abbildung 2).

Aspekte Phasen	Handlungen	Inhalte	Informations- u. Arbeitsmittel	Leitfragen
1.	Informieren	- Solartechniken * Photovoltaik * Sonnenkollektoren - Phys. Grundlagen - Solarzelle u. -anlage	- StromBASIS- WISSEN Nr.110 "Strom aus Sonnenlicht (Photovoltaik)"	- Wie ist eine Solarzelle aufgebaut? - Welche phys. Zusammenhänge treten auf? - Wie ist eine Solaranlage aufgebaut?
2.	Planen, Durchführen und Auswerten des Erkundungsexperimentes "Solarzelle"	- Versuchsidee : Umwandlung von Strahlungsenergie in elektr. Energie - Variierte Parameter: * Strahlungsleistung * Entfernung	- Experimentier- satz "Solarzellen in der Praxis" CONRAD- ELEKTRONIK	- Welche Größen können zur Charakteristik einer Solarzelle gemessen werden? - Welche Darstellungsformen können für die Charakterisierung gewählt werden?
3.	Beobachten, Registrieren und Nachfragen beim Realisieren der Betriebserkundung	- Aufbau und Funktionsweise einer Photovoltaik- Solaranlage	- Lehr- und Forschungs- anlage des Inst f. Elektroenergie- versorgung der TU Dresden	- Was ist bei der Montage von Solarzellen zu beachten? - Wie erfolgt die Stromabgabe an das Netz?
4.	Auswerten, Vergleichen, Diskutieren der ermittelten Erg., Präsentation	- Meßergebnisse des Experiments und der Photovoltaik- anlage	- Datenausdruck der Photo- voltaikanlage	- Wie werden Energie- bilanzen dargestellt? - Wie ist die zukünftige Entwicklung einzuschätzen?

Abb. 1: Planungsmatrix zur Vorbereitung der Betriebserkundung „Solaranlage“

Wie sind nun die einzelnen Phasen umgesetzt worden? Die Phase 1 und 2 wurde arbeitsteilig von den Auszubildenden realisiert, d.h. eine Teilgruppe versorgte sich mit den notwendigen Informationen aus der Fachliteratur und die andere Teilgruppe realisierte das Erkundungsexperiment „Solarzelle“. Bei dem Erkundungsexperiment wurde in einer ersten Versuchsreihe eine Solarzelle mit einer Lampe bestimmter Leistung (40 W) aus verschiedenen Abständen bestrahlt und die erzeugte Spannung in Abhängigkeit von der Entfernung ermittelt. In der zweiten Versuchsreihe wurde die Leistung der Lampe erhöht (75 W). Die Meßergebnisse wurden anschließend in ein Diagramm übertragen (Abbildung 3).

Erkundungsleittext " Solarzelle "
<p>Zielstellung : Mit der Betriebserkundung "Solaranlage" sollen Sie sich Grundkenntnisse der Solartechnik (speziell der Solarzellentechnik) aneignen. Gleichzeitig sollen Sie den Einsatz dieser Solarzellen in einer Lehr- und Forschungsanlage "Photovoltaik" kennenlernen. Damit machen Sie Bekanntschaft mit einer für Sie möglichen zukünftigen Ausbildungs- und Arbeitsstätte.</p>
<p>Aufgabenstellung : A) Erarbeiten Sie sich fachliche Grundlagen zur Solartechnik, speziell zur Solarzellentechnik. B) Realisieren Sie ein Erkundungsexperiment mit dem Versuchsgegenstand "Solarzelle". C) Gestalten Sie die Betriebserkundung zur Lehr- und Forschungsanlage "Photovoltaik". D) Werten Sie die Ergebnisse aus dem Erkundungsexperiment und der Betriebserkundung aus und präsentieren Sie die Ergebnisse .</p>
<p>Leitfragen : 1. Welche physikalischen Grundlagen sind für die "Solarzellentechnik" bestimmend? 2. Wie können diese physikalischen Grundlagen experimentell überprüft werden? 3. Was ist bei der Montage von Solarzellen zu beachten? 4. Wie ist eine Photovoltaikanlage aufgebaut? 5. Welche Vor- und Nachteile ergeben sich beim Einsatz dieser Solartechnik? 6. Wie ist ihre zukünftige Entwicklung einzuschätzen?</p>

Abb. 2: Erkundungsleittext für die Betriebserkundung „Solaranlage“

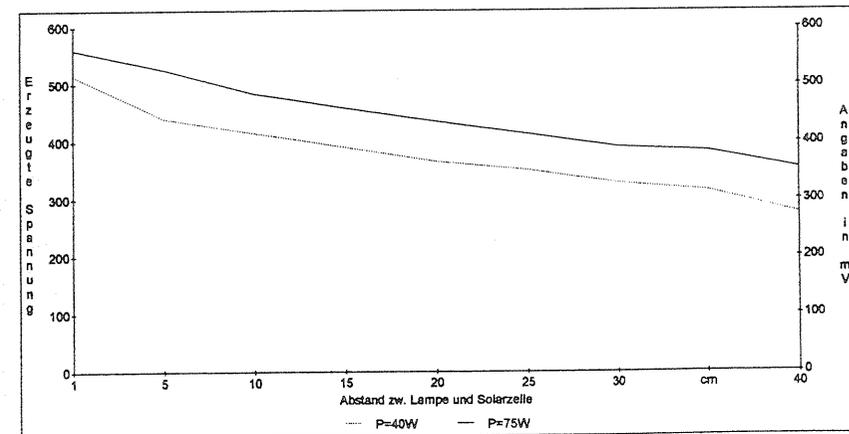


Abb. 3: Meßergebnisse des Erkundungsexperimentes „Solarzelle“

Die Phase 3 wurde am Institut für Elektroenergieversorgung der TU Dresden realisiert. An dieser Photovoltaikanlage sind neben den festinstallierten Solarmodulen auch entsprechend dem Sonnenstand in Intervallen nachgeführte Solarmodule vorhanden. An den Displays der Wechselrichter konnte die augenblickliche Leistung der Solaranlage beobachtet werden. Die Auszubildenden lernten neben der Verschaltungstechnik der Solarzellen und -module auch die notwendige Technik zur Einspeisung der umgewandelten Solarenergie in das elektrische Netz kennen. Diese eingespeiste Leistung wird mittels Rechen-technik automatisch registriert, die Abbildung 4 zeigt die eingespeiste Leistung in Abhängigkeit von der Tageszeit.

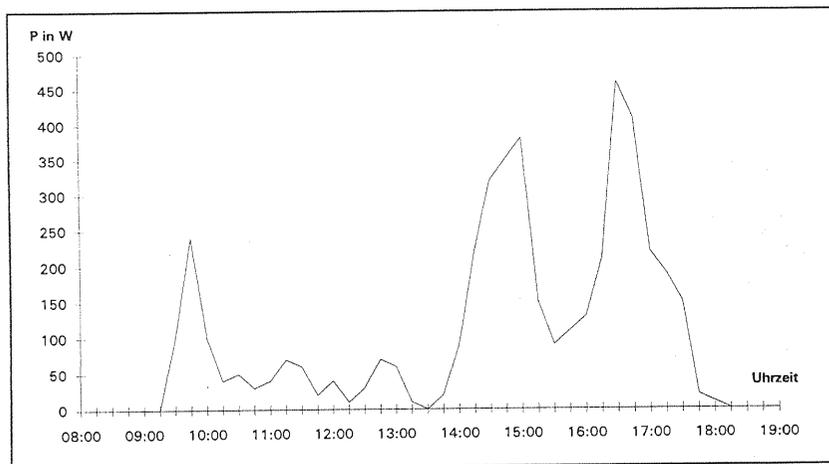


Abb. 4: Eingespeiste Leistung der 1,1 KW-PV-Gruppe mit monokristallinen Solarzellen am 10. März 1994¹

Die Phase 4 wurde wieder in der Lehrwerkstatt realisiert und diente der Aufbereitung der ermittelten Daten, die anschließend mittels Computergraphik dargestellt wurden. Diskussionen zum Kosten-Nutzen-Verhältnis sowie zu weiteren Entwicklungsmöglichkeiten und die öffentliche Präsentation der Ergebnisse bildeten den Abschluß der Betriebserkundung „Solaranlage“.

Schlußbemerkungen

Die Auszubildenden haben die Betriebserkundung „Solaranlage“ mit Elan bewältigt. Bei einer weiteren Betriebserkundung könnte die Versuchsidee des

Erkundungsexperimentes in der Weise abgeändert werden, daß anstelle des Parameters „Entfernung“ der Parameter „Einstrahlungswinkel“ variiert werden sollte, um damit eine Annäherung des Versuchsmodells an das Realobjekt zu erreichen. Dadurch wird eine bessere theoretische Vorbereitung auf die Betriebserkundung erreicht und das „Wiedererkennen“ der im Erkundungsexperiment ermittelten physikalischen Zusammenhänge an der realen Solaranlage wird den Auszubildenden erleichtert.

Anmerkung

- 1 Die Lehr- und Versuchsanlage „Photovoltaik“ wird in dieser Ausgabe von *lernen & lehren* von den Autoren Bauer und Kuntze vorgestellt.

Literatur

- HOPPE, M./PAHL, J.-P.: Betriebsbesichtigung mit Aspekterkundung – ein Unterrichtsverfahren für Erst- und Realbegegnungen in der CNC-Ausbildung. In: HOPPE, M./ERBE, H.-H.: Neue Qualifikationen – Alte Berufe? Rechnerunterstütztes Arbeiten und Konsequenzen für die Berufsausbildung. Wetzlar 1984 (= Reihe Berufliche Bildung, Band 5)
- KOCH, J./SELKA, R.: Leittexte – ein Weg zu selbständigem Lernen. Berlin/Bonn 1991

Klaus Hermann

Förderung des Räumlichen Vorstellungsvermögens im Fach Technische Kommunikation

Der folgende Beitrag verweist auf Erkenntnisse, die im Rahmen von vielfältigen Studien zu einer empirischen Untersuchung (Hermann 1992) gewonnen wurden. Diese empirisch-lernpsychologischen Ergebnisse bildeten die Basis für die Entwicklung von CAD'-Unterrichtssequenzen, die im computerunterstützten Technischen Zeichnen als Lernhilfe im Bereich der Dreitafelprojektion für die Übertragungsfähigkeit vom Zweidimensionalen (2D) in das Dreidimensionale (3D) und vom Räumlichen (3D) in die Ebenendarstellung (2D) eingesetzt wurden. Hier soll auf die Problematik der räumlichen Vorstellung nur im Bereich der Transponierung von 2D nach 3D – also von der Ebene in den Raum – näher eingegangen werden.

Problem- und Fragestellung

Die Technische Kommunikation erfordert ein hohes Maß an räumlicher Vorstellung. In technischen Zeichnungen ist meist das orthogonale zweidimensionale Dreitafelbild eines Werkstückes als Vorlage für die Ausführung vorgegeben, wobei es gilt, sich den in kodierter Form dargestellten Gegenstand räumlich „vorzustellen“, damit dieser letztendlich in der Realität hergestellt werden kann. Um diese kodierte Form umzusetzen, d.h. sie zu dekodieren, muß die technische Darstellung durchdrungen und „geistig“ verarbeitet werden. Erfahrungsgemäß haben aber die Schüler, speziell bei der Übertragung von 2D nach 3D, ganz bestimmte „Dekodierungsschwierigkeiten“. Oft können sie sich anhand des vorgelegten „ebenen“ orthogonalen Dreitafelbildes keine Vorstellung vom gesuchten Gegenstand machen; dann gelingt es ihnen nicht, die räumliche Darstellung und ihre zeichnerische Fixierung zu realisieren.

Die primäre Frage lautet: Welche Strategien müssen die Schüler entwickeln, um die wahrgenommene Zweidimensionalität in das Räumliche gedanklich zu übertragen. Was geschieht dabei lernpsychologisch? Vermutlich ist es eine gedankliche Widerspiegelung des technischen Gegenstandes, von dem sich der Schüler eine räumliche Vorstellung macht. VITRUV beschrieb dieses Wahrnehmungsphänomen mit den Worten: „Denn das Auge scheint die Dinge nicht zu sehen, wie sie wirklich sind, sondern der Verstand ...“ (Vitruv 1981, S. 271).

Dieses Suchen nach kognitiven Vorgängen stellt einen kombinierten pädagogisch und psychologischen Ansatz für die Erfassung der Phänomene des Sehens dar, wobei „das Verstehen der Sehvorgänge ein an sich schwieriges Unterfangen ...“ bleibt (Frisby 1989, S. 5).

Erkundungshypothese

Die nachfolgend formulierte Erkundungshypothese hat vorläufigen Charakter und wird – soweit dies möglich ist – im Anschluß empirisch überprüft:

Wenn im rechtwinkligen Dreitafelbild nur eine bestimmte Ansicht, und zwar diejenige, die dem Körper am ehesten die Gestalt verleiht, vorgegeben ist, dann ist der Schüler in der Lage, sich den Körper eindeutig mental vorzustellen und diesen dann als 3D-Darstellung zu reproduzieren.

Die zur Überprüfung dieser Hypothese notwendigen kleinen Experimente zur Transponierung von 2D nach 3D mit Schülern des Berufsgrundbildungsjahres gewerblich-technischer Berufsfelder wurden in Gruppen bis zu jeweils acht Schülern durchgeführt. Insgesamt waren 18 Schüler in Einzelbeobachtung über vier Doppelstunden Unterricht beteiligt.

Es wird angenommen, daß die Schüler in der Lage sind, das Raumbild des Körpers ausschließlich an der gestalt- bzw. profilgebenden Ansicht mental „abzulesen“, ohne die übrigen Ansichten zu Hilfe zu nehmen, zumindest nicht bewußt. Die Vermutung, daß die Schüler zum Erkennen des Körpers nur eine Ansicht benötigten, regte zu den nachfolgenden Experimenten an.

Experimentelle Hypothesenüberprüfung

Durch Vorgabe eines fehlerhaften Dreitafelbildes soll überprüft werden, ob der Schüler, wie vermutet wird, nur eine bestimmte Ansicht für die Entwicklung des räumlichen Körpers benötigt.

