
lehren & lernen

Berufsfeld Elektrotechnik

Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufspädagogen der Fachrichtung Elektrotechnik

Inhalt u.a.:

Das Thema Grundlagen der Elektrotechnik

Hochschultage 1984 in Berlin

Rezensionen

Neue fachdidaktische Literatur

1. Jahrgang, Heft 2, 31. Okt. 83

lehren & lernen Berufsfeld Elektrotechnik

Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufspädagogen der Fachrichtung Elektrotechnik

Inhalt u.a.:

Das Thema Grundlagen der Elektrotechnik

Hochschultage 1984 in Berlin

Rezensionen

Neue fachdidaktische Literatur



In diesem Heft:

Editorial:

- In eigener Sache S. 5
- Zum Thema dieses Heftes S. 5

Unterricht und Ausbildung:

- Unterrichtseinheit "Elektrotechnische Funktion einer Waschmaschine als exemplarisches Beispiel für den Arbeitsbereich Wartung und Reparatur von Haushaltsgeräten." S. 10

Projektgruppe AuTiR

- x - Ein Unterricht in Grundlagen, Thema: Das Spannungersatzschaltbild einer Spannungsquelle. S. 30
Gottfried Adolph

Forum: Das Thema Grundlagen in der Elektrotechnik

- x - Grundlagen in der Elektrotechnik - Durchdachte Praxis oder ein Tabu? S. 41
Wolfhard Horn

- Fachrechnen: Angewandte Mathematik - Anwendung der Mathematik. S. 54

Albert Schmidt

- Vermittelt die Fachtheorie überhaupt Theorie? Zur Frage der Denkerziehung in der beruflichen Bildung, dargestellt am Beispiel: Elektrische Spannung. S. 67

Gottfried Adolph

Berichte/Hochschultage Berufliche Bildung:

- Vorankündigung der Hochschultage 1984 in Berlin. S. 101
Wolfhard Horn
- Einladung zur aktiven Beteiligung an der Fachtagung Elektrotechnik. S. 108

Hinweise und Rezensionen:

- Wolfhard Horn zur Bundesarbeitsgemeinschaft. S. 116
- Karsten Streppel zu Gronwald/Martin: Lehrorientierte Einführung in die Elektrotechnik. S. 118
- Klaus Weisenbach zu Rose: Unterrichtsmethodik Elektrotechnik - Berufstheoretischer Unterricht. S. 122
- Hinweis auf aktuelle fachdidaktische Literatur. S. 136

In eigener Sache

Im Heft 1 von lehren und lernen hatten wir vier Hefte pro Jahr angekündigt. Das soll auch so bleiben. Für 1983 schaffen wir es jedoch nicht mehr. Wir bedauern das sehr. Auch wir haben wieder einmal an der Realität lernen müssen: Aller Anfang ist schwer. Von der Zahl her sind wir ein kleines Redaktionsteam. Da wir über keine professionelle Redaktionsverwaltung verfügen, müssen wir alle Arbeiten selber bewältigen. Vor allem sind wir von der pünktlichen Lieferung in Aussicht gestellter Beiträge abhängig. Hier läuft es zur Zeit noch nicht so, wie wir uns das wünschen.

Wir haben jedoch die Hoffnung, daß sich unsere Arbeit immer mehr einspielt und daß wir mit zunehmender Zeit über einen Manuskript-Vorrat verfügen werden. Das hängt jedoch auch davon ab, wie diese Zeitschrift der Bundesarbeitsgemeinschaft einschlägt und wieviel Interesse für eine aktive Beteiligung geweckt werden kann.

Jeder, der das Aktiv-Werden einer Bundesarbeitsgemeinschaft für Lehrende im Bereich Elektrotechnik auch weiterhin für vernünftig hält, und jeder, der eine fachdidaktische Diskussion von der Praxis her für dringend geboten hält, ist aufgerufen, uns aktiv bei der inhaltlichen Gestaltung dieser Zeitschrift zu unterstützen. Senden Sie uns Beiträge für die nächsten Auflagen!

Niemandem entsteht dadurch, daß 1983 nicht mehr vier Hefte zur Austeilung kommen, ein finanzieller Schaden. Der Betrag von 20,-DM bezieht sich auf vier Hefte. Überweisen Sie deshalb den nächsten Betrag erst, wenn Sie das fünfte Heft in den Händen haben. Diejenigen, die erst jetzt zur Bundesarbeitsgemeinschaft stoßen, überweisen bitte nur den Betrag von 15,-DM!

Zum Thema diese Heftes: Grundlagen der Elektrotechnik.

In Westermanns Pädagogischen Beiträgen (9/83) spricht H.v. Hentig aus, was erfahrene Unterrichtspraktiker immer schon wußten: "Versäumte, ungefestigte Grundlagen hindern das Fortschrei-

ten oft mehr als das 'schwierige' Neue - genauer: daß es 'schwierig' erscheint, beweist, daß der Unterbau schlecht angelegt ist."

Die Erziehungswissenschaft hat sich diesem Sachverhalt unter vielfältigen Gesichtspunkten zugewandt. Man spricht von Fundamentalem, von Elementerem, von Exemplarischem, von Kategorialem usw.

Klafki stellte 1958 in seiner didaktischen Analyse die Frage nach dem "Mindestwissen", das sicherstellt, daß ein Bildungsinhalt zu einem lebendigen geistigen Besitz wird.

In den Bildungsinstitutionen ist es gängige Praxis, daß jede weiterführende Schule bis hin zur Universität der jeweils vorhergehenden Schule vorwirft, sich um die gültigen Grundlagen entweder überhaupt nicht, oder doch nur sehr unvollkommen bemüht zu haben.

Es ist wohl etwas dran, an diesen Grundlagen - auch in der Elektrotechnik.

Im Gegensatz zu vielen anderen Fächern ist die Elektrotechnik etwas sehr Wandelhaftes. Die Elektrotechnik von 1983 ist nicht die von 1950. Damals kannte man das Wort Elektronik noch nicht, und das, was heute die Mikroelektronik ausmacht, hätte man sich damals - selbst in wildesten Phantasien - nicht ausdenken können.

Darüber hinaus ist auch das Technikverständnis einer Wandlung unterworfen. In der Blüte des wirtschaftlichen Aufschwungs konnte man noch den naiven Glauben verbreiten, daß man zu guter Technik kommt, wenn man in rechter Weise wertfrei gewonnene Naturerkenntnisse optimal anwendet. Heute wird immer mehr Zeitgenossen immer deutlicher, daß Technik zuerst und vor allem ein gesellschaftlicher, politischer Prozeß ist.

Welche Grundlagen benötigt man, um einerseits als Elektriker zu "funktionieren" und andererseits Mitverantwortung übernehmen zu können für das, was geschieht, wenn man als Elektriker funktioniert?

Benötigt man vor allem gute physikalische Kenntnisse? Muß man also erst Physiker sein, um ein guter Elektriker zu sein? Welche Physik muß man dann in welcher Weise im Kopf haben?

Muß man außerdem auch noch Mathematiker sein? Ohne Mathematik vermag niemand Physiker zu sein.

Muß man aber nicht auch Ökonom sein? Jedes konkrete technische Handeln geschieht doch wohl in ökonomischen Bedingungsfeldern.

Muß man nicht auch etwas von Ökologie verstehen? Usw., usw.

Wo also ist das Fundament, auf das sich der allseits orientierte Elektriker abstützt?

Es stellen sich viele fachdidaktisch ungeklärte Fragen!

Wenn wir, Lehrende der Elektrotechnik, uns nicht als nützliche Idioten, als Vermittler ausschließlich berufsfunktionalen Wissens für einen nach Taylor'schen Vorstellungen organisierten Produktionsprozeß mißbrauchen lassen wollen, können wir diesen Fragen nicht ausweichen.

Deshalb wurde das Thema Grundlagen zum Thema dieses Heftes erhoben. Deshalb wird sich eine Arbeitsgruppe an den Hochschultagen 1984 in Berlin weiter mit diesem Thema beschäftigen. In der völlig ungeklärten Situation können die ersten Schritte nur tastend gegangen werden:

- Wolfhard Horn versucht mit einer Gruppe von Referendaren dahinter zu kommen, was geschieht, wenn Lehrer für Elektrotechnik ziemlich abrupt mit solchen Fragen konfrontiert werden.
- Albert Schmidt stellt dar, in welcher Weise Mathematik gelehrt werden muß, damit sie grundlegend wirkt.
- Gottfried Adolph klopft einen Unterricht auf Grundlagenvermittlung hin ab und untersucht die Praxis der inhaltlichen Vermittlung des Spannungsbegriffes.
- Eine Projektgruppe der Uni Bremen stellt dar, wie man vorgehen kann, wenn man Theorie praxisorientiert vermitteln will.

Die Herausgeber

Projektgruppe AuTiR:

Unterrichtseinheit "Elektrotechnische Funktion einer Waschmaschine als exemplarisches Beispiel für den Arbeitsbereich Wartung und Reparatur von Haushaltsgeräten"

Im folgenden soll versucht werden, die Planung eines Analytischen Projektes aufzuarbeiten, das im Rahmen des Universitäts-Ausbildungsprojektes "Arbeit und Technologie im Reproduktionsbereich" (AuTiR) von 10 Studenten der Teilstudiengänge Elektrotechnik und Metalltechnik des Studienganges LSII-bF in einer Schule als Unterrichts-Einheit durchgeführt wurde. Zielsetzung war es, elektrotechnische Grundkenntnisse und Basisfähigkeiten im Rahmen einer Einführung in das Berufsfeld Elektrotechnik zu vermitteln.

Die folgenden Auszüge aus der Dokumentation der Unterrichtseinheit sind z.T. veröffentlicht in "Projektgruppe Arbeit und Technologie im Reproduktionsbereich (Hg.): Produktionsort Haushalt, Bremen 1982".

1. Analytisches Projekt

Analytisches Projekt heißt

- Analyse von Wirklichkeit;
- den Gesamtzusammenhang innerhalb eines technischen Systems durch Analyse der Einzelteile und ihres Zusammenwirkens verstehen;
- konstruktives Umsetzen der gewonnenen Erkenntnisse mit dem Ziel, das System durch eigenständiges Handeln erstellen können, bzw. faßbar machen.

Analytisch heißt: durch logische Zergliederung entwickeln. Von einem analytischen Projekt ist dann die Rede, wenn ein konkreter technischer Gegenstand oder ein real existierendes Verfahren in seine Bestandteile zerlegt wird und diese mit einem adäquaten Begriffsapparat beschrieben und auf ihre Funktion (Stellung) innerhalb des Systems untersucht werden. Die Analyse im Zusammenhang mit einer Zuordnung in das Ganze soll den Schüler befähigen, komplexe Zusammenhänge selber zu erarbeiten und konstruktiv zu handeln. Bei einem technischen Gegenstand heißt das: Den Gegenstand demontie-

ren, die Einzelteile analysieren, die Wirkungsweise dieser im Gesamtzusammenhang verstehen, das Gerät eigenständig wieder montieren, wie es eigenen Interessen und technischen Möglichkeiten entspricht.

Die in der ersten Phase (Analyse) entstehenden Probleme werden direkt "vor Ort" geklärt, d.h. Theorie und Praxis sollen miteinander verschränkt sein. Theorievermittlung ist in diesem Falle keine vor- oder aufgesetzte Disziplin, sondern Theorie und Praxis erscheinen als sich einander bedingende, sich stützende "Teile" desselben Ganzen: der Auseinandersetzung mit eben angeführten Gegenständen oder Erscheinungen. Die Forderung nach konkreten Handlungsergebnissen als Element projektorientierten Unterrichtes führt immer dann zu falscher Verwendung des Projektbegriffes, wenn es isoliert von den anderen Forderungen Verwendung findet. Es kommt dann sehr schnell zu reinen Bastelarbeiten oder zur Erstellung von Gebrauchsgegenständen, die nach detaillierten Vorgaben gefertigt zwar den Vorteil haben, einzelnen Lernsequenzen für den Schüler erkennbar einen Sinn zu geben, die aber noch weit vom eigentlichen Projektanspruch entfernt bleiben. In der gewerblichen Ausbildung wird man zwar fast immer auf technische Objekte als Handlungsergebnis stoßen, nur müssen sich diese aus einer Schülerbetroffenheit, die auf Berührungspunkten mit Berufsproblemen und den damit zusammenhängenden Gesellschaftsproblemen basieren, ableiten lassen.

2. Die Waschmaschine als exemplarisches Beispiel für ein komplexes technisches Gerät

Die Tätigkeit im Berufsfeld Elektrotechnik beinhaltet Kenntnisse von sogenannter "Weißer Ware", also von Haushaltsgroßgeräten, sowie die Fähigkeit, die Funktionsweise der Geräte zu erkennen, Fehler analysieren und beheben zu können. Eines der weitverbreitetsten Haushaltsgeräte ist die Waschmaschine (WM). Sie steht aufgrund ihrer Komplexität zugleich exemplarisch für ähnliche Haushaltsgeräte (Schleuder, Trockner, etc.). Die Durchführung eines analytischen Projektes "Waschmaschine" beinhaltet für die Schüler z.B.:

- planvolles Arbeiten sinnvolles Zerlegen und Montieren der WM
- experimentelles Handeln Erwerb bzw. Erweiterung/Vertiefung von technischem Wissen, meßtechnischen, manuellen ... Fähigkeiten
- Analysefähigkeiten Funktion des Gesamtgerätes, des Zusammenwirkens der zum Gerät gehörenden Baugruppen/Bauteile
- Berufsperspektive reale Tätigkeit im Kundendienst in der beruflichen Praxis
- Gesellschaftsbezug Produktionsbereich, Servicebereich, Umweltverschmutzung durch Abwasser, Energieprobleme anhand der WM erläutern.

Die Forderung nach Relevanz der Ausbildung für eine spätere berufliche Tätigkeit führt zur Orientierung des analytischen Projektes an der realen Facharbeitertätigkeit. Diese beinhaltet Anschluß des Gerätes, Wartung, Reparatur, Fehleranalyse etc. Die Auseinandersetzung mit einem realen Gegenstand nimmt dem Unterricht die Praxisferne. Der Schüler muß sich genau wie der Facharbeiter mit einem industriell hergestellten Gerät beschäftigen, dessen Bauteile handelsüblich sind. Es gibt kein Schul-"Modell" Waschmaschine, sondern ein im wahrsten Sinne des Wortes begreifbares Gerät. Alle im Umgang mit diesem Gerät auftretenden Probleme und Schwierigkeiten können in der gleichen oder ähnlichen Form in der realen Berufspraxis auftreten.

Die Wahl der Maschine für ein analytisches Projekt hat aufgrund der hohen Verbreitung den Effekt, daß jeder Schüler in direkter oder indirekter Weise mit dem Servicemann einer Reparaturfirma zu tun gehabt hat; ihm ist somit die Übertragung der Tätigkeit des Service auf die eigene Tätigkeit im Unterricht einsichtig. Die Motivation der Schüler an dieser praxisbezogenen Art von Unterricht aktiv und entwickelnd teilzunehmen ist somit höher, zumal am Beginn der Unterrichtseinheit durch engen Kontakt mit einer Servicefirma aus dem Handwerksbereich für die Schüler ein direkter Einblick in die Arbeit dieses Bereichs möglich war.

3. Grobplanung der UE

Die Schüler sollen Waschmaschinen sinnvoll demontieren, die Funktion der Waschmaschinen und ihrer Einzelteile analysieren und im Anschluß daran, durch Montage funktionsfähige Maschinen erstellen und in Betrieb setzen können. Diese technischen Aufgaben sollen im Kontext mit

- gesellschaftlicher Veränderung von Hausarbeit
- Veränderung von Waschprozessen und technologischen Veränderungen der Waschmaschine
- der Erweiterung der Sicht von technischen Problemen auf deren gesellschaftliche Folgen (z.B. Energie/Umweltfragen)
- dem Hintergrund, den Schüler zu einem kritikfähigen Mitglied der Gesellschaft werden zu lassen

- ...

durch

- konkrete Auseinandersetzung mit der Realität
- Entwicklung von Kreativität und Spontanität
- Auseinandersetzung der Schüler miteinander
- durch einen bei dem Schüler ablaufenden Entwicklungsprozeß

- ...

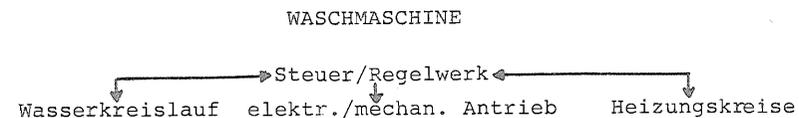
zu einer Annäherung an die Ziele von Projektunterricht führen.

4. Technische Grobstruktur

Das komplexe Gerät Waschmaschine läßt sich technisch wie folgt aufgliedern:

- Wasserkreislauf
- elektrisch-mechanischer Antrieb
- Heizungskreise
- Steuer/Regelwerk (S/R)

wobei dem Steuer/Regelwerk eine für die Funktion des Gerätes koordinierende Stellung zukommt.