Ohne die Schüler auf die fehlerhafte Anordnung der drei Ansichten aufmerksam zu machen, wurden sie aufgefordert, mit Hilfe der 2D-Darstellung das Raumbild zu skizzieren. Das räumliche Bild mußte in beliebiger Schrägbild-darstellung daneben gezeichnet werden (vgl. Abb. 1).

Den Schülern wurde also ein fehlerhaftes Dreitafelbild vorgelegt, um die Frage zu klären, ob tatsächlich nur die dem Querschnitt ähnelnde Ansicht zur bildhaften räumlichen Vorstellung benötigt wird, während die beiden anderen – in Abbildung 1 fehlerhaft (!) angeordneten – Ansichten nicht oder evtl. nur geringfügig beachtet werden.

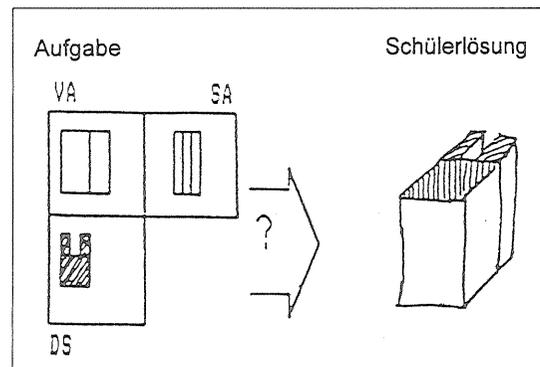


Abb. 1: Fehlerhafte Anordnung der Ansichten
(Zur Hervorhebung wurde die Draufsicht
nachträglich schraffiert.)

Das Versuchsergebnis kann als vorläufige Bestätigung der in der Hypothese aufgestellten Vermutung gelten. Die Zeichnung verdeutlicht, daß zur Darstellung der räumlichen Figur nur diejenige Ansicht von den (am Experiment beteiligten) Schülern benötigt wurde, die dem „Profil“ des Körpers gleichkam. Offensichtlich benötigt der Schüler zur Entwicklung des räumlichen Körpers nur die Ansicht, die dem „Profil“ des Körpers gleicht. Die beiden anderen Ansichten wurden für das Zeichnen des Raumbildes (Übertragung von 2D nach 3D) nicht benötigt, wobei interessanterweise nur wenige Schüler die fehlerhafte Anordnung entdeckten. Diese Fehlinformation in der Aufgabenstellung beeinflusste aber nicht die Lösungsentscheidung der Schüler. Vermutlich war das Augenmerk nur auf die profilgebende Fläche gerichtet, also auf eine Fläche, die den größten Informationsgehalt besitzt. (Näheres hierzu Frisby 1989, S. 5; Rock 1985, S. 72; Metzger 1975, S. 62f., S. 70f., S. 417ff., S. 448, S. 452, S. 455ff.)

Um die Annahme zu überprüfen, daß die Schüler neben der gestaltähnlichen Fläche die anderen beiden Ansichten tatsächlich nicht berücksichtigt hatten, also diese für die räumliche Figur nicht benötigten, wurde eine weitere Frage gestellt: Können sich die Schüler bei nur einer vorgegebenen Ansicht (DS, VA oder SA) den Körper im 2D-Bild ebenfalls eindeutig vorstellen (vgl. Abb. 2, Aufgabe und Schülerlösung), wie dies in dem vorhergehenden Beispiel der Fall war?

So lautete die Aufgabenstellung: „Gegeben ist jeweils eine Ansicht (Draufsicht, Vorderansicht oder Seitenansicht) eines Körpers. Wie sieht der Körper aus? – Skizzieren Sie ihn!“

Auch bei diesem Experiment, das mit den gleichen Schülern durchgeführt wurde, zeigte sich, daß sie durchaus in der Lage waren, aus der profilgebenden Ansicht sich den Körper ins Bewußtsein zu rufen, um anschließend die 3D-

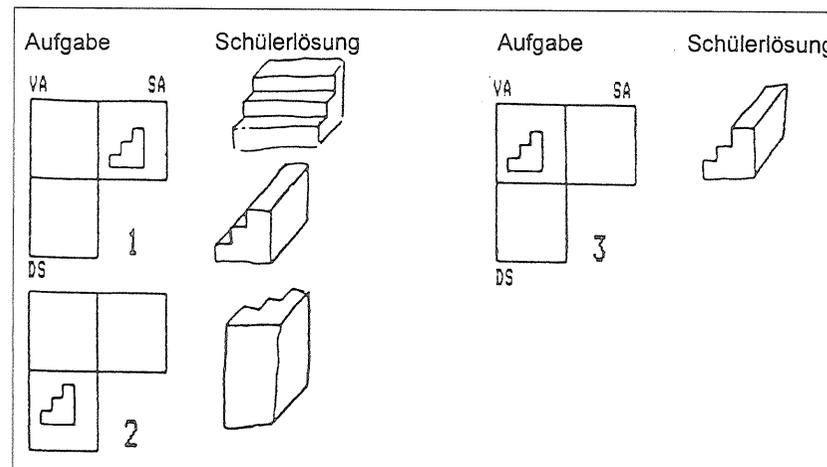


Abb. 2: 2D-Bild mit nur einer vorgegebenen Ansicht

Figur sowohl mental als auch zeichnerisch zu entwickeln. Die für die dritte Dimension benötigten Größen (Tiefe, Höhe) wurden – wenn überhaupt – von den Schülern geschätzt (vgl. Schülerlösungen Abb. 2).

Was geschieht aber, wenn ein Grenzfall eintritt, bei dem keine der Ansichten eindeutig die Gestalt widerspiegelt? Um diese Frage zu beantworten, wurde in einem weiteren Experiment das Dreitafelbild eines Körpers gewählt, bei dem keine der drei Ansichten in der orthogonalen Projektion eindeutig die Gestalt, das Profil, den Umriß oder den Querschnitt zeigten (vgl. Abb. 3).

In einem zweiten Versuch wurde dann die Aufgabe des Experiments dahingehend abgewandelt, daß die Draufsicht „gestaltähnlicher“ entworfen wurde (vgl. Abb. 4).

Bei den Lösungsversuchen zeigte sich, daß die Schüler große Schwierigkeiten hatten, die Aufgabe in Abb. 3 zu lösen. Die Aufgabe in Abb. 4 wurde von fast allen Schülern zu 100 % richtig bearbeitet.

Warum wurde die Aufgabe in Abb. 4 (im Vergleich zu der in Abb. 3) relativ sicher gelöst? Die Vermutung liegt nahe, daß die Draufsicht (Grundriß) in der zweiten

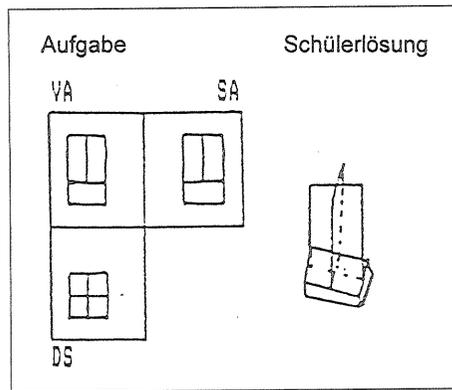


Abb. 3: Orthogonales Dreitafelbild ohne profilgebende Ansichtsfläche

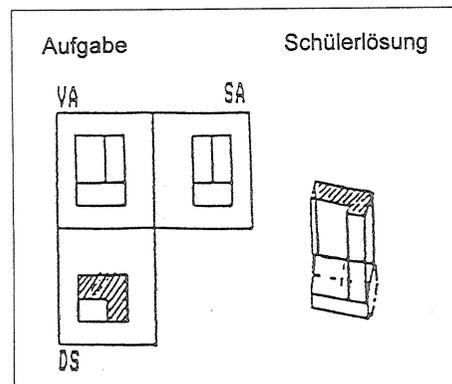


Abb. 4: Orthogonales Dreitafelbild mit profilgebender Ansichtsfläche. (Die Draufsicht (DS) wurde zur Hervorhebung nachträglich schraffiert.)

Zeichnung mehr dem Profil des Körpers glich, als dies bei der ersten der Fall war. Es stellte sich also auch hier – gemäß der oben aufgestellten Hypothese – das Phänomen ein, daß jetzt relativ sicher der Körper an der Draufsicht „erkannt“ und im Schrägbild dargestellt werden konnte, obwohl die Draufsicht nur profilähnlich vorgegeben war.

Es kann also festgestellt werden, daß das räumliche Vorstellungsvermögen an der Ansichtsfläche orientiert zu sein scheint, die den Körper am besten „beschreibt“ und ihm die typische Form verleiht. In der Regel ist dies eine dem Querschnitt des Körpers ähnelnde Ansicht. Offensichtlich können die Schüler am „Querschnitt“ die Struktur des Körpers „ablesen“.

Wie kann nun aus den Befunden und den „subjektiven Theorien“ der Schüler, für den Bereich „Übertragung von 2D nach 3D“, ein Erklärungsmodell geschaf-

fen werden? Dies ist jedoch unter dem Vorbehalt zu sehen, daß diese Vorgänge in einer umfassenden Untersuchung für allgemeingültig erklärt werden müßten.

Modellvorstellung

Aufgrund der Versuchsergebnisse kann angenommen werden, daß das Wahrnehmungssystem des Schülers offensichtlich eine bestimmte Ansichtsfläche bevorzugt, die ihm die Möglichkeit zur mentalen Tiefenwahrnehmung gibt. In der Regel ist dies eine die Gestalt widerspiegelnde Fläche.

Aus Erfahrung weiß der Schüler nun, daß z.B. bei einer Draufsicht die Höhe für die dritte Dimension eine wichtige Rolle spielt. Vermutlich wird mit Hilfe der profilgebenden Fläche und einem Tiefeneffekt, der sich beim Betrachten der Fläche wahrscheinlich „automatisch“ einstellt, das dreidimensionale Gebilde in Gedanken wahrgenommen. Das heißt, der Schüler sieht die im orthogonalen 2D-Bild dargestellte Draufsicht (DS) als Deckfläche eines Körpers und „erinnert“ sich daran, daß der Körper in die Tiefe, am Beispiel „Draufsicht“ nach unten verlaufen muß. Hierbei kommt ihm seine Erfahrung, die er mit dreidimensionalen Gebilden gemacht hat, zu Hilfe. Er stellt sich den Körper mit einer bestimmten „Ausdehnung“ nach unten vor und vergleicht ähnliche Gebilde, die in einer Art „Datenbank“ im Gehirn abgelegt sind. Bei Übereinstimmung zwischen gesuchtem und gespeichertem räumlichen Gebilde erscheint das gesuchte Gebilde vor dem „geistigen“ Auge. Liegen mehrere Lösungen vor, so ist „die qualitativ bessere Lösung“ immer jene, die mit einfacheren Mitteln, also geringerem kognitiven Aufwand gefunden wurde (Klix 1980, S. 264).

Die Erfahrung spielt auch beim Erkennen der übrigen Ansichtsflächen (VA und SA) eine wichtige Rolle. Um sich Körper nur an einer Fläche (Bedingung: Sie muß profilähnlich sein.) räumlich vorstellen zu können, wird beim Anblick der profilgebenden Fläche vermutlich ein Tiefeneffekt ausgelöst.

Rock stellte fest, daß „das Sehsystem die Tiefenwahrnehmung immer dann gegenüber einer zweidimensionalen „Lösung“ bevorzuge, wenn sie einfacher sei“ (Rock 1985, S. 72). Dieses Prinzip wurde in der Gestaltpsychologie u.a. mit dem Necker-Würfel (vgl. Abb. 5) erklärt.

„Den Necker-Würfel (links) nehmen wir räumlich wahr, während eine andere Projektion desselben Würfels (rechts) auf den ersten Blick zweidimensional wirkt. Warum sehen wir nicht die linke Figur zweidimensional? Die Gestaltpsychologen sagen, daß hier eine flächige Struktur sehr viel komplizierter wäre als die tatsächlich wahrgenommene“ (Rock 1985, S. 72).

Hochberg et al. definierten in diesem Zusammenhang „einfach“ mit Hilfe der modernen Informationstheorie. „Nach dieser Definition ist eine Wahrnehmung

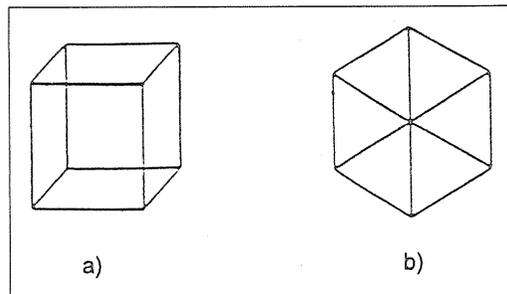


Abb. 5: Räumliche (a) und flächige (b) Wirkung des Würfels

einfach, wenn sie mit einem Minimum an Information beschrieben oder codiert werden kann“ (vgl. Rock 1985, S. 73).

Beim Betrachten der linken Figur in Abb. 6 „sehen wir zwei Rechtecke, von denen das hintere teilweise verdeckt ist, obwohl es genausogut

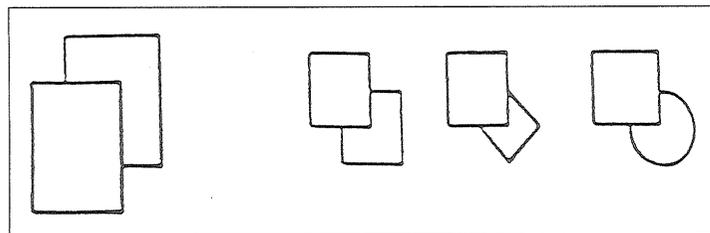


Abb. 6: Beispiele zum Prägnanzprinzip der Gestaltpsychologie (vgl. Rock 1985, S. 72)

e i n Rechteck mit einem L-förmigen Anhängsel in derselben Ebene sein könnte“ (Rock 1985, S. 72). Diese gestaltpsychologische Deutung ist zwar umstritten, in den Beispielen wird aber deutlich, daß der Sehepparat bei geometrischen Flächen stets die einfachste Interpretation wählt.

Welche Folgerungen lassen sich aus den oben festgestellten Ergebnissen für den Unterricht ziehen?