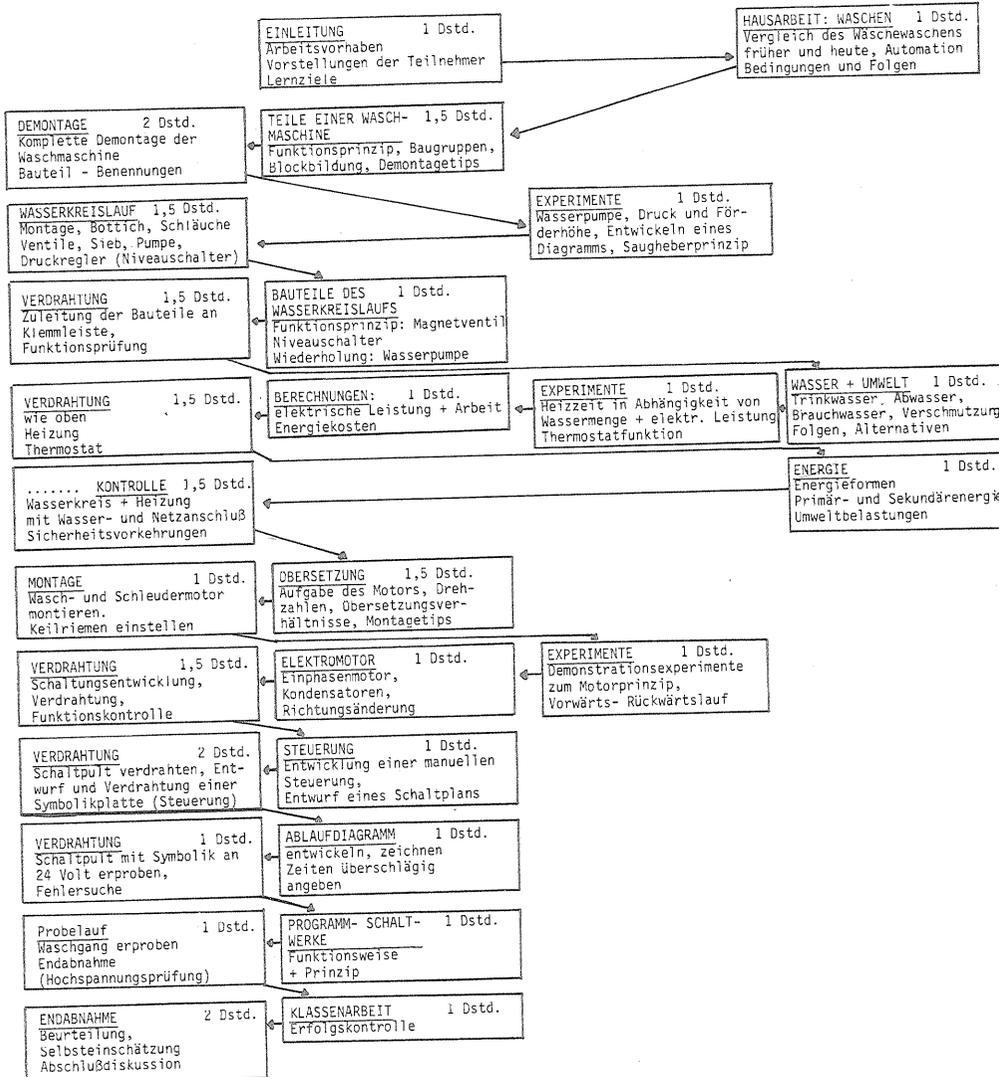
Waschablauf, die in einer Theoriestunde erweitert worden waren. Somit kannten die Schüler die Funktion der Heizung innerhalb des Waschprozesses. Da sie die Heizstäbe einige Unterrichtsstunden vorher selbst ausgebaut hatten, kannten die Schüler auch deren Aussehen und Form und deren Lage innerhalb der Waschmaschine und wußten, daß sie elektrisch angeschlossen waren. Hieraus müßten sich nun für die Schüler eine Reihe von Fragen ergeben, die sie versuchen könnten, im Experiment zu klären.

Die von uns unterrichteten Schüler hatten bisher jedoch wenig Möglichkeiten, Eigeninitiative zu entwickeln und auch nicht gelernt, gezielt an Probleme heranzugehen. Es war daher das wichtigste Lernziel dieser Unterrichtsstunde, die Schüler mit einem planvoll strukturierten Ablauf des Kenntniserwerbungsprozesses bekannt zu machen.

- Eine kurze theoretische Unterweisung über Material und Aufbau der Heizung und über die Wärmewirkung des elektrischen Stromes ging den Experimenten voraus (Schritt 1).
- Im Folgenden wurde dann von bekannten Meßvorgängen - hier: Widerstandsmessung - ausgehend und durch Ermittlung des zu erwartenden Stromes aus Spannung und gemessenem Widerstandswert die Schüler auf die "Heizung als Widerstand im elektrischen Stromkreis" hingewiesen (Schritt 2).
- Die nächste Aufgabe für die Schüler bestand aus der zeichnerischen Erstellung eines Stromkreises aus Schalter, Widerstand (Heizung) und Strom- und Spannungsmesser (Schritt 3).
- Durch Aufbau dieser Schaltung und das Einbringen der Heizung in einen mit Wasser gefüllten Behälter wurde nun das Modell für eine "Heizung in der Waschmaschine" dargestellt, an dem die Schüler die Meßversuche durchführen konnten (Schritt 4).
- Mit Hilfe einer Stoppuhr und eines Thermometers wurde nun tabellarisch die Abhängigkeit der Wassertemperatur von der Zeit ermittelt (Schritt 5).
- Als letztes wurde hieraus eine Zeit-Temperatur-Kurve aufgenommen und diskutiert (Schritt 6).

Das Vorgehen in einzelnen Schritten ermöglichte es dem Schüler, den logischen Aufbau, die sinnvolle Reihenfolge des Experiments zu erkennen. Jeder Teilversuch war Voraussetzung für den folgenden. Außerdem wurde durch das Umgehen mit bereits bekannten "Experimentiervorgängen" zu Anfang dem Schüler das Vertrautwerden mit dem Experimentalprozeß erleichtert.

Stundenablaufplan



5. Arbeitsblätter

Im Folgenden ist eine Auswahl der verwendeten Arbeitsblätter zusammengestellt:

Wie war das Wäsche-
waschen früher?

Name	Datum	Waschmaschine
------	-------	---------------

Eine Hausfrau erzählt:

"Am Sonntagabend wurde die Wäsche sortiert. In große Zinkwannen wurde Wasser hineingeschüttet und Seife dazu gegeben. In dieser Seifenlauge wurde die Wäsche eingeweicht.

Am Montag stand dann die Hausfrau um 5 Uhr auf und machte Feuer unter ihrem Waschkessel an. Bei uns wurde mit Torf geheizt. Wasser und Seife wurden in den Kessel gegeben. Die Wäsche aus der Einweichlauge wurde von Hand ausgewrungen. Als wir später eine Wäschewringe hatten, wurden besonders die großen Stücke da durchgedreht, bevor sie in den Waschkessel kamen. Während die Wäsche kochte, wurde sie ständig umgerührt und gestampft.

Nach dem Kochen haben wir die Wäsche mit einer Art Holzlöffel aus dem heißen Wasser in kaltes Wasser gebracht, damit wir sie dann auf dem Waschbrett weiter bearbeiten konnten. Sonst war die Wäsche zu heiß. Auf dem Waschbrett wurde die Wäsche gebürstet, besonders die Flecke, die nicht herausgegangen waren oder die Kragen und Manschetten von Hemden.

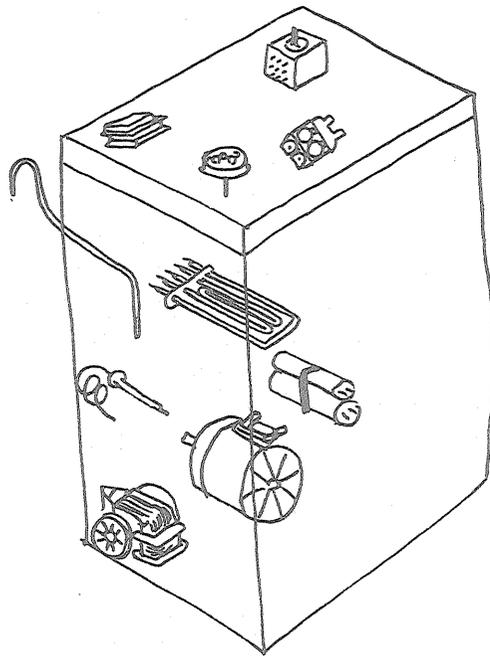
Dann kam das Spülen: In große Becken wurde Wasser gefüllt und die ausgewrungene Wäsche darin hin- und herbewegt. Dann wurde sie ausgewrungen und ins nächste Spülwasser getan. Es wurde 3 oder 4 mal gespült.

Zum Schluß wurde die gesamte Wäsche gut ausgewrungen, große Teile haben wir zu zweien gedreht. Leichter ging es nachher mit der Wäschewringe.