Didaktische Konsequenzen

Das folgende Beispiel soll zeigen, wie aus den Erkenntnissen des Hypothesentests, die Fähigkeit von 2D nach 3D zu transponieren, im Rahmen der Techni-

schen Kommunikation trainiert werden kann. Dies geschieht zum einen mental, zum anderen real. Die letztgenannte Übertragungsmöglichkeit vom zweidimensionalen rechtwinkligen Dreitafelbild (im Beispiel ist es die Vorderansicht) in die Dreidimensionalität kann wiederum auf konventionelle Weise (vgl. Abb. 7) und/oder mit Computerunterstützung (vgl. Abb. 8) erfolgen. In beiden Fällen gehen die Schüler handlungsorientiert vor, indem sie durch selbständiges Planen (Wahrnehmen der gestaltähnlichen 2D-Fläche und kognitive Verarbeitung (Denken) in einem spezifischen Problemlösungsprozeß) und selbsttätiges Durchführen (Tun, d.h. durch Skizze oder mittels CAD-System² die dreidimensionale Figur erzeugen. Die abschließende Kontrolle liefert das endgültige PC-Bild. Dabei sollen die Schüler „spielerisch“ die Fähigkeit erwerben, von der zweidimensionalen Fläche in den dreidimensionalen Raum (geometrischer Körper, Werkstück) gedanklich und real zu gelangen. Die handlungsorientierte Umsetzung geht in der Weise vor sich, daß in den genannten Beispielen (vgl. Abb. 7 und 8) von der für das Auge (gestaltpsychologisch) angenehmsten, dem Profil ähnlichen Fläche, ausgegangen wird. Diese ist im Beispiel die Vorderansicht.

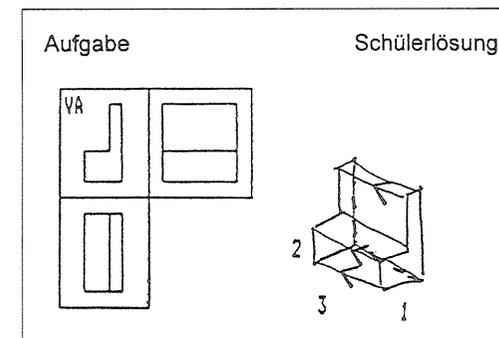


Abb. 7: Beispiel für perspektivische Tiefenwahrnehmung (konventionelle Ausführung) und Entwicklung des 3D-Bildes. (Die Zahlen geben jeweils die Entwicklungsschritte an.)

In einem Anwendungsprogramm „lernt“ der Schüler die Beziehungen zwischen orthogonalem 2D-Bild und dreidimensionalem Körper auf die Art und Weise kennen, daß er entweder im herkömmlichen Sinne oder aber mit Hilfe des CAD-Systems zunächst das Schrägbild (Schritt 1) und anschließend die zweite perspektivische Fläche herstellt (Schritt 2). Anschließend stellt sich das Schrägbild des Körpers mental ein. Die beiden (profilgebenden) Flächen bilden dann durch Ergänzen der Körperkanten das Schrägbild und damit die räumliche Darstellung des Körpers (Schritt 3).

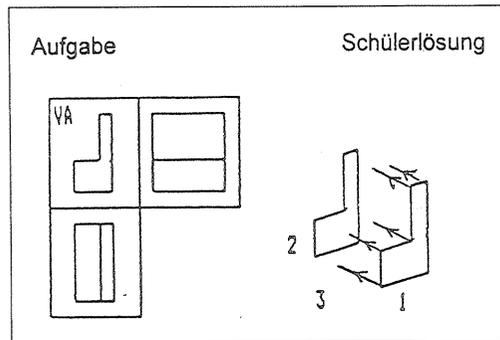


Abb. 8: Beispiel für perspektivische Tiefenwahrnehmung (Ausführung mit CAD-System) und Entwicklung des 3D-Bildes. (Die Zahlen geben jeweils die Entwicklungsschritte an.)

Schlußbemerkung

Es wurde versucht, den Weg nachzuvollziehen, den ein Schüler beim Betrachten einer orthogonal dargestellten Zeichnung gehen muß, um mental von der zweidimensionalen Abbildung in die Dreidimensionalität zu gelangen. Zugleich sollen Ansätze und somit Anregungen für weiterführende Gedanken auf dem Gebiet der räumlichen Vorstellung im Bereich der Dreifachprojektion geliefert werden. Der Artikel soll aber auch die Lehrer ermutigen, diese Erkenntnisse in ihrem Unterricht weiter zu entwickeln.

Der Verfasser ist sich bewußt, daß der hier empirisch entwickelte kognitions- und lernpsychologische Ansatz nur ein Anfang auf einem schwierigen Weg sein und in keiner Weise einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann.

Anmerkungen

- 1 „CAD“ (Computer Aided Design) bedeutet soviel wie computerunterstütztes Zeichnen und Konstruieren
- 2 „System“ heißt in Verbindung mit dem Begriff „CAD“ Geräteanordnung aus Hard- und Software. Der Begriff deutet auf ein Zusammenwirken zwischen „Hardware“ (= Personalcomputer) und „Software“ (= Zeichenprogramm) hin.

Literatur

FRISBY, John P.: Optische Täuschungen; Sehen, Wahrnehmen, Gedächtnis. Augsburg 1989 (= Weltbild Verlags GmbH)

HERMANN, K.: Computerunterstützter Fachzeichnenunterricht: Eine empirische Untersuchung über die Entwicklung von CAD-Sequenzen und ihre Lernwirkung im Berufsgrundbildungsjahr gewerblich-technischer Berufsfelder, aufgezeigt am Beispiel der Dreifachprojektion. München 1992 (Technische Universität, Dissertation)

KLIX, F.: Erwachendes Denken. Eine Entwicklungsgeschichte der menschlichen Intelligenz. Berlin 1980 (= VEB Wissenschaften)

METZGER, W.: Gesetze des Sehens. Frankfurt a.M. 1975

VITRUVIUS POLLIO, M.: Zehn Bücher über die Architektur. (Übers. u. mit Anm. vers. von Curt Fensterbusch.) Darmstadt 1981 (= Wissenschaftliche Buchgesellschaft 1981), 3. Auflage. „liber sextus“

ROCK, I.: Wahrnehmung: Vom visuellen Reiz zum Sehen und Erkennen. Heidelberg 1985 (= Spektrum-der-Wissenschaft-Verlagsgesellschaft)

Heinz Diekmann

Das Schneckengetriebe ist defekt – Instandhaltung und Technische Kommunikation

Der Beitrag versucht, die noch allzu häufig getrennten Lernbereiche „Technische Kommunikation“ und „Montagetechnik/Instandhaltung“ anhand eines konkreten Unterrichtsbeispiels miteinander zu verbinden.

Die Tätigkeit des Facharbeiters im Betrieb hat sich im letzten Jahrzehnt erheblich gewandelt. Dabei ging es nicht nur um inhaltliche Veränderungen des Tätigkeitsspektrums wie die Einführung der C-Techniken, neuer Hydraulik- und Pneumatiksysteme oder vernetzter Kommunikationsmittel, sondern auch um berufsübergreifende Neuerungen: Aspekte wie Systemdenken, Vernetzung, aber auch Kommunikation und Kooperation. Vergleichbar wird auch in der Instandhaltung nicht mehr der einzelne Arbeitsplatz isoliert für sich gesehen, sondern er wird zugleich als Element eines umfassenden technischen und sozialen Systems verstanden. An vielen Arbeitsplätzen wird abteilungs- und funktionsübergreifendes Denken gefordert, das neue Qualifikationen zur Voraussetzung hat.

Solche Qualifikationen entsprechen dem Ansatz der neugeordneten Ausbildung in den Metallberufen. Leider verhindert aber die isolierte, nur auf das enge Fachliche bezogene Kenntnisvermittlung geradezu diese Ziele. Bezogen auf die Berufstätigkeit des Facharbeiters sollte z.B. die Technische Kommunikation fachübergreifend und berufsqualifizierend vermittelt werden, was derzeit noch zu wenig erfolgt.

Wege zur didaktischen Umsetzung der Neuordnung

Ganzheitlich orientierte Unterrichtsansätze sollen dazu beitragen, auch im Bereich der Technischen Kommunikation die durch die Neuordnung der Berufsausbildung im Metallbereich vorgegebene Zielsetzung zu erfüllen. Daher versuchen an der Gewerbeschule Metalltechnik in Hamburg-Wilhelmsburg einige Kollegen, mit kleinen technischen Systemen Formen des fächer- und lernbereichsübergreifenden Unterrichtens zu erproben. Für eine Verzahnung der Lernbereiche Technische Kommunikation und Montagetechnik/ Instandhaltung spricht neben dem Umstand, daß die Verzahnung in den neuen Lehrplänen angelegt ist, aber auch die aktuelle Diskussion:

- In der Technischen Kommunikation und Arbeitsplanung geht es darum, von der „Stillarbeit“ des Fachzeichnens zum handelnden Umgang mit berufstypischen, komplexen technischen Zeichnungen überzugehen und
- die Montagetechnik und Instandsetzung soll handlungsorientiertes Lernen ermöglichen und so die hohe Motivation nutzen, die von komplexer Technik ausgeht.

Vor dem Hintergrund der Berufspraxis bietet die Instandhaltung Gelegenheit, Technologie und Maschinen- und Gerätetechnik zu erschließen, d.h. Handlungsbereiche wie Messen, Prüfen, Montieren usw. zu nutzen. Dabei steht reale Technik, wie sie den heutigen technischen Betrieb kennzeichnet, im Vordergrund der Ausbildung in Schule und Ausbildungsstätte.

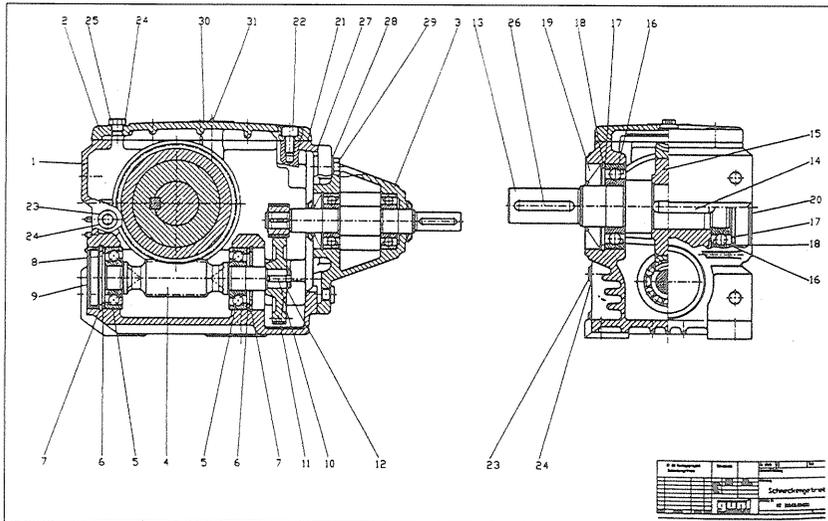
Hohe Komplexität industrieller Technik

Aktuelle Wissenschaftsergebnisse wie das „Vernetzungsmodell“ von Klimesch (1988) zeigen, daß hohe Komplexität auch den Lernerfolg steigern kann. Auf die Technische Kommunikation übertragen bietet sich daher die Verwendung technischer Systeme an, weil deren Komplexität durch didaktische Ausdifferenzierung von Bauteilen und Funktionen bis ins notwendige Detail führen und damit aufgelöst werden kann. Als ein Beispiel soll die Gesamt-Zeichnung für ein Schneckengetriebe mit 85 Bauteilen gelten (vgl. Abb. 1). In der Ausbildung in Schule und Betrieb besteht die Möglichkeit, im Zusammenhang mit dieser Zeichnung (vgl. Abb. 1) Unterlagen oder Aspekte zu benutzen bzw. selbständig zu erarbeiten.

Die Komplexität bezieht sich auch auf die didaktischen Aspekte eines solchen Systems. Wenn hier das Getriebe ausschnittsweise mit den Mitteln der Technischen Kommunikation erarbeitet wird und am praktischen Beispiel der Instandhaltung in betriebliches Handeln eingebunden wird, lassen sich damit auch Ziele der Maschinen- und Gerätetechnik erreichen. Diese Ziele reichen von der Systemanalyse bis zum einzelnen Maschinenteil.

Instandhaltung mit Montagetechnik als neuer Lernbereich

Geht man in der beruflichen Bildung von Primärerfahrungen aus, wird die Handlung nicht nur Ausgangspunkt des Lernens, sondern stellt auch eine Möglichkeit zur Motivation dar. Dabei darf die Montagetechnik nicht zu sehr auf den Vorgang der Montage bzw. der Demontage beschränkt werden, sondern



1	2	3	4	5	6
Pos.	Menge	Einheit	Benennung	Sachnummer/Norm - Kurzbezeichnung	Bemerkung
1	1	Stck	Schnecken-Fußgehäuse	MT 110.10.00.001	GG-20
2	1	Stck	Gehäusedeckel	MT 110.10.00.002	GG-20
3	1	Stck	W-Zylinder	MT 110.00.01.000	
4	1	Stck	Schnecke	MT 110.10.00.003	16 MnCr 5 BG
5	2	Stck	Schrägkugellager	DIN 628 - 7304 B	
6	2	Stck	Paßscheibe	DIN 988 - 42 x 52 x 2,5	
7	2	Stck	Sicherungsring	DIN 472 - 52 x 2,0	
8	2	Stck	Paßscheibe	DIN 988 - 42 x 52 x 0,1	
9	1	Stck	Verschlusskappe	52 x 10	Busak+Luyken
10	1	Stck	Paßfeder	DIN 6885 - B 5 x 5 x 14	
11	1	Stck	Antriebsrad	MT 110.10.00.004	16 MnCr 5 BG
12	1	Stck	Sicherungsring	DIN 471 - 16 x 1	
13	1	Stck	Abtriebswelle	MT 110.10.00.005	C 45
14	1	Stck	Paßfeder	DIN 6885 - B 10 x 8 x 42	
15	1	Stck	Schneckenrad	MT 110.10.00.006	
16	2	Stck	Kugellager	DIN 625 - 6207 Z	