Ganz zum Schluß kam die Wäsche zum Trocknen auf Leine im Garten."

Bauelemente einer
Waschmaschine

Name _____ Datum _____ Waschmaschine _____



weitere Bauelemente:

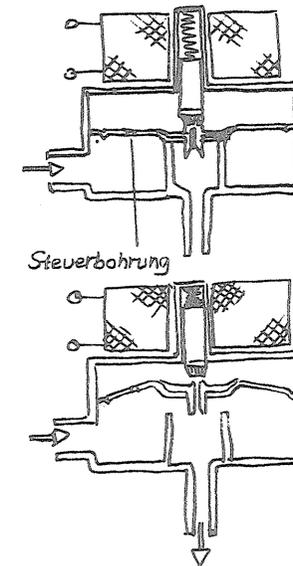
(nach Unterlagen des BFZ-Essen)

Magnetventil

Name _____ Datum _____ Waschmaschine _____

Funktionsweise des Einlaß-Magnetventils

Nach Öffnen des Wasserhahns steht an der Unterseite der Membrane das Wasser an. Der anstehende Druck hebt die Membrane hoch, so daß Wasser in das Gerät fließt. Gleichzeitig gelangt durch die seitliche Steuerbohrung in der Membrane das Wasser in das Ventiloberteil, in welchem sich der gleiche Wasserdruck aufbaut und die größere Druckfläche die Membrane nach unten drückt und den Wasserzufluß beendet. Wird nun Spannung an die Ventilschule gelegt, wird der Magnetkern angezogen und die mittlere Bohrung der Membrane wird frei. Dadurch wird der Wasserdruck im Ventiloberteil aufgehoben, der anstehende Druck an der Membrane hebt diese hoch und das Wasser gelangt durch das Ventil ins Gerät.

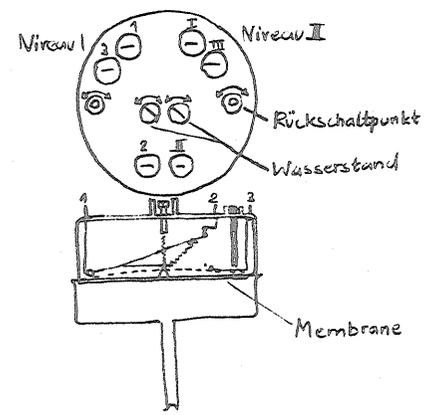


Im Ventileingang befindet sich ein Durchlaufmengenregler, der bei einem Leistungsdruck von 1 - 10 bar eine etwas konstante Wassereinflaufmenge von 10 - 16 l/Min automatisch einstellt. Um das Ventil vor Verunreinigung zu schützen, ist außerdem im Ventil ein Sieb vorhanden.

(nach Unterlagen des BFZ-Essen)

Funktionsweise des Niveauschalters (Druckwächter)

Der Niveauschalter besteht aus einem 2-teiligen Kunststoff- oder Metallgehäuse, einer Gummimembrane und einem Momentschaltsystem (Springkontakte).



Der Niveauschalter ist ein Druckluftumschalter, der über das Sieb bzw. über ein Schlauchstück mit dem Bottich verbunden ist. Für den pneumatischen Anschluß des N.S. ist von besonderer Bedeutung, daß das Schlauchsystem unbedingt dicht ist. Die durch den Wasserzulauf komprimierte

(nach Unterlagen des BFZ - Essen)

Luft im Schlauchsystem des N.S. drückt gegen die Gummimembrane im N.S., die wiederum das Momentschaltsystem betätigt. Im Anschlußstutzen am unteren Gehäuse ist eine 0,8 mm Bohrung vorhanden. Diese verhindert, daß die Druckschwankungen, die während des Waschens im Schlauchsystem des N.S. auftreten, sich auf das Schaltsystem auswirken, welches im oberen Gehäuseteil angeordnet ist.

Ebenfalls im oberen Gehäuseteil befinden sich noch die AMP-Anschlußfahnen und die Justierschrauben. Je nach Ausführung des N.S. können 1, 2 oder 3 verschiedene Niveaus gesteuert werden.

Der N.S. steuert den Wasserzulauf für die verschiedenen Niveaus während des Programmablaufs.

Ist bei einem Gerät ein Sicherheitsniveauschalter vorhanden, so schaltet dieser beim Erreichen des Sicherheitsniveaus die Laugenpumpe ein, z.B. bei defektem Einlaßventil.

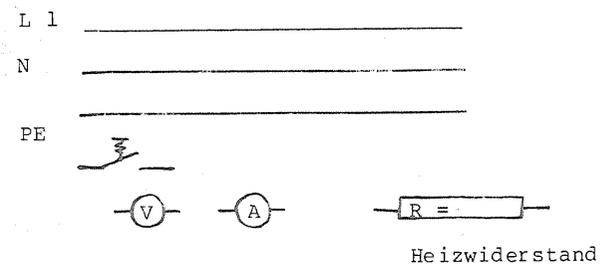
1. Widerstandwert der Heizung:

2. Wie groß ist der zu erwartende Strom?

Formel:

Wert:

3. Ergänze den folgenden Schaltplan des Versuchsaufbaus:



4. Trage die im 1. Versuch gemessenen Werte in eine Tabelle ein:

Verwendete Wassermenge

..... l

Der Thermostat der Waschmaschine:

Wirkungsprinzip

1. Ergänze den Schaltplan von Blatt 1 hier um den Thermostaten:

(Schaltsymbol)

L 1 _____
 N _____
 PE _____



2. Heize das Wasser auf 40° C auf und ermittle den Ausschalt-
 punkt des Thermostaten. Kennzeichnen auf dem Thermostaten.
 Durch Zugabe von kaltem Wasser ermittle die Einschalt-
 temperatur.

Wiederhole dies bei mehreren Temperaturen, notiere die
 Größe des Temperaturunterschiedes.

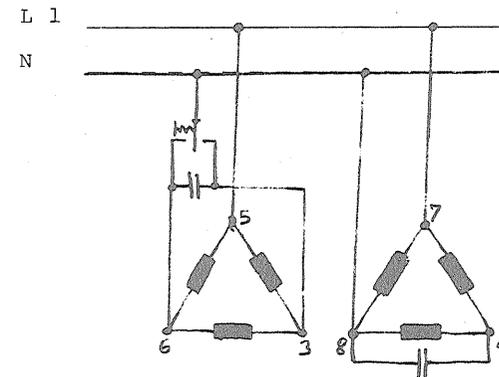
Spezialmotor der Maschine: "Neckermann exclusiv 500"

Anschlußklemmen

Motor



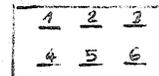
Schaltung mit
 Drehrichtungsumkehr-Schalter



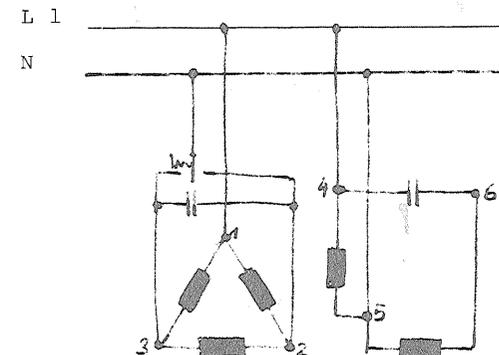
Spezialmotor der Maschine: "Scharf electronica 2917 S"

Anschlußklemmen

Motor



Schaltung mit
 Drehrichtungsumkehr-Schalter

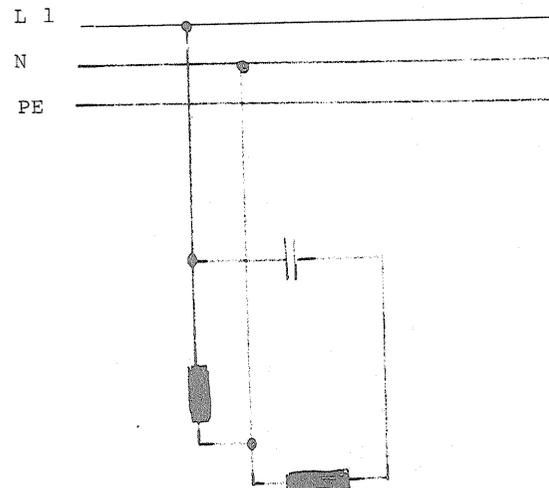


Bestimmung der Anschlüsse:

Widerstandsmessung

	Widerstand in Ω
Klemme 1 - 2	
Klemme 2 - 3	
Klemme 1 - 3	

Anschlußbelegung:



Das Übersetzungsverhältnis

Abkürzungen, die im folgenden verwendet worden sind:

- n_1 = Anzahl der Umdrehungen von Rad 1
- n_2 = Anzahl der Umdrehungen von Rad 2
- U_1 = Umfang Rad 1
- U_2 = Umfang Rad 2
- d_1 = Durchmesser Rad 1
- d_2 = Durchmesser Rad 2

wichtig: U bedeutet in der Elektrotechnik die Spannung, im Maschinenbau bezeichnet U aber den Umfang.