Abb. 1: Vorderansicht/Seitenansicht Getriebe/ Ausschnitt Stückliste

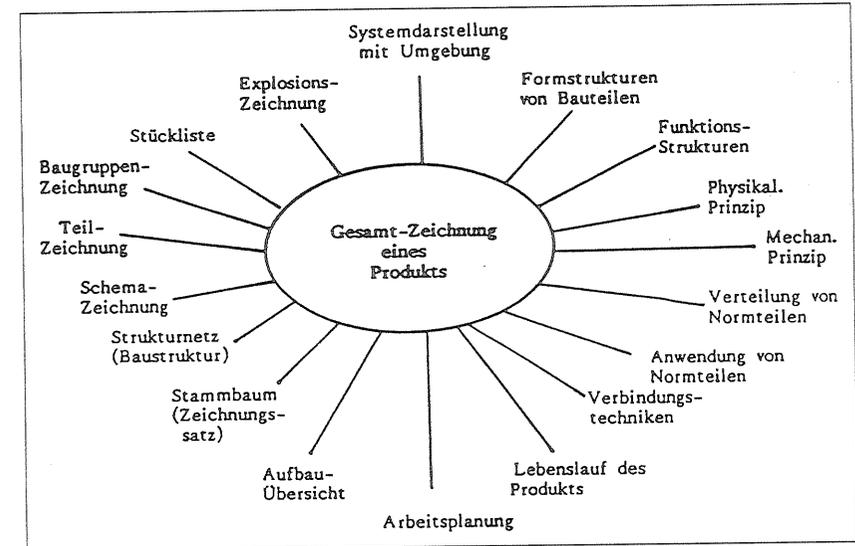


Abb. 2: Ausgliederung aus einer Gesamt-Zeichnung

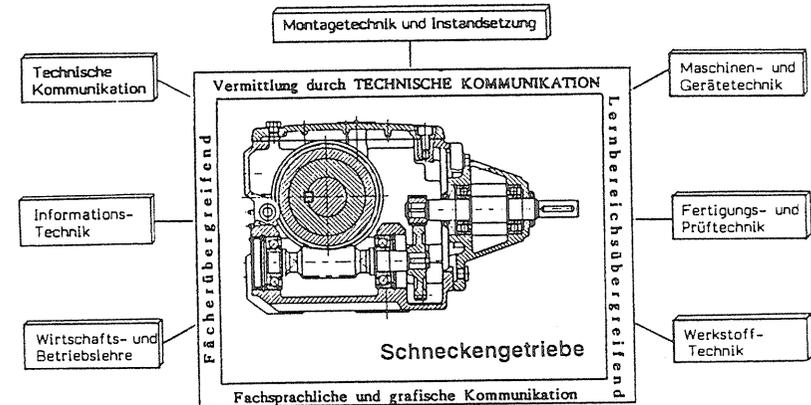


Abb. 3: Lernträger Schneckengetriebe

der Auszubildende muß die ganzheitliche Sichtweise für ein System erfahren und den Zusammenhang mit zugrundeliegenden Techniken „begreifen“. So lernt er, den Sinn von Bauteilen zu verstehen, ihre Form und Abmessung bis zu den Toleranzen und Rauhtiefen, Form und Gegenform von gefügten Bauteilen als Voraussetzung für Funktionen zu erkennen, die Unterschiede zwischen Baugruppen und Funktionsgruppen herauszuarbeiten usw.

Die Rolle der Technischen Kommunikation

Mit der Neuordnung wurde der Lernbereich Technische Kommunikation als Weiterführung des früheren Fachzeichnens neu geschaffen. Mit dem neuen Ausbildungsprinzip „Selbständiges Planen, Durchführen und Kontrollieren“ haben selbständiges Zeichnungslesen und fachgerechte Kommunikation am Arbeitsplatz einen höheren Stellenwert bekommen. Auch in der Technischen Kommunikation ist und bleibt die technische Zeichnung in Ansichten und Schnitten das didaktische Zentrum des Lernens.

Wer die Gesamt-Zeichnung zum Schneckengetriebe (Abb. 1) betrachtet, erkennt die besondere Bedeutung des Zeichnungslesens bei jeder Instandhaltungsaufgabe. Eine zusätzliche Hilfe bietet auch der Anordnungsplan (Explo-

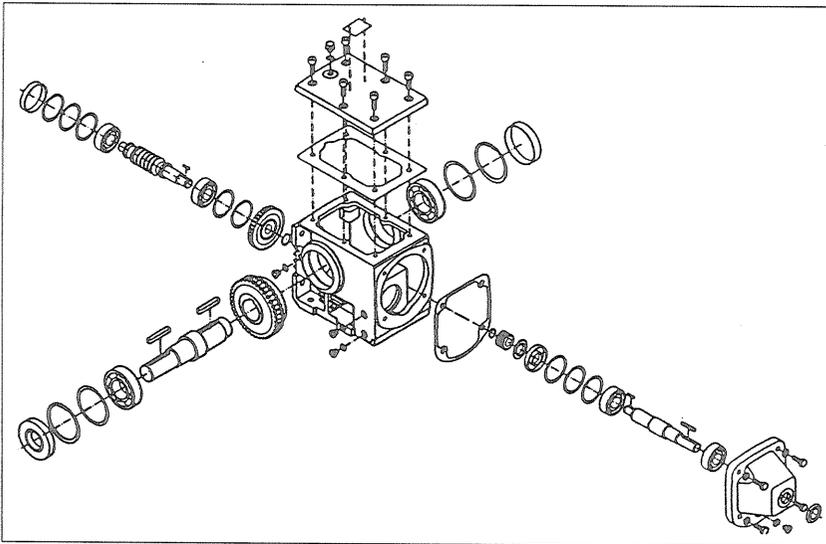


Abb. 4: Explosions-Zeichnung Getriebe

sions-Zeichnung, vgl. Abb. 4). Der Anordnungsplan verdrängt in einigen Instandhaltungsbereichen die Gesamt-Zeichnung. Wenn ausschließlich Anordnungspläne verwendet werden, sind die Informationsmöglichkeiten jedoch stark eingeschränkt.

Für die Integration von Technischer Kommunikation und Instandhaltung sind zwei komplementäre Gesichtspunkte bestimmend:

1. Wer eine Technische Zeichnung und die notwendigen Unterlagen eines technischen Systems durcharbeitet, sollte dabei auch neue technische Inhalte verstehen und neue Einsichten gewinnen.
2. Wer an einem Technischen System arbeitet, muß gleichzeitig die notwendigen Zeichnungen und alle weiteren Informationen der Praxis lesen und verstehen können.

Diese beiden Aspekte ein- und derselben Sache können auch in der Ausbildung integrativ behandelt werden und den Lernvorgang in der Schule und im Ausbildungsbetrieb wesentlich mitbestimmen.

Aus einem Unterricht zur Instandhaltung

Unter der Überschrift „Ein Störfall im Getriebe“ soll im Unterricht ein Arbeitsplan für den Austausch des Schneckenrades erstellt werden. Hauptlernziel ist, daß den Lernern der Unterschied zwischen Montage und Demontage deutlich wird. Hier muß vor allem der laienhaften Vorstellung entgegengewirkt werden, daß es sich bei Demontage- bzw. Montagearbeiten lediglich um eine gegenläufige Tätigkeit mit identischen Arbeitsschritten handelt. Während es im Reparaturfall bei der Demontage darauf ankommt, die noch verwendbaren Bauteile unbeschädigt auszubauen, muß bei der Montage das exakte Zusammenwirken der Bauteile zur Funktion im Vordergrund stehen. So werden z.B. Paßscheiben im Getriebe nur mit genauer Prüfung des Spiels der Schnecke eingesetzt, während ihr Ausbau keiner besonderen Aufmerksamkeit bedarf.

Diese Unterscheidungen bilden bei der Aufstellung der nachfolgenden Arbeitspläne zur Demontage und „Remontage“ den Arbeitsschwerpunkt.

Vergleicht man die beiden Arbeitspläne, so fällt auf, daß

- die Anzahl der Arbeitsschritte unterschiedlich ist,
- die Arbeitsschritte nicht einfach umgekehrt werden und
- die verwendeten Werkzeuge und Vorrichtungen nur zum Teil übereinstimmen.

Noch deutlicher werden die Unterschiede, wenn man einen einzelnen Arbeitsschritt plant bzw. analysiert. Zur Veranschaulichung wird aus der Montageverlaufsübersicht die Folge 11 ausgewählt.

Eine Folge des Montageverlaufs besteht hier aus acht Einzelschritten. Allein

Folge	Benennung der zu entfernenden Teile	Baugruppe /Position	Werkzeug
1	Zylinderschraube	00/22	Sechskant-Steckschlüssel SW 6
2	Gehäusedeckel mit Dichtung	00/02 00/21	Hand, evt. Schonhammer
3	Sechskantschraube mit Federring	00/29 00/28	Ringschlüssel SW 13
4	W-Zylinder mit Motordichtung	00/03 00/27	Vorrichtung Nr. 13 und Schonhammer
5	Vorrichtung Nr. 10 bzw. Verschlusskappe	00/20	Hand bzw. Schraubendreher
6	evt. Wellendichtring	00/19	evt. Schraubendreher
7	Sicherungsring und Paßscheiben	00/18 00/17	Zange für Sicherungsringe DIN 472
8	Abtriebswelle und Schneckenrad	00/13 00/05	Vorrichtung Nr.8 + Nr. 12 und Schonhammer
9	Kugellager aus Gehäuse	00/16	Hand
10	Kugellager von Welle	00/16	Abzieher und Ringschlüssel SW 14
11	Sicherungsring	00/12	Zange für Sicherungsringe DIN 471
12	Vorrichtung Nr. 9 bzw. Verschlusskappe	00/09	Hand bzw. Schraubendreher
13	Sicherungsring und Paßscheiben	00/07 00/08+06	Zange für Sicherungsringe DIN 472
14	Schnecke und Antriebsrad	00/04 00/11	Vorrichtung Nr. 11 und Schonhammer
15	Schräggugellager von Schnecke	00/05	Abzieher und Ringschlüssel SW 14

Abb. 5: Arbeitsplan Demontage

das vormontierte Schneckenrad mit Welle wird mit Hilfe von drei speziellen Vorrichtungen und einer Einstellschraube im Gehäuse montiert. Für die Montage wird der folgende Teilplan in Partnerarbeit entwickelt und in Gruppenarbeit

Folge	Benennung des zu montierenden Teils	Baugruppe /Position	Werkzeug
1	Lager 7304 B auf Schnecke	00/05 00/04	Schonhammer
2	Paßfeder	00/10	Hand, evt. Schonhammer
3	Sicherungsring in Fußgehäuse	00/07 00/01	Zange für Sicherungsringe DIN 472
4	Paßscheibe	00/08	Hand
5	vormontierte Schnecke Antriebsrad und Lager 7304 B	00/11 00/05	Schonhammer
6	Sicherungsring	00/12	Zange für Sicherungsringe DIN 471
7	Paßscheibe	00/06	Hand
8	Paßscheiben und Sicherungsring	00/08 00/07	Zange für Sicherungsringe DIN 472
9	Abschlußkappe	00/09	Schonhammer
10	Paßfeder in Abtriebswelle	00/14 00/13	Hand, evt. Schonhammer
11	vormontierte Abtriebswelle und Schneckenrad in Gehäuse	00/15	Schonhammer
12	Lager 6207 Z	00/16	Schonhammer
13	Lager 6207 Z	00/16	Schonhammer
14	Paßscheiben und Sicherungsringe	00/17 00/18	Zange für Sicherungsringe DIN 472
15	Verschlusskappe	00/20	Schonhammer
16	Wellendichtring	00/19	Schonhammer
17	Baugruppe W-Zylinder und Dichtung mit Sechskantschrauben und Federringen	00/03 00/27 00/29 00/28	Ring-Maulschlüssel SW 13
18	Gehäusedeckel und Dichtung mit Zylinderschrauben	00/02 00/21 00/22	Sechskant-Schraubendreher SW 6
19	Entlüftungsschraube und Dichtring	00/25 00/24	Ring-Maulschlüssel SW 13
20	Verschlusschraube mit Dichtring	00/23 00/24	Sechskant-Schraubendreher SW 5

Abb. 6: Arbeitsplan Montage

verglichen und korrigiert; der Montageschritt selbst wird anschließend ausgeführt.

Folge 11 des Verlaufsplans

Notwendige Hilfsmittel

- Vorrichtungen Nr. 3, Nr. 7 und Nr. 5,
- Einstellschraube für die Vorrichtung Nr. 7,
- Helles Getriebeöl,
- Schonhammer.

Abfolge der Arbeitsschritte

1. Die Paßfeder in die Nut der Abtriebswelle einfügen.
2. Die Vorrichtung Nr. 3 in die Bohrung der Vorrichtung Nr. 7 setzen.
3. Die Vorrichtung Nr. 5 über die Vorrichtung Nr. 3 schieben.
4. Das Getriebegehäuse mit der Abtriebswellenseite auf die Montageplatte aufsetzen (Abtriebsseite nach oben, Lage der Abtriebsseite nach Zeichnung) und mit der Ausgleichsschraube einstellen.
5. Die Bohrung des Schneckenrades und die Abtriebswelle säubern und ölen.
6. Das Schneckenrad mit dem Ansatz nach unten auf die Vorrichtung Nr. 3 legen.
7. Die Abtriebswelle in das Gehäuse einsetzen, dabei Paßfeder und Paßfedernut gegeneinander ausrichten.
8. Die Abtriebswelle durch leichte Schonhammer-Schläge einpressen.

Viele Auszubildende sind erstaunt über den notwendigen Aufwand an Arbeitsschritten und Vorrichtungen allein für das Einsetzen des Schneckenrades. Der Arbeitsvorgang selbst wird in der Regel mit besonderer Konzentration durchgeführt. Für die Lehrer ist diese Phase aus der Instandhaltung in der Regel von großer Bedeutung und zugleich ein überzeugendes Beispiel für den neuen Aufgabenzuschnitt durch die Neuordnung.

Als vergleichbare Lernsequenzen zur Instandhaltung am Beispiel des Schneckengetriebes bieten sich an:

- Austausch von Wälzlagern, Wellendichtringen oder Sicherungsringen,
- Neueinstellung des Schneckenspiels durch Veränderung der Paßscheiben,
- Entwicklung von Vorrichtungen für einen ausgewählten Montageablauf als anspruchsvolle Aufgabe.

Lernziel Transfer in der Arbeitsplanung

Als Alternative zu einem Arbeitsplan kann im Anschluß an die Instandhaltung ein Stammbaum nach DIN 6789 für den Aufbau des Getriebes und die Montagestruktur entwickelt werden. Die zugleich kompakte Darstellung und differen-

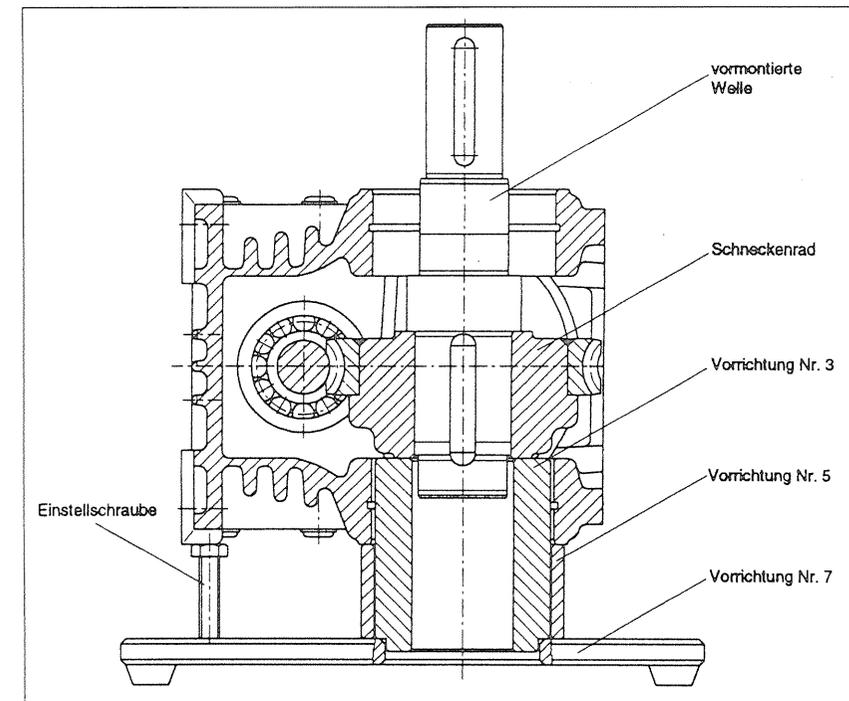


Abb. 7: Montage eines Schneckenrades

zierte, bis ins Detail gehende Strukturierung im Stammbaum ermöglicht eine Verbindung von anschaulicher Technik und ihrer Abstraktion.

Je nach Lernvoraussetzungen wird die Baumstruktur mit Leerstellen oder mit den Gruppen 1. Ordnung vorgegeben. In einigen Klassen hat es sich bewährt, sämtliche Einzelteile des Getriebes entsprechend dem Montagevorgang auf einer Platte anzuordnen, so daß die Teile zuerst in Ihrer Lage zueinander bestimmt werden müssen. Die realen Einzelteile in Verbindung mit der Gesamt-Zeichnung und dem Stammbaum ermöglichen auf eine weitere Art die Auflösung technischer Komplexität und stellen zugleich Aufbau, Funktionen und Verlaufstruktur in einen Zusammenhang.

Der vorliegende Stammbaum zum Schneckengetriebe wurde von Schülern des 3. Ausbildungsjahres entwickelt. Vorausgegangen waren entsprechende Darstellungen kleinerer Geräte (Hebelschere und Kulissenführung).

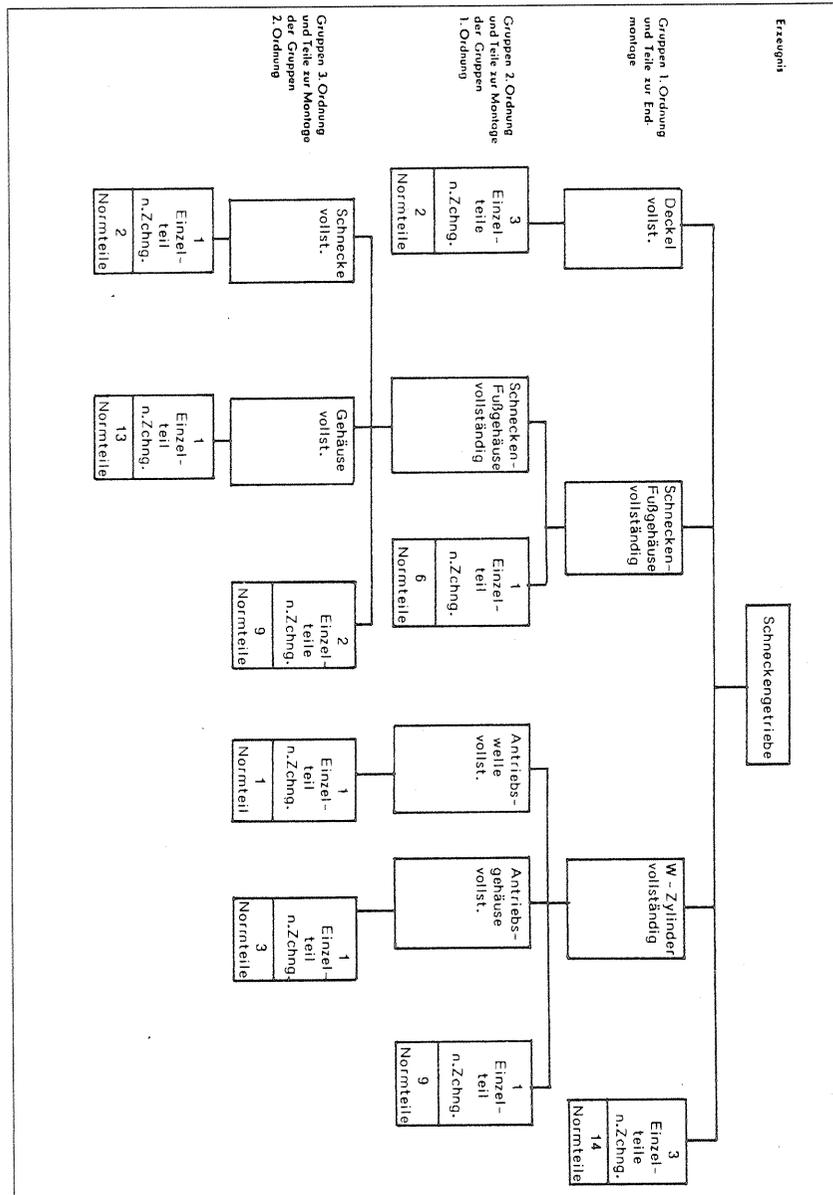


Abb. 8: Stammbaum Schneckengetriebe

Ausblick

Den veränderten Anforderungen des Berufsalltags entsprechend werden im Rahmen der Kommunikation mit Hilfe technischer Zeichnungen häufiger als früher üblich die engeren Grenzen des Lernbereichs überschritten und Gemeinsamkeiten mit anderen Bereichen aufgezeigt oder Querverbindungen zu weiteren Lernbereichen hergestellt sowie Aspekte des systemischen Ansatzes berücksichtigt. Erste Unterrichtserfahrungen haben deutlich gemacht, daß mit diesem Angang den Anforderungen in der späteren Praxis weit besser entsprochen werden kann. Maschinenteile werden dabei z.B. nicht ausschließlich isoliert als einzelnes Element betrachtet, das sich durch bestimmte konstruktive Details von anderen Maschinenteilen wohl unterscheidet, sondern das Maschinenteil wird auch als Teil in einem größeren Zusammenhang, z.B. den eines Getriebes, gesehen. Möglicherweise können weitere Berichte der Kollegen über besondere Unterrichtserfahrungen in diesem Bereich zusätzlich Kollegen in ihrem Bemühen nachhaltig unterstützen, selbst initiativ zu werden, oder sie ermuntern, in diesem Sinne weiter voranzugehen.

Anmerkung

Die technischen Zeichnungen und das Schneckengetriebe wurden freundlicherweise von der Firma GUNT-Gerätebau, 22885 Barsbüttel zur Verfügung gestellt.

Literatur

KLIMESCH, W.: Struktur und Aktivierung des Gedächtnisses – Das Vernetzungsmodell: Grundlagen und Elemente einer übergreifenden Theorie. Bern/ Stuttgart/Toronto 1988

Joachim Hammer

Praxisgerechte Fehlersuche – wie sie sein sollte!

Es soll für den Bereich der pneumatischen und elektropneumatischen Steuerungen geklärt werden, wie schnell und effektiv Fehler gesucht, gefunden und behoben werden können. Zunächst gilt es darauf hinzuweisen, daß die Bedeutung der Fehlersuche vielfach aus Unkenntnis der objektiven Bedingungen und Voraussetzungen zu gering eingeschätzt wird und sie daher nicht den Stellenwert aufweist, der ihr zusteht.

In einer Zeit, wo Steuerungen immer umfangreicher und komplexer ausgelegt sowie mit unterschiedlichen Energieformen untereinander verknüpft werden, reicht es oft nicht mehr aus, nach herkömmlichen Methoden Personal für die Fehlersuche auszubilden. Heute muß wesentlich mehr geschehen als in der Vergangenheit.

Es sind stark vereinfacht zwei Faktoren, die bei der Fehlersuche zusammenwirken, es sind in chronologischer Reihenfolge zuerst das Personal für die Instandhaltung und dann das Projekt-Management.

Fehler und Störung

Fehler werden nach DIN 31051 als Ausfallursache definiert, deren Wirkung als Störung auftritt. Störungen können in den Bereichen Inbetriebnahme und Betriebsablauf auftreten. Bei Inbetriebnahmen von Anlagen oder Steuerungen können Fehler vorhanden sein, die dazu führen, daß eine Inbetriebnahme gar nicht erfolgen kann oder die gestellten Forderungen nur teilweise erfüllt werden. Damit ist nicht die Störung der Anlaß für die Fehlersuche, sondern das unmögliche oder nur beschränkte Inbetriebgehen. Zu den Fehlern zählen vor allem fehlerhafte Bauteile, falsch eingesetzte Geräte, falsche Anschlüsse von Kabeln oder Schläuchen, UND mit NEGATION verwechselt, anzugverzögertes Relais mit rückfallverzögertem Relais vertauscht, Hydraulikwegeventil mit falscher Mittelstellungsfunktion u.a.m.

In einigen Fällen wird man weder verwechselte Geräte noch falsche Anschlüsse als Ursache für eine erfolglose Inbetriebnahme finden. Projektierungsfehler oder ungenügend abgestimmte Anpassungen der Steuerfunktionen an den technologischen Prozeß sind dann die Ursachen. Eine sachbezogene Diskussion über die notwendigen Änderungen ist unerlässlich und führt nach Korrektur zum gewünschten Ergebnis.

Bei der Fehlersuche nach Störung im Betriebslauf kann man typische Fehler wie bei der Inbetriebnahme nicht finden. Die Suche nach Ursachen konzentriert sich auf kennzeichnende Fehler während des Betriebslaufs, dazu zählen vor allem Verschleißerscheinungen an Geräten, veränderte Fluchtungen durch Verschleiß an mechanischen Führungen, Verschmutzung der Umgebung oder durch den Prozeß oder gelöste Verbindungen von Kabeln oder Schläuchen.

Instandhaltungspersonal

Wer sind nun diejenigen Mitarbeiter, die schnell und zielsicher Fehler finden können? Es sind Personen aus dem Bereich der Instandhaltung, die gut und fachbezogen ausgebildet wurden. Ein wesentlicher Teil der Qualifizierung dieses Personenkreises ist außerdem die ständige Weiterbildung. Um fachgerecht Instandhaltungsaufgaben wahrnehmen zu können, sind Kenntnisse über neue Techniken und Technologien ebenso wie erweitertes Wissen über methodisches Vorgehen bei der Fehlersuche und ein Erfahrungsaustausch der Mitarbeiter untereinander notwendig.

Werden in der Metall- und Elektrotechnik solche Personen ausgebildet?

Die Tabelle und die Graphik der Abbildung 1 zeigen, daß 75 % der Personen, die sich in der Ausbildung im Metall- oder Elektrobereich befinden, später im weitesten Sinne dem Bereich der Instandhaltung zugeordnet werden können. Diese Aussage bezieht sich vor allem auf die Bereiche Fluid- und Elektrotechnik und ist von der regionalen Wirtschaftsstruktur abhängig. Die Ausbildung in diesen beiden Bereichen muß an praxisgerechten modernen Trainingsgeräten mit Bezug auf die sich anschließende betriebliche Tätigkeit im Bereich der Instandhaltung erfolgen, d.h. die Ausbildung ist an Geräten durchzuführen, die später auch in der Praxis wiederzufinden sind. Typische Eigenschaften der Fluid- oder Elektrotechnik sollten bei den Übungen realistisch nachvollzogen werden, beispielsweise Zylinderbewegungen unter praxisüblichen Lastbedingungen.

Um eine praxisgerechte Ausbildung in Berufsschulen an Mehr-Stationen-Anlagen zu ermöglichen, können z.B. Kleinteile für die ansässige Industrie hergestellt werden (August-Griese-Schule im Kreis Herford; Modellversuch in Nordrhein-Westfalen). Unerlässlich für eine erfolgreiche Fehlersuche ist das systematische Vorgehen. Dazu gehören Kenntnisse der Funktion der Geräte, des methodischen Vorgehens bei der Fehlersuche und der vorbeugenden Maßnahmen zur Verhinderung von Störungen.