Unser Versuch mit den zwei Rädern und dem aufgewickelten Band hat folgendes ergeben:

$$\text{Länge des abgewickelten Bandes von Rad 1} = \text{Länge des abgewickelten Bandes von Rad 2}$$

Die Länge des Bandes, das sich von beiden Rädern abwickelt, ergibt sich aus dem jeweiligen Umfang und der Anzahl der Umdrehungen, welches jedes Rad jeweils macht:

$$\text{Umfang Rad 1 mal der Anzahl der Umdrehungen von Rad 1} = \text{Umfang Rad 2 mal der Anzahl der Umdrehungen von Rad 2}$$

oder als Formel abgekürzt ist:

$$U_1 \cdot n_1 = U_2 \cdot n_2$$

Wir wissen, daß wir den Umfang eines Rades ausrechnen können, wenn wir den Durchmesser kennen. Es gilt: $U = d \cdot \pi$

Setzen wir das in die obige Gleichung ein, so ist:

$$d_1 \cdot n_1 \cdot \pi = d_2 \cdot n_2 \cdot \pi$$

Hier können wir kürzen, und es bleibt über

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

Die Gleichung $n_1 d_1 = n_2 d_2$ kann ich auf verschiedene Weisen schreiben. Diese sind:

1.) $d_1 = \frac{d_2 n_2}{n_1}$ 2.) $d_2 = \frac{d_1 n_1}{n_2}$ 3.) $n_1 = \frac{d_2 n_2}{d_1}$ 4.) $n_2 = \frac{d_1 n_1}{d_2}$

Beispiel 1:

Der Durchmesser von Rad 1 beträgt 10 cm, der Durchmesser von Rad 2 beträgt 15 cm. Die Drehzahl des 1. Rades wird gemessen und beträgt 500 Umdrehungen pro Minute (U/min).

Frage: Wie oft dreht sich Rad 2?

Beispiel 2:

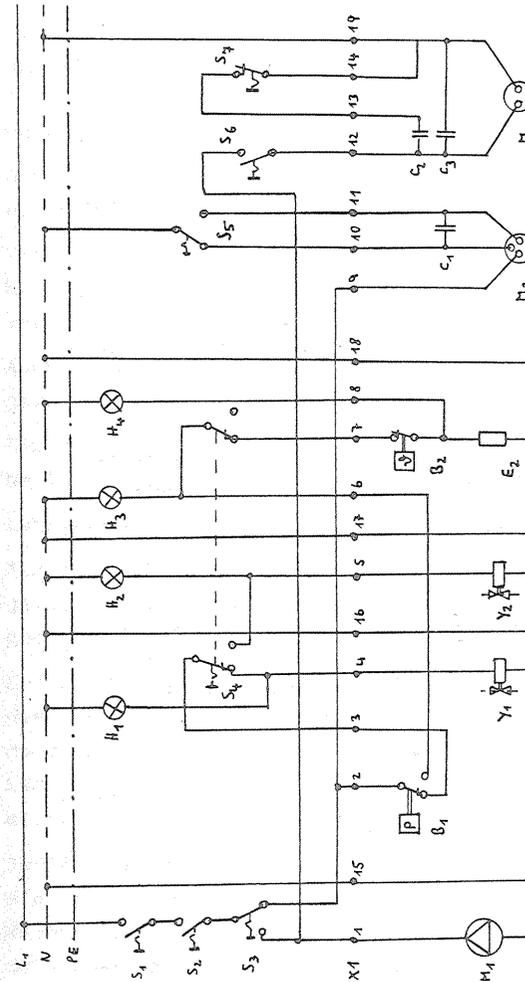
$n_2 = 750$ U/min, $d_1 = 27$ cm, $d_2 = 81$ cm, $n_1 = ?$

Beispiel 3:

Der Elektriker will eine defekte Waschmaschine reparieren. Er merkt, daß der Fehler das defekte Antriebsrad des Motors ist. Er geht ins Ersatzteillager und will sich ein neues beschaffen. Er bemerkt, daß das gesuchte Antriebsrad nicht mehr lagermäßig erhältlich ist. Es gibt aber andere, auf die Welle passende Antriebsräder mit unterschiedlichem Durchmesser. Er muß sich den Durchmesser berechnen. Was er weiß, ist folgendes: Der Durchmesser des Trommelantriebrades ist $d_1 = 30$ cm, die Motordrehzahl ist $n_2 = 4800$ U/min, und die Schleuderzahl ist $n_1 = 800$ U/min. Welchen Durchmesser hat das Antriebsrad, das er benötigt?

Beispiel 4:

$d_2 = 6$ cm, $n_1 = 100$ U/min, $n_2 = 500$ U/min, $d_1 = ?$



Teste die Funktionen durch simulierten Schaltbetrieb:

B 1	Druckwächter	E 1	Heizung	S 1	Tür zu/auf	S 5	WM rechts/links	H 1	Ventil "Waschen"
B 2	Thermostat	M 1	Laugenpumpe	S 2	WM Ein/Aus	S 6	Schleudermot.	E/A	Ventil "Spülen"
H 1	Ventil "Waschen"	M 2	Waschmotor	S 3	Wasser Ab/Zu	S 7	Anlaufkond.	E/A	H 2
									H 3
									Wasserniveau "erreicht"

Gottfried Adolph

Ein Unterricht in Grundlagen.

Thema: Das Spannungsersatzschaltbild einer Spannungsquelle.

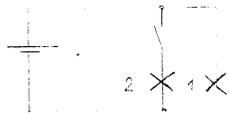
Klasse: Nachrichtenmechaniker, Unterstufe,
24 Schüler eines einzigen Ausbildungsbetriebes,
Alter: 16-18 Jahre

Unterrichtsziele:

Der Lehrer möchte bewirken, daß die Schüler

1. das Spannungsersatz-Schaltbild als Modell kennen,
2. die Begriffe Leerlaufspannung, Ursprungspannung, Klemmenspannung, Innenwiderstand und Kurzschlußstrom in der Struktur des Ersatzbildes erklären können,
3. mit Hilfe dieses Modells das lastabhängige Spannungsverhalten einer Gleichspannungsquelle erklären können.

Der Unterricht beginnt damit, daß der Lehrer die Aufmerksamkeit der Schüler auf eine aufgestellte Demonstrationstafel lenkt. Mit Magnetbausteinen ist eine Schaltung mit zwei gleichen Lampen aufgebaut. Eine dieser beiden Lampen ist unmittelbar an die Spannungsquelle angeschlossen. Sie leuchtet. Der Anschluß der zweiten Lampe ist so vorbereitet, daß sie mit einem Schalter zur ersten parallel geschaltet werden kann. Da die Magnetbausteine auf ihrer Oberseite die Symbole der jeweiligen Betriebsmittel tragen, erscheint die reale Schaltung zugleich als Schaltplan.



Als Spannungsquelle dient eine Flachbatterie. Sie steckt in einer Hülle aus Zeichenkarton. Auf die Oberseite hat der Lehrer das Symbol einer chemischen Spannungsquelle gezeichnet. Die Spannungsquelle ist so dem Demonstrationsgerät angepaßt.

Der Lehrer: "Schaut Euch diese Schaltung bitte genau an!"

Und, nach angemessener Zeit: "Was geschieht, wenn der Schalter geschlossen wird?"

An der Reaktion der Schüler ist erkennbar, daß das eine vernünftige Frage ist. Sie sind interessiert. Sie denken nach. Sie sprechen miteinander.

Die erste Meldung: "An der ersten Lampe ändert sich nichts. Die zweite Lampe geht auf die gleiche Helligkeit, denn parallel geschaltete Widerstände liegen immer an derselben Spannung."

Der Lehrer nimmt keine Stellung. Er läßt durch seine Haltung erkennen, daß er weitere Fragen erwartet.

Ein zweiter Schüler meldet sich: "Beide Lampen gehen auf die Hälfte zurück, denn der Batteriestrom muß jetzt beide Lampen versorgen."

Auch diesen Beitrag nimmt der Lehrer ohne Wertung zur Kenntnis.

Ein dritter Schüler meldet sich: "Beide Lampen werden gleich hell brennen, aber jede etwas dunkler als die erste alleine."

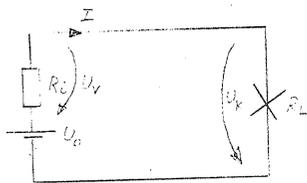
Lehrer: "Gibt es noch eine Meinung?"

Als sich nun niemand mehr meldet, sagt der Lehrer: "Wenn ich jetzt den Schalter schließe, kann jeder sehen, ob er richtig gedacht hat."

Er schließt den Schalter. Die erste Lampe wird etwas dunkler, die zweite leuchtet gleich hell. Der Lehrer wiederholt mehrmals das Schalten. Es ist für alle deutlich erkennbar: Beide Lampen leuchten gleich hell, jede aber etwas dunkler als die erste alleine.

Schließlich wendet der Lehrer sich vom Demonstrationsgerät ab, stellt sich "vor" die Klasse und beginnt mit der Phase der Belehrung: "Wenn die Lampen dunkler werden, dann kann das doch nur bedeuten, daß die Spannung für die Lampen kleiner

geworden ist. Wodurch kann aber die Spannung kleiner werden? Doch offensichtlich nur dadurch, daß irgendwo im Stromkreis eine Spannung abfällt."..... So kommt er auf den Innenwiderstand, die Urspannung, den inneren Spannungsabfall und die lastabhängige Klemmenspannung. Gleichzeitig entsteht das Spannungsersatzschaltbild an der Tafel.



Jetzt wendet sich der Lehrer wieder der Demonstrationstafel zu. Er bittet zwei Schüler, die Leerlaufspannung zu messen, dann die Spannung unter Last. Die gemessenen Werte werden in das Tafelbild eingetragen.

Lehrer: "Was müssen wir jetzt noch wissen, um den inneren Widerstand berechnen zu können?" "Den Laststrom." Der wird nun auch gemessen, der Meßwert eingetragen, und aus Spannungsverlust und Stromstärke wird schließlich der Innenwiderstand bestimmt.

Nun erhalten die Schüler ein Aufgabenblatt. Es enthält Schaltbilder, in denen Meßwerte eingetragen sind. Die Schüler werden aufgefordert, die inneren Spannungsverluste und die Innenwiderstände zu bestimmen.

Die Schüler beginnen zu rechnen, zum Schluß werden die Ergebnisse verglichen.

Sind in diesem "Anfängerunterricht" Grundlagen vermittelt worden? Haben die Schüler Grundlagen gelernt?

Was meinen Sie lieber Leser, wenn Sie den Text bis hier hin gelesen haben?

Versuchen wir nun, den "erlebten" Unterricht einer sorgfältigen Analyse zu unterziehen.

1. Analyse unter inhaltlichem Aspekt.

Jeder, der professionell mit Elektrotechnik zu tun hat, muß wissen, daß Spannungsquellen ein lastabhängiges Spannungsverhalten zeigen. Bis auf Ausnahmen (z.B. Reihenschlußgeneratoren) gilt: Die Klemmenspannung eines Energieversorgungsgerätes sinkt mit steigender Belastung. In weiterer Verallge-

meinerung: Wenn ein Betriebsmittel irgendwo in einem Netz angeschlossen wird, dann muß damit gerechnet werden, daß die Spannung "runtergeht". Dieses Absinken kann zu funktionellen Schwierigkeiten führen z.B. bei Motoren, Wärmegeräten oder Schützen. Es gibt aber auch Fälle, in denen selbst ein relativ hoher Spannungseinbruch noch toleriert werden kann.

Dort, wo Spannungseinbrüche zu funktionellen Störungen führen, müssen Maßnahmen zur Stabilisierung ergriffen werden. Es gibt z.B. Spannungskonstanthalte-Schaltungen, stabilisierte Netzgeräte usw.

Dieses Wissen ist unmittelbar handlungsrelevant, denn es führt zu argumentativ begründbaren technischen Handlungsentscheidungen.

Das Wissen, daß die Spannung zwischen zwei Anschlußpunkten lastabhängig ist, kann sich ausschließlich auf Erfahrung gründen. Es kann ausschließlich empirisches Wissen sein. Einem solchen Wissen fehlt die innere analytische Struktur. Analytisch wird das Wissen, wenn mit Hilfe analytischer Begriffe und ihren Beziehungen ein strukturierter Begründungszusammenhang gegeben werden kann. Durch die innere Begründungsstruktur wird das empirische Wissen zum empirisch-analytischen Wissen. Es wird zur empirisch-analytischen Theorie, wenn es einer systematischen Kritik unterzogen werden kann.

Empirisch-analytisches Wissen ist in seinem Gültigkeitsanspruch rational begründbar. Es zeigt stets folgende Grundstruktur: Dieses konkrete Ereignis tritt unter dieser Bedingung auf, weil

Auf Spannungsquellen bezogen: Das Ereignis Spannungsabfall tritt bei der Bedingung Belastung auf, weil

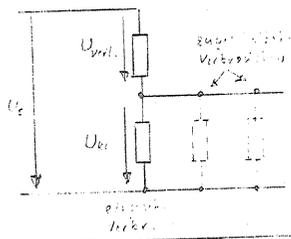
Die Begriffe "Innerer Spannungsabfall" und "Urspannung" sind analytische Begriffe. Sie beschreiben keinen Sachverhalt, keinen Gegenstand, den es "wirklich gibt". Sie sind Konstruktionen des menschlichen Intellekts, Konstrukte, die es dem Denken ermöglichen, empirisch Erfahrenes "verstehend" zu ordnen, Verstandsstrukturen aufzubauen.

Das Spannungsersatzschaltbild hat eine analytisch erklärende Funktion. Wer mit diesem Modell in seinem Denken umgehen kann,

kann begründen, weshalb die Klemmenspannung bei Belastung absinken muß. Darüber hinaus kann er sogar in quantitativer Analyse herausbekommen, um welchen Betrag sie unter definierten Bedingungen abnehmen wird.

Das Modell Spannungersatzschaltbild ist ein denknwendiges analytisches Instrument zum rational verstehenden Erfassen der Lastabhängigkeit von Klemmenspannungen und damit auch zu einem technischen Handeln, das sich auf verstehendes Erkennen stützt.

Das analytische Modell Spannungersatzschaltbild setzt sich seinerseits wieder aus analytischen Grundbegriffen zusammen.



Bleibt man im Bereich von Gleichspannungsquellen, dann muß der erfolgreich Denkende die hier dargestellte Grundstruktur "im Kopf" haben.

Diese Grundstruktur setzt sich aus den Elementen Widerstand, Spannung, Strom, Reihenschaltung und Parallelschaltung zusammen.

Voraussetzung für das verstehende Umgehen mit dem Spannungsersatz-Modell ist das vorgängige Verstanden-Haben dieser Elemente.

Ergebnis der inhaltlichen Analyse:

In dem dargestellten Unterricht geht es um die Vermittlung von technologisch wichtigem Grundlagenwissen.

2. Analyse unter methodisch inhaltlichem Aspekt.

Der Unterricht geht von einer Laborsituation und nicht von einer realen beruflichen Handlungserfahrung aus. Das Laborgerät ist schon in hohem Maße analytisch vorstrukturiert. Die Betriebsmittel sind nicht - wie in der Realität - einander räumlich zugeordnet, sondern in der Fläche und in der Struktur eines Schaltplanes. Die Betriebsmittel verschwinden geradezu hinter ihren Symbolen.

So etwas kommt im empirischen Feld beruflichen Tuns aber nicht vor. In diesem Unterricht ist der Realität von Anfang an die analytische Maske übergestülpt. So hat dieser Unterricht eigentlich keine Technik zum Inhalt, er geht nicht von erfahrbarer Technik aus und findet nicht zu erfahrbarer Technik hin. Es geht nicht um Erkenntnisse, die aus technischer Erfahrung herauswachsen und die Erfahrung dabei erhellen. Vielmehr geht es um die Vermittlung eines physikalischen Modells, das aber als Modell nicht systematisch thematisiert wird. Es ist ein Physikunterricht im schlechten Sinne des Wortes: die reale Welt des Erfahrbaren wird durch eine Scheinwirklichkeit ersetzt. Die Spannungsquelle hat einen Innenwiderstand, so heißt es, nicht aufgrund dieser und jener Phänomene können wir so tun, als ob es in der Spannungsquelle einen konstanten Widerstand gäbe, dabei müssen wir doch absehen von

Der Lehrer hat die wirkliche, die reale, die erfahrbare Flachbatterie in eine Hülle gesteckt, die Hülle trägt das Symbol! Um die Welt der Symbole geht es in diesem Unterricht denn auch.

"Man kann den Innenwiderstand beim Kurzschluß messen!", so belehrt der Lehrer. Es ist noch ein Glück, daß die Schüler schon gelernt haben, solche Sprüche im Klassenzimmer zu lassen und nicht auf die Idee kommen, den Innenwiderstand ihrer Autobatterie über einen Kurzschluß zu bestimmen.