Während der Ausbildung sollte von Anfang an – auch bei den einfachsten Übungen – die Fehlersuche am Ende einer solchen Übung stehen. Damit wird während der gesamten Ausbildungszeit unter Anleitung von fachkundigen

Tätigkeiten nach dem Ausbildungsabschluß Berufliche Ausbildung im Metall- und Elektrogewerbe *

Gruppe	%-Anteil	Tätigkeit
Gruppe 1	8	Studium oder Weiterbildung
Gruppe 2	5	** Herstellung fluidtechnischer Geräte
Gruppe 3	6	** Bau von fluidtechnischen Anlagen
Gruppe 4	75	Instandhaltung u. Wartung von fluidtechn. Anlagen
Gruppe 5	6	Sonstiges, nicht in Gruppe 1- 4
Summe	100	

* Ergebnisse von Befragungen ausgewählter Ausbildungsbetriebe und Berufsschulen aus den Jahren 1988 - 1993 im Raum Berlin-West, Sachsen und Sachsen-Anhalt

**Abhängig von der regionalen Struktur entsprechender Firmen der Fluidtechnik

Tätigkeits-Struktur

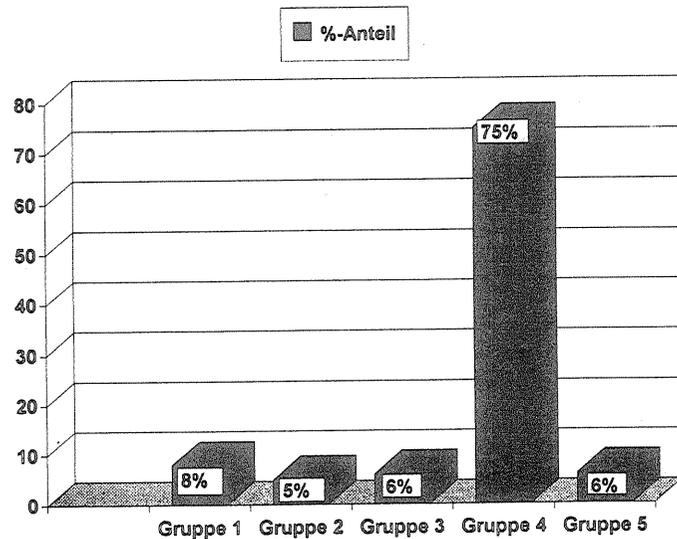


Abb. 1: Tätigkeiten nach dem Ausbildungsabschluß – Berufliche Ausbildung im Metall- und Elektrogewerbe

Ausbildern und Lehrern logisches Denken und Heranführen an die Problematik der Fehlersuche ständig geübt. Die eigentliche Sicherheit bei der Störungsbehebung und damit Fehlersuche wird aber erst durch genügend Erfahrung in der betrieblichen Praxis erreicht. Es sei nochmals erwähnt, daß aufgrund der rasanten Weiterentwicklung von Technik und Technologie in der Steuerungstechnik eine ständige Weiterbildung in Abständen von längstens einem Jahr auch während der betrieblichen Tätigkeit unbedingt empfohlen wird. Nur so kann man den erforderlich hohen Qualifizierungsstandard halten. In vielen Gesprächen mit Personen aus dem Bereich der Instandhaltung, vor allem aus Betrieben der Automobil- und Zuliefererindustrie, werden diese Forderungen nach Weiterbildung immer wieder bestätigt.

Für eine erfolgreiche Instandhaltung ist es notwendig, daß die technischen und logistischen Voraussetzungen für die Fehlerbeseitigung vorhanden sind (gültige Schaltpläne, Meßmöglichkeiten, Werkzeuge, Hilfskräfte, Energieversorgung usw.). Das persönliche Auftreten und Verhalten des Instandhaltungspersonals muß sicher, ruhig und sachlich sein.

Die Abbildung 2 zeigt die Vorder- und Rückseite eines Schaltschranks mit der

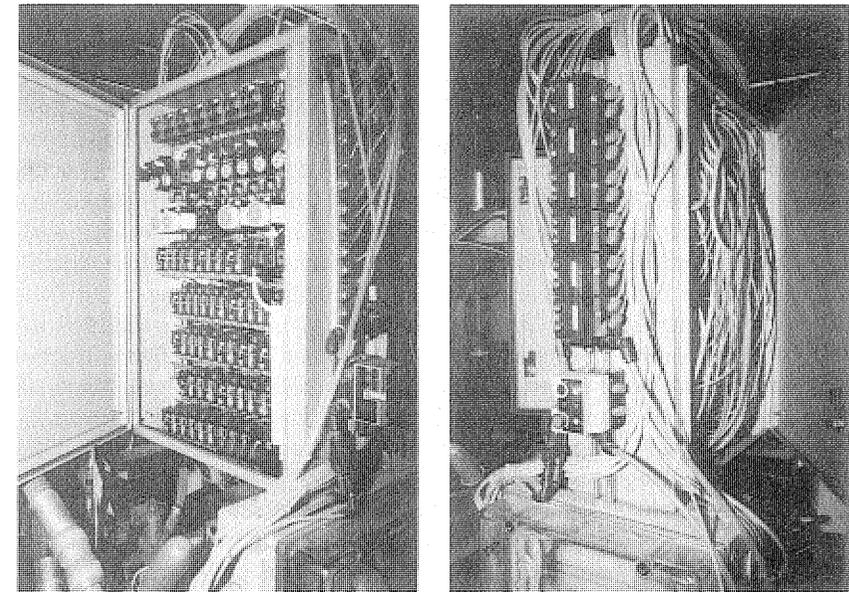


Abb. 2: Vorderseite

Schaltschrank einer Klappenstutzenausblasvorrichtung

Rückseite

Steuerung für eine Klappenstutzenausblasvorrichtung (Firma Pierburg in Berlin). Gut zu erkennen ist die hohe Packungsdichte der Geräte im Schrank und die Kombination aus Pneumatik, Elektropneumatik und Elektrogeräten. Die Fehlersuche nach Störung an dieser Steuerung muß in kürzester Zeit abgeschlossen und beseitigt sein, weil die Klappenstutzenausblasvorrichtung Teil einer Serienfertigung am Fließband ist. Nur qualifiziertes und erfahrenes Instandhaltungspersonal mit besten Fachkenntnissen der Gerätetechnik, des Steuerungsablaufes, des technologischen Prozesses und optimale Betriebsbedingungen gewährleisten eine schnelle Beseitigung der Störung innerhalb von zehn bis fünfzehn Minuten.

Projekt-Management

Bei der sehr komplexen Thematik der Fehlersuche kommt man letztendlich auf den Gedanken, dafür zu sorgen, daß möglichst keine Störungen oder zumindest so wenig Störungen bzw. Fehler wie eben möglich auftreten. Dies ist u.a. Aufgabe und Ziel der Projektierung von Anlagen der Steuerungstechnik. Nun sind aber auch finanzielle Grenzen zu berücksichtigen. Bei auftretenden Störungen wird oft die Frage gestellt, wieviel der Stillstand einer Produktionsanlage kostet. Sind diese Kosten durch Anlagen-Konzepte, die keine Störungen verursachen, auszugleichen, höher oder niedriger? Dies herauszufinden ist sehr schwierig oder nicht immer möglich. Es gibt kaum Geräte oder technische Lösungen, die keine Störungen garantieren und gleichzeitig zu niedrigen Preisen verfügbar sind. Ein gangbarer Weg ist es, Geräte einzusetzen, die durch ihre Konzeption, beispielsweise Sitzventiltechnik für pneumatische Logikelemente oder Keramikflachschieber für pneumatische Wegeventile weniger verschleifen. Gleichzeitig wird die Fehlersuche und damit die Störungsbehebung durch integrierte Funktionsanzeigen, einfache Montagen auf DIN-Schienen und farbkodierte Geräteanschlüsse und Leitungen wesentlich erleichtert. Es müssen Lösungen sein, die entweder keine größeren Kosten verursachen als die bisherigen Ausführungen oder bei denen sich die Kosten in einem vertretbaren finanziellen Rahmen halten. In der Fluid- und Elektrotechnik werden solche Montage- und Gerätetechniken durch die Weiterentwicklung von Gerätetechnologien seit vielen Jahren mit Erfolg eingesetzt. Die Anweisungen für in regelmäßigen Zeitabständen durchzuführende vorbeugende Wartung von Anlagen und Steuerungen, gehören mit zu den Aufgaben des Projekt-Managements. Vorbeugende Wartung ist ein bewährtes Mittel, Störungen durch rechtzeitiges Erkennen von zunehmendem Verschleiß an Geräten, Verschmutzungen von Filtern oder verbrauchter Schmierstoffe zu verhindern. Die dafür aufzubringenden Kosten sind in der Regel niedriger als

die Kosten bei Stillstand der Anlage. Außerdem erhöht sich durch weniger Stillstandszeit die verfügbare Laufzeit der Anlagen. Da Fehler und damit Störungen an Anlagen nicht auszuschließen sind, sollte eine Fehlerauswertung nach sachlichen und statistischen Gründen mit zu den Maßnahmen gehören, die zur Vermeidung von Störungen beiträgt. Bei der Fehlerauswertung sollten Methoden angewandt werden, die es ermöglichen, reproduzierbare Aussagen über die Ursachen und die Lebensdauer von Geräten und Komponenten der Steuerungen und Anlagen zu erhalten. Geräte mit kurzer Lebensdauer sollten besonders aufmerksam betrachtet werden. Gelingt es, durch den Einsatz qualitativ besserer Geräte die Lebensdauer zu verlängern, wird die Anzahl der Störungen kleiner und letztlich dadurch die Ausfallkosten gesenkt. Bedingung dafür ist, daß die Kosten der besseren Geräte niedriger sind als die Summe der Stillstandskosten.

Schlußbemerkung

Die Fehlersuche ist ein sehr umfangreicher und komplexer Bereich der Instandhaltung. Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die erfolgreiche Fehlersuche und Störungsbehebung ist die fundierte Aus- und Weiterbildung des Fachpersonals nach modernsten Ausbildungsmethoden. Ebenso bedeutsam sind die Aufgaben des Projekt-Managements. Durch die Wechselwirkung der Aufgaben des Instandhaltungspersonals und des Projekt-Managements kann sich bei kooperativer Zusammenarbeit und intensiver Kommunikation eine optimale Lösung bei der Fehlersuche und Störungsbehebung besser ergeben. Nur durch fortwährenden Austausch von Erfahrungen wird das Ziel einer praxisgerechten und schnellen Fehlersuche oder einer Verminderung der Häufigkeit der Fehlersuche erreicht.

Joachim Moyé

Ist der Kunde wirklich König?

Umgang mit Kunden, Kundenberatung, Kundenbetreuung – ein defizitärer Lernbereich auch metalltechnischer Handwerksberufe¹

Der Kunde, in welcher Branche auch immer, wünscht sich neben der fachgerechten Erledigung der übertragenen Arbeit im allgemeinen einen freundlichen Umgang, Beratung und Betreuung. Zwei durchaus nicht untypische Szenarios aus dem Bereich des metalltechnischen Handwerks sollen dies verdeutlichen.

1. Szenario:

Herr Bergner will mit seiner Familie mit dem PKW in den Urlaub fahren. Einen Tag vor Urlaubsbeginn hört er an seinem Fahrzeug im Bereich der Hinterachse beunruhigende Geräusche. Was soll er jetzt tun? Gerät dadurch etwa noch sein Urlaubsbudget in Gefahr? Sogleich fährt er zu der Werkstatt, die sich in unmittelbarer Nähe seines Arbeitsplatzes befindet. Nach kurzer Inspektion des Wagens auf der Hebebühne wird ihm mitgeteilt, daß er den Wagen gleich stehenlassen solle, da die Hinterachse sofort ausgetauscht werden müsse. Außerdem müsse der Wagen eine Unterwagenwäsche haben, in diesem Zustand könne man daran kaum arbeiten. Herr Bergner ist von der Höhe der nur überschlägig angedeuteten Reparaturkosten geschockt. Er kennt aber noch eine andere Werkstatt, deren Meister ihn wiederholt gut beraten hat. Er führt seinen Wagen dort bei Meister Schmidt vor. Nach einer kurzen Probefahrt meint Herr Schmidt, dieses Symptom kenne er. Herr Bergner solle ruhig in den Urlaub fahren, die Hinterachse mache ohne weiteres noch 10 – 15 000 km. Nach dem Urlaub läßt Herr Bergner die turnusmäßige Inspektion und Wartung seines Wagens vornehmen. Herr Schmidt weist bei der abschließenden Übergabe darauf hin, daß sich der Zustand der Hinterachse kaum verschlechtert hat.

2. Szenario:

Der Meister Ellner und seine Gesellen schauen noch einmal in das Badezimmer, das für die Familie Schulze modernisiert werden soll. Frau Schulze

erwähnt im Gespräch mit den Handwerkern, daß ihnen aus Altersgründen eine Duschecke lieber wäre. Der Vermieter hätte zwar nichts gegen eine Duschecke, die Badewanne müsse aber bleiben. Beide sanitären Einrichtungen scheinen aber aus Platzgründen nicht realisierbar zu sein. Nach kurzer Überlegung schlägt der Meister vor, den Platz, den z.Zt. die Waschmaschine einnimmt, für eine Duschecke zu nutzen, die Waschmaschine in den anschließenden Korridor zu stellen und sie mittels eines Wanddurchbruches anzuschließen. Dadurch würden alle Ansprüche erfüllt und die Kosten nicht sehr steigen. Frau Schulze ist von dieser Variante begeistert und will sofort mit dem Vermieter darüber reden. Sie sieht darin die Lösung ihres Problems und ist froh, mit Meister Ellner darüber geredet zu haben.

Beide hier exemplarisch vorgestellten Szenarios lassen erkennen, daß nicht nur die reine Fachlichkeit, das Reparieren oder Austauschen schlechthin eine Rolle zwischen Kunden und Handwerkern spielen. In beiden Szenarios wandten sich die Firmenmitarbeiter dem Kunden zu, sie erzeugten ein Klima, bei dem der Kunde sich gut aufgehoben fühlt. Dieses gilt besonders in solchen Augenblicken, in denen er sich unsicher ist in seinen Entscheidungen, sei es beispielsweise in von ihm anvisierten technischen Lösungen, den damit für ihn verbundenen finanziellen Aufwendungen, des guten Geschmacks, der Ausführungsart und -dauer u.a.m.. Die geschilderte Art, auf den Kunden zuzugehen, ist nicht immer so in der Praxis anzutreffen. In den neuen Ländern war in der Vorwendezeit der Kunde mitunter kaum König, sondern der Handwerker, der bestimmte, was geht und was nicht. Oft allerdings war das Verhalten der Handwerker objektiv bestimmt durch das Nichtvorhandensein oder nur bedingte Vorhandensein von Ersatzteilen und Materialien. Aber auch in den Altbundesländern waren oft Mängel in der Kundenbetreuung festzustellen. Davon zeugen u.a. Veröffentlichungen in verschiedenen Fachzeitschriften, wie z.B. aus der Autobranche, in denen Reparaturkosten, Serviceleistungen u.a.m. verglichen werden, die gravierende Preisunterschiede offenbaren, wo Mängel nachweisbar nicht beseitigt aber berechnet wurden, so daß der Kunde in arge Zweifel gerät und sich in seinem Vertrauen zu den Firmen getäuscht sieht. Um so notwendiger ist es, dieses Vertrauen zurückzugewinnen, auf- und auszubauen. Den Grundstein für ein solches Verhalten gilt es bereits in der Erstausbildung der künftigen Handwerker zu legen. Kundenorientierung, die über das Fachliche hinausgeht, sollte daher Teil beruflichen Lernens sein. So könnte die aus unserer Sicht ableitbare Forderung an die Berufsbildung lauten. Stellen wir uns aber die Frage, inwieweit bereits in der Ausbildungsordnung, dem Rahmenlehrplan, in den Fachbüchern dem Problem „Kundenbetreuung“ Rechnung getragen wird, so müssen wir leider feststellen, daß dies nur in sehr geringem Maße geschieht. Schon ein flüchtiger Blick in die Ordnungsmittel beispielsweise für den Gas- und Wasserinstallateur oder Kraftfahrzeugmechaniker läßt

deutlich werden, daß eine Thematisierung des Problems, die Berücksichtigung des Kunden, seiner Wünsche und Ansprüche in den Ordnungsmitteln nicht stattfindet. Um so dringender ist es, diesen Widerspruch zwischen einerseits erkannter Notwendigkeit einer Orientierung auf den Kunden und andererseits deren Nichtbeachtung während der beruflichen Ausbildung zu lösen. Denn eines steht auch fest: langfristig wirkt sich eine professionelle Dienstleistung am Kunden positiv aus. Durch die Hinwendung der Firmenmitarbeiter zum Kunden wird ein Klima erzeugt, bei dem der Kunde König sein sollte und der Handwerker mit seiner Fachkompetenz und seinem psychologischen Einfühlungsvermögen als Berater und Betreuer in Erscheinung tritt.

Anmerkung

- 1 Diese Thematik ist als defizitärer Lernbereich erkannt worden und wird daher in der Aufgabenstellung „Auftragsorientiertes Komplexlernen für Technik und Dienstleistung“ mit dem besonderen Schwerpunkt Kundenberatung, Kundenbetreuung im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Technischen Universität Dresden, Weberplatz 5, Institut für Berufliche Fachrichtungen, Lehrstuhl Metall- und Maschinentechnik/Berufliche Didaktik, Prof. Dr. J.-P. Pahl, bearbeitet (gleichzeitig Kontaktadresse).

Hermann Scheer:

Sonnen-Strategie. Politik ohne Alternative

München/Zürich 1993, 303 Seiten, 11 Abbildungen und 18 Tabellen,
ISBN 3-492-03599-X, 39,00 DM

Dieses mit viel Engagement geschriebene Buch plädiert für eine vollständige Ersetzung fossiler und atomarer Energien durch die unerschöpflichen und vielfältigen Sonnenenergien. Angesichts der gegenwärtigen Zerstörung der Natur und der fehlenden Alternativkonzepte, die über die Energieeinsparungsvorsätze hinausgehen, stellt der Autor (er ist Mitglied des Deutschen Bundestages und Präsident der European Solar Energy Association – EUROSOLAR) eine die Wirtschaft (und insbesondere die Energiewirtschaft) völlig umstrukturierende Sonnenstrategie als politisches und damit alle Lebensbereiche berührendes Konzept vor.

Mit diesem Konzept wird an vielen (wenn auch nicht ausführlich beschriebenen) Beispielen, Gegenüberstellungen, Prognosen offengelegt, daß weniger technische und wirtschaftliche Probleme als vielmehr kurzfristige politische und finanzielle Denkweisen die Umweltkatastrophe und damit die Zerstörung des Lebens möglich erscheinen lassen.

Im ersten Kapitel wird die konstitutive Bedeutung der Energieversorgung für jede wirtschaftliche und sozio-kulturelle Entwicklung bewußt gemacht. Das zweite Kapitel zeigt die Anwendung des ersten und zweiten thermodynamischen Hauptsatzes: Nahrung und Biomasse, Windkraft, Fließwasser sind Formen der Sonnenenergienutzung, die geringere oder keine Umweltschädigungen hervorrufen. In den folgenden drei Kapiteln wird an Hand von Beispielen, Zahlen und Vergleichen erläutert, daß es keine Alternative zu diesen Sonnenenergien gibt.

Im 6. Kapitel werden die Einwände der „Gegner“ durch Aufzeigen der argumentativen Fehler widerlegt. Die letzten Kapitel sind der Realisierung eines von den Sonnenenergien getragenen Umweltkonzeptes gewidmet, wobei natürlich die Frage der Finanzierung im Mittelpunkt steht.

Wenn am Ende der Ausführungen die Gewinnung der „Energie des Volkes“ – die Sonnenenergie – durch eine „Mobilisierung der Energien des Volkes“ als notwendig erachtet wird, ist der Träger und nötige Verfechter dieser umweltbewußten Konzeption genannt.

Dieses Buch eignet sich für den Fachlehrer der Berufsfelder Metalltechnik und Elektrotechnik zur allgemeinen Information, als Grundlage zur integrativen Behandlung von Themen des Umweltschutzes sowie zur Verwendung alternativer Energiekonzepte.

Das Buch zeigt deutlich, daß eine Hinwendung zur Sonnenenergienutzung neue Technologien erfordert sowie Arbeitsplätze sichert und damit ein zukünftiges Qualifikations- und Ausbildungsproblem darstellt.

Jens Köster

Hans Kurt Köthe:

Stromversorgung mit Solarzellen: Methoden und Anlagen für die Energieaufbereitung

München 1988, 370 Seiten, ISBN-Nummer 3-7723-9431-0 – 78,00 DM

Das schon innerhalb kürzester Zeit in dritter Auflage erschienene Buch kann als das deutsch-sprachige Standardwerk zu Fragen der Solartechnik auf der Basis der Solarzelle (Photovoltaik) angesehen werden. Trotz vieler Faktoren, die für die verstärkte photovoltaische Nutzung der Sonnenstrahlung sprechen (wie unbegrenzte zeitliche Verfügbarkeit, umweltfreundlich), stellt der Autor gleich in der Einführung fest, daß in absehbarer Zukunft das photovoltaische Kraftwerk kaum eine größere Verbreitung finden wird; dafür wird sich aber der Markt der mit Solarstrom betriebenen elektronischen und elektrischen Kleingeräte verstärken und damit wird auch eine Weiterentwicklung der Solarzellentechnik in bezug auf die Kostenreduzierung stimuliert.

Dieser autarke Einsatz der Solarzellentechnik verlangt nach Systemlösungen. Hauptsächlich für den Systementwickler dieses breiten Anwendungsfeldes soll das vorliegende Buch Hilfsmittel und Nachschlagewerk zugleich sein.

Ausgehend von den physikalischen Grundlagen des Sonnenlichtes und dessen meßtechnischer Erfassung (2. Kapitel) stellt der Autor im 3. Kapitel den Aufbau, die Herstellung und die Theorie der Solarzellen (Kennlinien, Arbeitspunkt, Umwandlungswirkungsgrad) dar. Daran schließt sich die Beschreibung des Selbstbaus, des Verschaltens und Einbettens von Solarzellen in Solarmodulen an. Das Kapitel wird mit Montageanleitungen von Solarzellenmodulen auf Gestellen, Dächern und Masten abgeschlossen. Das 4. Kapitel behandelt den Aufbau und die Auslegung photovoltaischer Systeme im Inselbetrieb und mit Netzankopplung. In diesem Kapitel enthalten ist eine umfangreiche tabellarische Auflistung von Kleinspannungs-Gleichstromverbrauchern, die mit Solarstrom betrieben werden können. Das 5. Kapitel ist den Energiespeichern für photovoltaische Systeme gewidmet. Hier findet man Beschreibungen von Bauarten und Baureihen handelsüblicher Blei- und Ni/Cd-Akkumulatoren sowie deren Betriebsverhalten. Die Darstellung der für die Systemelektronik

geeigneten und bewährten Bauelemente sowie Hinweise zu deren Auswahl und Anwendung ist Gegenstand des 6. Kapitels. Die Palette reicht dabei bis zu integrierten Schaltungen (Spannungsregler, Spannungsvervielfacher, Komparatoren, Operationsverstärker, Schaltregler-ICs und Integrierte Digitalschaltungen). Dieses Kapitel wird mit der Darstellung elementarer Grundschaltungen abgeschlossen, die in photovoltaischen Systemen immer wieder vorkommen (Schwellwertkomparatoren, Steuer- und Regelschaltungen z.B. zur Ladespannungsbegrenzung oder zur Aufbereitung der Ausgangsspannungen sowie zur Stromstabilisierung und Nachführungssteuerung für Solarzellen). Im 7. Kapitel werden Methoden und Geräte für die Energieaufbereitung dargestellt. Da das photovoltaische System zunächst nur eine Gleichstromquelle mit stark schwankender Ausgangsspannung darstellt, werden Transformatoren, Gleichrichter, Gleichstromwandler (Konverter) sowie Wechselrichter (Inverter) zur Energieaufbereitung benötigt.

Zum Überwachen und Steuern der Photovoltaikanlagen müssen Ströme, Spannungen, Leistungen, Temperaturen, Windgeschwindigkeiten gemessen, die Meßwerte übertragen und registriert werden. Im 8. Kapitel werden dazu Ausführungen gemacht, das mit einem Entwurf von Steuerschaltungen für Stromversorgungssysteme abgeschlossen wird.

Das 9. Kapitel behandelt die Schaltungstechnik bei der Ausführung von photovoltaischen Systemen mit lastabhängigem und leistungsoptimalem Solargenerator-Arbeitspunkt sowie Systemen mit weiteren Stromquellen im Parallelbetrieb mit dem Solargenerator. Normen und Vorschriften bei der Planung photovoltaischer Anlagen sowie Ausführungen zu photovoltaischen Anlagen im Kleinspannungsbereich runden den Band ab.

Jedes Kapitel enthält ein ausführliches Literaturverzeichnis. Ein umfangreiches Sachwortverzeichnis bestätigt die eingangs postulierte Einstufung dieses Buches als Nachschlagewerk.

Den Fachlehrern für das Berufsfeld Elektrotechnik, aber auch denen benachbarter Berufsfelder wie Metalltechnik u.a.m., kann dieses Buch als Einarbeitung in dieses zukunftsreiche Gebiet empfohlen werden; vor allem bei der Bearbeitung von „Solarprojekten“ ist dieses Standardwerk unentbehrlich.

War die Dampfmaschine im vorigen Jahrhundert der Lehrgegenstand, an dem man das gesamte Maschinenwesen abhandeln konnte, so ist vielleicht die Solartechnik der Lehrgegenstand des nächsten Jahrhunderts, an dem man die gesamte Breite der Elektrotechnik/Elektronik und weit darüber hinausgehender Probleme behandeln kann.

Reinhard Malek

Öko-Institut e.V./Institut für angewandte Ökologie (Hrsg.):

Thermische Solaranlagen – Marktübersicht 1992

Leitfaden für Planung und Kauf von Solarwasseranlagen

Freiburg i.Br. 1993, 141 Seiten, 25,00 DM

Die thermische Solarenergienutzung hat in den letzten Jahren einen enormen Boom erfahren. Entsprechend groß ist das Angebot unterschiedlicher Solarsysteme, das vom Anwender/Käufer nur schwer zu überblicken ist. Das Buch „Thermische Solaranlagen – Marktübersicht 1992“ bietet eine Orientierung bei der Planung und dem Kauf von thermischen Solaranlagen sowie eine Entscheidungshilfe bei der Wahl geeigneter Produkte und ihrer Hersteller. Die Verfasser wollen einen Beitrag zum tatsächlichen Durchbruch thermischer Solarenergietechnik leisten.

Das Handbuch ist in zwei Teile gegliedert: Der erste Teil informiert allgemein über die heutigen Möglichkeiten der thermischen Solarenergienutzung. Der zweite Teil befaßt sich mit einer Marktübersicht von solaren Brauchwasseranlagen.

Im ersten Teil wird sich zunächst mit technischen Fragen der verschiedenen Arten von Solaranlagen, ihres unterschiedlichen Ausbaus und ihrer Einsatzgebiete (Brauchwasserbereitung, Raumheizung, Schwimmbadbeheizung, Großanlagen) auseinandergesetzt. Dabei werden ganz praktische Hilfen für die Auslegung einer Solaranlage gegeben. Fragen zur Wirtschaftlichkeit einschließlich der Möglichkeiten staatlicher Förderung (Bundesländer, Kommunen etc.) und ein Vergleich der Umweltverträglichkeit von Solaranlagen und konventionellen Heizsystemen (Energierücklaufzeit von Solaranlagen, Schadstoffe, Legionellen) ergänzen die technische Betrachtung, die in eine „Checkliste“ zum Kauf einer Solaranlage mündet. Die überblicksartigen Ausführungen des Buches zum Stand der Solartechnik sind umfassend, sachlich präzise gefaßt, klar strukturiert und durch zahlreiche eindeutige, das Wesentliche erfassende graphische Darstellungen abgerundet.

Als Kernstück des Handbuches kann die Preis- und Produktübersicht auf den „Gelben Seiten“ im zweiten Teil des Bandes angesehen werden. Hier ist eine umfangreiche Adressenzusammenstellung und das Leistungsverzeichnis von Solaranlagenherstellern und -lieferanten enthalten. Eine Produkt- und Preisübersicht über komplette Solaranlagen und über einzelne Komponenten (Solarspeicher, Wärmetauscher etc.) werden vergleichend aufgeführt. Besonders interessant ist das Zustandekommen dieser Preis- und Produktübersicht. Die Autoren des Bandes hatten über 400 Lieferanten und Hersteller um ein Angebot

für eine Solaranlage zur Brauchwassererwärmung gebeten, um verlässliche Daten für eine Marktübersicht zu erhalten. Die Daten ihrer Markterhebung wurden unter den Gesichtspunkten Kollektortyp, Speicher und Zubehör, Energieertrag, Systempreis, Selbstbaukollektoren und Preis-Leistungs-Verhältnis ausgewertet und als Grundlage für die Marktübersicht genutzt. Abgerundet wird die Marktübersicht durch Adressen von Verbänden, Beratungsstellen, Verbraucherzentralen und Forschungsinstituten sowie durch Hinweise zu Literatur und Zeitschriften zum Themenbereich Sonnenenergie. Die Marktübersicht als Ganzes enthält viele Informationen und bietet dem Leser zu jedem Aspekt von „thermischen Solaranlagen“ ausreichende und weiterführende Daten.