Ergebnis der methodisch-inhaltlichen Analyse:

Die hier praktizierte Unterrichtsmethode (die Wahl der Medien ist auch etwas Methodisches) "wirft" gewissermaßen die technischen Grundlagen wieder aus dem Unterricht heraus. Die Schüler berechnen in vorgegebenen, schematisch strukturierten Widerstandsbildern, "rethorisch" gefragte Größen. Sie lernen nicht, empirisch Gegebenes mit Hilfe analytischer Modelle zu analysieren und zu stukturieren. Sie lernen nicht empirisch-analytisch zu denken, sondern in leeren - d.h. von Realität befreiten - analytischen Modellen zu "turnen".

3. Analyse unter methodisch-lerntheoretischem Aspekt.

Sieht man von dem Fehlgriff in der Wahl des medialen Zugangs ab, so beginnt der Unterricht mit einer didaktisch vernünftigen Situation. Es sind Vorhersagen gefordert. Das ruft stets den Fachmann auf den Plan, denn der Fachmann weiß, was geschieht, wenn

Das erwies sich auch in diesem Unterricht. Die Schüler "sprangen" sofort an. Sobald eine Prognose vorliegt oder wenn gar Prognose gegen Prognose steht, ist die Aufmerksamkeit der Schüler für den Unterrichtenden kein Problem mehr.

Deshalb war es auch sehr vernünftig, daß der Lehrer jede Prognose ernst nahm und nicht durch eigene wertende Reaktionen die Spannung wegnahm.

Alles das war gut, aber dann brach auch alles ein, als der Lehrer durch sein Fortschreiten deutlich machte, daß er die Denkbewegungen der Schüler mit "falschen" Prognosen doch nicht ernst nahm.

Der erste Schüler, der sagte: "Nichts ändert sich, denn parallel geschaltete Widerstände liegen immer an derselben Spannung", meinte das doch ernst, und indem er es ernst meinte, offenbarte er eine "Grundlage" seines Denkens, seines subjektiven Zugriffs auf die Fragestellung. Der Schüler hatte diesen Satz im Unterricht so sprechen gelernt, für wahr genommen und in seine Wissensstruktur eingebaut. Der Satz, wenn richtig verstanden, ist ja auch richtig. Aber dieser richtige Satz führte hier zu einer falschen Prognose. Wieso eigentlich? Ist der Satz nun doch falsch oder kann er hier nur so nicht angewendet werden? Das hätte der Lehrer thematisieren müssen! Er hätte dem Schüler zu erkennen geben müssen: Ja, du denkst ja richtig, parallel geschaltete Widerstände liegen an der selben Spannung, aber heißt das auch, daß die Spannung gleich bleibt? Gibt es einen Unterschied zwischen der gleichen und der selben Spannung?

Hier treten Grundlagen in einer anderen Existenzform in Erscheinung als bisher besprochen, nicht als Grundlagen eines physikalischen Aussagesystems, nicht als Grundlagen eines technischen Aussagesystems, sondern als Grundlagen, besser

als Elemente eines individuellen, subjektiven Weltwissens. Es sind Elemente von subjektiven kognitiven Strukturen, mit denen Wahrnehmungen, Erfahrungen und Vorstellungen denkend verarbeitet werden. Ein solches Wissen ist aus eigenen geistigen Mitteln aufgebaut, oder es ist kein Wissen (Aebli, 1983)

Der zweite Schüler brachte ein Konzept, das tief in seiner Erfahrung wurzelt: Wenn ein Ding (hier die Spannungsquelle) etwas bewirken kann (hier eine Lampe zum Leuchten bringen), dann kann jedes nur die Hälfte mitbekommen, wenn es zwei zu versorgen gilt. Das ist eine wichtige und richtige Grundlage seines Weltwissens. Und dieses Wissen ist wahres Wissen. Es ist deshalb wahr, weil es sich im Handeln und in der Erfahrung immer wieder bestätigt. Aber warum trifft es hier, obwohl es richtig ist, auf die Lampenhelligkeit nicht zu? Etwas muß dabei nicht mitbedacht sein, aber was? Das herauszufinden, hätte der Lehrer dem Schüler Gelegenheit geben müssen. Dann wäre dieser Schüler mit seinem Wissen insgesamt ein Stück weiter gekommen.

Wahrscheinlich gilt es jetzt, ein Mißverständnis auszuräumen. Ich rede hier keinem Individualunterricht das Wort. Die beiden Schüler, die die nicht zutreffenden Prognosen gaben, waren ja nur Wortführer. So wie sie dachten andere auch. Deshalb hätte das eben angedeutete Weiterdenken im Klassenverband erfolgen müssen. In der kommunikativen Struktur des theoretischen Diskurses, in der Argument gegen Argument steht, schärfen sich das Denken und ordnen sich die Strukturen des Wissens.

Ein wesentlicher Aspekt ist in diesem Unterricht so gut wie überhaupt nicht beachtet worden: Bei der Entwicklung des Begriffes Innenwiderstand tritt für die Schüler einer Unterstufe zum erstenmal ein Konstrukt auf, für das es keine gegenständliche Entsprechung gibt. War im bisherigen Unterricht von Widerständen die Rede, dann gab es auch immer etwas, das diesen Widerstand gegenständlich repräsentierte, entweder ein Stück Draht oder sogar das Bauelement Widerstand, das nicht nur Widerstand hat, sondern Widerstand ist.

Dagegen ist der im Ersatzschaltbild gezeichnete Widerstand ein analytisch gedachter. Der innere Spannungsabfall und die Urspannung sind ja nicht "wirklich" da. Sie können nicht durch Messung nachgewiesen werden. Aufgrund der auftretenden Phänomene und im Hinblick auf eine einheitliche Theorie ist es nur vernünftig, sie zu erfinden.

Ergebnis der methodisch-lerntheoretischen Analyse.

Obwohl der Lehrer erfolgreich die Schüler "dort aufsuchte, wo sie sich befanden", gelang es ihm nicht, sie auch dort "abzuholen." Vorhandene Strukturen des Denkens wurden nicht aufgenommen und erweitert. Vielmehr wurde versucht, "von oben" neue Elemente "einzufüllen". Es bestehen deshalb erhebliche Zweifel, ob die Schüler wirklich etwas gelernt haben. Es besteht der Verdacht, daß lediglich ihr Reservoir kluger Sprüche um ein paar weitere angereichert wurde.

Wolfhard Horn

Grundlagen der Elektrotechnik - Durchdachte Praxis
oder ein Tabu?

(Ein kritischer Aufriß zur Standortbestimmung)

Jeder von uns kennt die Situation: Der Lehrende hat den Lernenden ein technisches Problem gestellt. Erwartungsvoll beobachtet er die Lösungsversuche, jedoch nach und nach verdichtet sich seine erste Ahnung zur manchmal entmutigenden Gewißheit: Die Lösungsversuche sind völlig ungeeignet, ja naiv; die Lernenden verfügen offensichtlich nicht über die elementarsten elektrotechnischen Grundlagen. Jeder von uns kennt auch die Klagen unter Kollegen über diese immer wiederkehrende Situation, die sich häufig dadurch umso bedrückender darstellt, als in der Praxis nun in der Regel guter Rat sehr schwer ist, weil die Fülle des Stoffes in der Fachbildung eigentlich gar keine Zeit läßt, um Versäumtes nachzuholen.

Was ist in dieser Situation didaktisch zu tun? Was ist vorher in der Phase der Grundbildung zu tun, damit die Grundlagen in der Phase der Fachbildung zur Verfügung stehen? Wie soll man die fehlenden Grundlagen nachholen? Häufig wird man feststellen, daß Grundlagen vorher schon mehrfach nachgeholt und wiederholt wurden, ohne daß sich die Situation verbesserte. Was ist falsch "gelaufen"?

Wenn man diese Situation nicht durch die Hoffnung auf einen Zufallstreffer bei blindem didaktischen "Herumtrabsen", sondern mit didaktischer Vernunft verbessern will, muß man sich Klarheit darüber verschaffen,

- was denn die Grundlagen der Elektrotechnik sind,
- warum denn genau das Grundlagen der Elektrotechnik sind und
- welche Funktionen wir im einzelnen beim Handeln der Lernenden von diesen Grundlagen erwarten.

Dies sind didaktische Grundfragen von offensichtlich hoher Praxisbedeutung. Deshalb habe ich diese Fragen

im Rahmen der Lehrerausbildung bei der Arbeit mit Referendaren einmal aufgegriffen. Dazu habe ich zunächst Referendare gebeten, ihre Ausbildungslehrer einmal zu befragen, was sie meinen, wenn sie in der o.a. oder ähnlicher Weise von "Grundlagen der Elektrotechnik" sprechen und warum denn diese Grundlage ist und jenes nicht. Es war das Ziel dieser Befragung, eine erste Anschauung von der Bandbreite der Begrifflichkeit "Grundlagen der Elektrotechnik" zu erhalten, mit der unterschiedliche, erfahrene Kollegen denken.