Insgesamt gesehen können die klaren textlichen Ausführungen und graphischen Darstellungen des ersten Teils und die sehr informativen Daten des zweiten Teils dieses Handbuchs einen Beitrag dazu leisten, der „Solarenergie“ auf der informativen Ebene zum Durchbruch zu verhelfen. Die Ausführungen handeln den Gegenstand „thermische Solaranlagen“ umfassend ab, sind technisch gesehen „up to date“ und unter dem zeitlichen Gesichtspunkt betrachtet ist der Erarbeitungsaufwand der Lektüre „gering“. Insbesondere kann das Buch in schulischen Zusammenhängen zum Thema „Planung von Solaranlagen aus Sicht des Anwenders/Käufers und des Handwerkers“ zur Unterrichtsvorbereitung des Lehres und zum Einsatz im Unterricht genutzt werden.

Otmar Jacobs

Infoenergie (Hrsg.):

Handbuch Solarenergie 1993

Mit Anhang Wärme-Kraft-Kopplung

Ettenhausen, Wil und Zürich 1993, 120 Seiten, 17,50 Franken

Als Herausgeber dieses Bandes zeichnen neben der Redaktionskommission Infoenergie die Fachverbände SOFAS (Sonnenenergie-Fachverband Schweiz), der Schweizerische Fachverband Wärmekraftkopplung und die Fördergemeinschaft Wärmepumpen verantwortlich. Dieses in der Schweiz jährlich erscheinende Werk, ein who is who der eidgenössischen Solarbranche, enthält als wichtigsten Teil mehr als 800 Namen und Adressen von Fachleuten und Fachfirmen der Sparten 'Rationelle Verwendung von Energie' und 'Nutzung erneuerbarer Energien'. Subsumiert unter die großen Bereiche Energiekonzepte, Solararchitektur, Photovoltaik, Sonnenkollektoren, Holz, Biogas, Wär-

mepumpen, Elektroleichtfahrzeuge, Wind sowie Wärmekraftkopplung wird hier ohne großen Aufwand Fachkompetenz in mehr als 40 Rubriken nach Adressen geordnet vorgestellt. Sicher sind diese Aufstellungen in erster Linie für den Schweizer Bürger gedacht, aber auch der deutsche Ratsuchende wird hier manchen Hinweis auf entsprechende Hersteller oder den geeigneten Ansprechpartner finden. Von da aus gesehen stellt dieser Band eine sehr konkrete Hilfe dar.

Diesem Informationsteil sind Übersichten der unterschiedlichen Förderprogramme der Schweizer Bundesregierung, der verschiedenen Kantone und Verbände voran gestellt. Betrachtet man als Beispiel das Förderprogramm Photovoltaik, so wird der Zusammenhang zum Aktionsprogramm Energie 2000 aufgezeigt, werden die aktuellen Förderbeiträge des Bundes bzw. des Photovoltaik-Fachverbandes einschließlich der Vergabekriterien genannt sowie die Wege für einen erfolgreichen Antrag vorgezeichnet.

Die Vielzahl der Hilfen läßt hoffen, daß das ehrgeizige Aktionsprogramm 2000, das auf der Grundlage der Abstimmung von Volk und Ständen im September 1990 entstanden war, erfolgreich umgesetzt werden kann. Teil dieses Programms ist es u.a., bis zur Jahrtausendwende zusätzliche Beiträge der erneuerbaren Energien von 0,5 % zur Elektrizitäts- und von 3 % zur Wärmeerzeugung und Erhöhung der Wasserkraftproduktion um 5 % alles gegenüber dem Stand von 1990 zu erreichen.

Bernd Vermehr

Vereinbarung der Arbeitsgemeinschaft der Hochschulinsti-tute für gewerblich-technische Berufsbildung (HGTB)

Diese zweite Fassung der Vereinbarung der 1990 gegründeten Arbeitsgemeinschaft der Hochschulinsti-tute für gewerblich-technische Berufsbildung (HGTB) wurde am 13. Januar 1994 in Freital/Dresden von der Koordinierungskommission beschlossen.

1. Die Hochschuleinrichtungen an deutschen Universitäten, an denen die gewerblich-technischen Beruflichen Fachrichtungen als eigenständige Gebiete von Lehre und Forschung vertreten sind, bilden eine Arbeitsgemeinschaft. Jene Einrichtungen, die eine solche Profilierung als Berufliche Fachrichtung anstreben, können als assoziierte Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft aufgenommen werden.

Die Mitglieder sind entsprechend dem aktuellen Stand, aus der Anlage zu dieser Vereinbarung ersichtlich.

2. Ziele dieser Arbeitsgemeinschaft sind:

- Förderung von Lehre und Forschung in den gewerblich-technischen Beruflichen Fachrichtungen,
- Zusammenarbeit der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses,
- Austausch von Wissenschaftlern,
- Weiterentwicklung der Beruflichen Fachrichtungen als universitäre Fächer und ihre Integration in die Ausbildung von Berufspädagogen,
- Durchführung gemeinsamer Tagungen,
- Mitwirkung an der Zeitschrift lernen & lehren sowie an Periodika für andere gewerblich-technische Fachrichtungen,
- Unterstützung der Forschungskooperation sowie Durchführung kooperativer und gemeinsamer Forschungsprojekte,
- Erarbeitung von Empfehlungen zur Weiterentwicklung der gewerblich-technischen Berufsbildung, Aus- und Weiterbildung von Berufspädagogen im gewerblich-technischen Bereich.

3. Die Koordinierungskommission, der je zwei Vertreter der im Anhang genannten Hochschulinsti-tutionen angehören, ist das Entscheidungsgremium. Sie kann zu ihrer Unterstützung Arbeitsgruppen einrichten und erarbeitet für das laufende Geschäftsjahr einen Arbeitsplan.

4. Die Koordinierungskommission wählt für den Zeitraum von jeweils zwei Jahren einen Sprecher und einen Stellvertreter. Die Sprecher vertreten die Arbeitsgemeinschaft nach außen und handeln im Auftrag der Kommission.

Freital/Dresden, 13. Januar 1994

Anlage zur Vereinbarung der Arbeitsgemeinschaft der Hochschulinstitute für gewerblich-technische Berufsbildung (HG TB) vom 13. Januar 1994

Mitglieder (Stand 13.1.1994):

- Institut für Technik & Bildung (Universität Bremen)
- Institut für Berufliche Fachrichtungen (Technische Universität Dresden)
- Dekanat für gewerblich-technische Wissenschaften (Technische Universität Hamburg-Harburg)

Assoziierte Mitglieder (Stand 13.1.1994):

- Institut für berufliche Bildung und Weiterbildungsforschung (Technische Universität Berlin)
- Institut für technische Lehrämter (Universität Rostock).

Ständiger Hinweis

Alle Mitglieder der BAG Elektrotechnik müssen eine Einzugsermächtigung erteilen oder zum Beginn eines jeden Kalenderjahres den Jahresbeitrag (zur Zeit 53,- DM eingeschlossen alle Kosten für den verbilligten Bezug von „lernen & lehren“) überweisen. Austritte aus der BAG Elektrotechnik sind nur zum Ende eines Kalenderjahres möglich und müssen drei Monate zuvor schriftlich mitgeteilt werden.

Adresse: BAG Elektrotechnik, Geschäftsstelle
Berufsschule für Elektrotechnik
An der Weserbahn 4-5
28195 Bremen
Kto.-Nr. 1038314 bei der Sparkasse
in Bremen – BLZ 290 501 01

Zu bedenken ist, daß der Mitgliedsbeitrag fast zu 100% für die Bezahlung von „lernen & lehren“ benötigt wird und in dieser Hinsicht Absprachen mit dem Verlag bestehen. Bei Mahnungen muß eine zusätzliche Gebühr erhoben werden.

Autorenverzeichnis

ADOLPH, Gottfried

Prof. Dr., Schwerfelstr. 22, 51427 Bergisch-Gladbach

ARNHOLD, Matthias

Ausbilder, Technische Universität Dresden, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden

BAUER, Hartmut

Doz. Dr.-Ing., Technische Universität Dresden, Institut für Energieversorgung, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden

DIEKMANN, Heinz

Studiendirektor, Fachleiter am Staatlichen Studienseminar Hamburg und Lehrbeauftragter für Technische Kommunikation an der Universität Hamburg, Wienthaler Bogen 7, 21147 Hamburg

HAMMER, Joachim

Dipl.-Ing., Ingenieurbüro und Handelsvertretung GmbH, Luisenstr. 22 A, 12209 Berlin

HERMANN, Klaus

Dr., Dipl.-Ing., Studiendirektor, Iglinger Str. 40, 86899 Landsberg

JACOBS, Otmar

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut Technik und Bildung, Grazer Str. 2, 28359 Bremen

KÖSTER, Jens

Student, Technische Universität Dresden, Institut für Berufliche Fachrichtungen, Weberplatz 5, 01217 Dresden

KUNTZE, Torsten

Dipl.-Ing., wissenschaftlicher Mitarbeiter, Technische Universität Dresden, Institut für Energieversorgung, Mommsenstr. 13, 01062 Dresden

MALEK, Reinhard

Dr. paed. habil., Technische Universität Dresden, Institut für Berufliche Fachrichtungen, Weberplatz 5, 01217 Dresden

MOYÉ, Joachim

Dr., Technische Universität Dresden, Institut für Berufliche Fachrichtungen, Weberplatz 5, 01217 Dresden

SCHMID, Hans B.

Berufsschullehrer, Berufliche Schule 1, Augustenstraße 30, 90317 Nürnberg

SICK, Klaus

Berufsschullehrer, Hastedtstr. 42, 21073 Hamburg

SROWIG, Olaf

Oberstudiendirektor, Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule, Friedrichstr. 51,
79024 Freiburg

TESKE, Hartmut

Dipl.-Ing., Berufsschullehrer, Barbarossaweg 4, 21357 St. Dionys

UFHEIL, Martin

Dipl.-Ing., Econzept – Energieplanung GmbH, Wiesentalstr. 29, 79115 Frei-
burg

VERMEHR, Bernd

Studiendirektor, Achter Lüttmor 28, 22559 Hamburg

Beitrittserklärung

Ich bitte um die Aufnahme in die **Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbil-
dung in der Fachrichtung Elektrotechnik e. V.** Es entsteht mir damit ein
Jahresbeitrag von DM 53,- (einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift
'lernen & lehren'). Den Gesamtbetrag überweise ich auf das Konto der
Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotech-
nik e. V., Konto-Nr. 103 8314 bei der Sparkasse in Bremen (BLZ 290 501 01).

Name: Vorname:

Anschrift:

Datum: Unterschrift:

Ermächtigung zum Einzug des Beitrags mittels Lastschrift:

Hiermit ermächtige ich die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der
Fachrichtung Elektrotechnik e. V. widerruflich, den von mir zu zahlenden Beitrag
einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift 'lernen & lehren' zu Lasten
meines Girokontos mittels Lastschrift einzuziehen.

Kreditinstitut:

Bankleitzahl: Girokonto-Nr.:

Weist mein Konto die erforderliche Deckung nicht auf, besteht für das kontofüh-
rende Kreditinstitut keine Verpflichtung zur Einlösung.

Datum: _____ Unterschrift:

Garantie: Diese Beitrittserklärung kann innerhalb von 10 Tagen schriftlich bei
der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektro-
technik e. V. widerrufen werden. Zur Wahrung der Widerrufsfrist genügt die
Absendung innerhalb dieser 10 Tage (Poststempel). Die Kenntnisaufnahme dieses
Hinweises bestätige ich durch meine Unterschrift.

Datum: _____ Unterschrift:

Absenden an: BAG Elektrotechnik e. V., Geschäftsstelle: Berufsschule für
Elektrotechnik, An der Weserbahn 4-5, 28195 Bremen

Beitrittserklärung

Ich bitte um die Aufnahme in die **Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e. V.** Es entsteht mir damit ein Jahresbeitrag von DM 53,- (einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift 'lernen & lehren'). Den Gesamtbetrag überweise ich auf das Konto der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e. V., Konto-Nr. 1203 124 274 bei der Haspa Hamburg (BLZ 200 505 50).

Name: Vorname:

Anschrift:

Datum: Unterschrift:

Ermächtigung zum Einzug des Beitrags mittels Lastschrift:

Hiermit ermächtige ich die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e. V. widerruflich, den von mir zu zahlenden Beitrag einschließlich der Bezugskosten für die Zeitschrift 'lernen & lehren' zu Lasten meines Girokontos mittels Lastschrift einzuziehen.

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 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:

Absenden an: BAG Metalltechnik e. V., Geschäftsstelle: Gewerbeschule Maschinenbau (G1), Angerstr. 7, 22087 Hamburg

Eine Zeitschrift für alle, die in

- betrieblicher Ausbildung**
- berufsbildender Schule**
- Hochschule und Erwachsenenbildung**
- Verwaltung und Gewerkschaften**

im Berufsfeld Elektrotechnik/Metalltechnik tätig sind.

lernen & lehren erscheint vierteljährlich, Bezugspreis DM 56,- (4 Hefte)
zuzüglich Versandkosten (Einzelheft DM 12,- /Doppelheft DM 24.-)

Inhalte:

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

Folgende Hefte sind noch erhältlich:

- 11: Eine Berufsschule in München
- 16: Neuordnung im Handwerk
- 18: Grundbildung
- 20: Berufsbildung in der DDR
- 21: Lehrerkoperation und Kreativitätsförderung
- 22: Automatisierungstechnik
- 23: Gebäudeleittechnik
- 27: Duales System
- 28: Lernen durch Arbeiten
- 29: Auto und Beruf
- 30/31: Berufliche Umweltbildung
- 32: Betriebliche Weiterbildung
- 33: Instandhaltung

Von den Abonnenten der Zeitschrift „lernen & lehren“ haben sich allein über 500 in der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik 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 dem beigefügten Bestellschein können Sie „lernen & lehren“ bestellen und Mitglied in einer der Bundesarbeitsgemeinschaften werden.



Donat Verlag, Borgfelder Heerstr. 29, 28357 Bremen
Telefon (0421) 274886 Fax (0421) 275106