Das Ergebnis war zunächst einmal in folgendem Punkt äußerst denkwürdig: Obwohl ich davon ausgehen kann, daß die Referendare ihre Bitte um Antwort jeweils nicht ungeschickt vorgetragen haben, stieß diese Bitte auf durchgängige, z.T. höfliche, z.T. sogar empörte Ablehnung. Von sieben Referendaren erhielt nur einer eine Antwort, die aus einem Satz bestand und ein zweiter den Hinweis auf den gültigen Lehrplan. Ich glaube dabei nicht mehr an einen Zufall, nachdem ich anschließend die Erfahrung machte, daß auch ich selbst eng befreundete Kollegen fast ausnahmslos nur sehr schwer zu einer Antwort bewegen konnte.

Nun reizt es natürlich, über die Gründe zu spekulieren. Wird das Thema 'Grundlagen' tabuisiert? ("Wie kann man so etwas überhaupt in Frage stellen?!") Wird es vielleicht sogar als aggressiv und verletzend empfunden, einen elektrotechnischen und pädagogischen Fachmann danach zu fragen? Ein Lehrender kennt eben seine Grundlagen und weiß, was Grundlagen sind, und das genügt. Jedoch gerade die Tabuisierung sollte uns veranlassen zu fragen: Kennt ein Lehrender seine Grundlagen und weiß er, was Grundlagen sind? Vielleicht lassen sich die häufigen und vielfältigen praktischen Schwierigkeiten in Ausbildung, Lehre und Unterricht mit den elektrotechnischen Grundlagen wesentlich auf den möglichen Umstand zurückführen, daß im Denken der Lehrenden diese Grundlagen der Elektrotechnik zu selbstverständlich aus dem "fertigen", vorgegebenen System einer (ingenieurbezogenen) Fachwissenschaft übernommen

und nicht deutlich genug als didaktisches Problem artikuliert wurden. Vielleicht fragen Sie, lieber Leser, sich an dieser Stelle auch einmal, ob Sie für sich schon jemals ernsthaft didaktisch in Frage gestellt haben, was denn für Ihre Ausbildung/Lehre/Unterricht Grundlagen der Elektrotechnik sind. Vielleicht vergegenwärtigen Sie sich Ihre Antwort und vergleichen sie mit den Antworten, die ich trotz einiger Mühen erhalten habe. Deshalb will ich nun einige der Aussagen ohne besondere Ordnung hier vorstellen. (Dabei muß man wissen, daß die hier befragten Kollegen im Bereich der Berufsschule und z.T. im Bereich der Fachoberschule unterrichten.)

- 1.1 Mathematische Verfahren, die die Handhabung der elektrophysikalischen Zusammenhänge ermöglichen (Grundrechenarten, Verhältnisrechnen, einfache Gleichungen, Dreisatz)
- 1.2 Grundsätzliche Erschließungsverfahren für elektrophysikalische Zusammenhänge (z.B. Modelle)
- 1.3 Praktischer Umgang mit elektrotechnischen Geräten und Anlagen (z.B. Leitungsverlegung, Sicherheitsmaßnahmen)
- 1.4 Theoretische Begriffe und Zusammenhänge, die für alle elektrotechnischen Berufe (Ausbildungen) notwendig sind (z.B.: Strom, Spannung, Ohmsches Gesetz)
- 2 Erarbeitung von Denkwerkzeugen zur Analyse von elektrischen Maschinen und Geräten (z.B. Gesetzmäßigkeiten im Gleichstromkreis, Modellvorstellung 'Ersatzschaltbild'). Beispiel: Erarbeitung der Schutzmaßnahme Nullung über die Analyse des Fehlerstromkreises mit der Grundlage 'Ersatzschaltbild'.
- 3 Bausteine eines Fundamentes, das Verständnis von Zusammenhängen ermöglicht. Dazu gehören der Modellbegriff und verschiedene einzelne Modelle. Bei der Erarbeitung des Modellbegriffs ist es wichtig, daß Lernende den Umgang mit Analyse Kriterien lernen, um die Idealisierung von Realität durchführen zu können. Zu den einzelnen Modellen gehören: Leitungsmechanis-

mus in Gleichstromkreisen, Energiebetrachtungen, verzweigte Stromkreise, schwingende Energiequellen.

- 4 Maschen und Knoten im Gleichstromkreis (Strom, Spannung, Widerstand, Leistung, el. Arbeit, Wirkungsgrad), Maschen und Knoten im Wechselstromkreis (x_L , x_C , $Z, P, S, Q, \cos \varphi$), Feldbegriff, Spannungen, Ströme und Leistungen in Drehstromnetzen (Stern- und Dreieckschaltung), Grundlagen elektr. Maschinen (Gleichstrommotor, Drehstrommotor, Transformatoren, Gleichrichter - bezogen auf ihre Wirkungsweise - keine Kennlinien), Grundlagen der Meßtechnik (direktes Messen elektrischer Größen, einfache Meßumformer), Grundlagen der Elektronik (bis einfacher Verstärker und Kippstufen), Grundlagen der Digitaltechnik (einfache Problemlösungen mit Und-Oder-Verknüpfungen), Grundlagen der Steuer- und Regelungstechnik (Steuerketten, einfache Regelkreise), Beherrschung der Schutzmaßnahmen.

5.1 Landläufiger Begriff:

Grundlegende Gleichungen und Begriffe: Ohmsches Gesetz, Kirchhoffsche Gleichungen, Leistungsformeln, Zählpfeilsystem, Widerstandswert, Leitwert, Effektivwert, Berechnung einfacher Stromkreise.

5.2 Was ich unter Grundlagen verstehe:

Die Vermittlung wissenschaftsorientierten Arbeitens.

1) Lernen, die faßbare, konkrete Umwelt (z.B. elektrischer Heizlüfter) zu beobachten, zu beschreiben, alle elektrischen Erscheinungen der Dinge zu erfassen.

Methoden entwickeln, Erscheinungen genauer zu untersuchen, zu quantifizieren (Meßtechnik), Zusammenhänge - Abhängigkeiten von Erscheinungen festzustellen, Ergebnisse sinnvoll festhalten zu können (Versuchsprotokolle).

2) Methoden der Theoriebildung. Zusammenhänge bewerten, Wichtiges von Unwichtigem unterscheiden, Schlüsse ziehen, abstrahieren, Wesentliches herausarbeiten, Begriffe bilden (Stromstärke, Spannung).

3) Theoriebildung erneut am Praktisch-Konkreten überprüfen, Fehler feststellen und korrigieren. Erkennen, daß es einen ständigen Prozeß Praxis-Theorie-Praxis bei der Erkenntnis der realen Umwelt geben muß.

4) Den Gegenstand im Zusammenhang sehen; im naturwissenschaftlichen, im technischen, im ökonomischen, im ökologischen, im soziologischen, soweit das möglich ist.

- 6 Feldbegriff, Struktur des Gleichstromkreises, Dualitätsprinzip, Kenntnis des Gültigkeitsbereichs elektrotechnischer Aussagen, Beschreibung der Umsetzung elektrischer Energie in andere Energieformen, Bruchrechnen und algebraische Umformungen.
- 7 Zu den Grundlagen der Elektrotechnik gehören die Verknüpfungen der elektrischen Größen Strom, Widerstand, Spannung, Arbeit, Leistung, des einfachen und verzweigten Gleich- und Wechselstromkreises in Verbindung mit den Eigenschaften der Bewegung, der Wärme, der chemischen und magnetischen Wirkungen, soweit sie prinzipiell auftreten.

Unter den folgenden Ziffern sind die Aussagen von Referendaren angefügt, die am Beginn ihrer Ausbildung stehen.

8.1 Physikalische Grundbegriffe: Zeit, Masse, Beschleunigung, Geschwindigkeit, Kraft, Vektoren, Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad.

Elektrotechnische Grundbegriffe: Strom, Spannung, Widerstand, Gleichstrom, Wechselstrom, Spule, Kondensator, Aufnahme von Kennlinien.

8.2 Begründung: Um später die Anwendungsgebiete (Motoren, Generatoren, Meßgeräte usw.) erklären zu können, müssen diese Begriffe beherrscht werden und sind deshalb wichtige Grundbegriffe, die in der Unterstufe elektrotechnischer Klassen behandelt werden müssen.

9.1 Zu den Grundlagen gehören physikalische Kenntnisse, die in allen Bereichen der Elektrotechnik grundle-

gende Bedeutung haben: Ladung, elektrostatische Begriffe, die grundlegende Zusammenhänge klären, Spannung, Strom, Widerstand, Arbeit, Leistung, Magnetismus.

- 9.2 Zu den Grundlagen gehört das Kennen einfacher Bauelemente, d.h. Aufbau und Wirkungsweise (Widerstand, Kondensator, Spule, Schalter usw.)
- 9.3 Zu den Grundlagen gehört die Kenntnis des einfachen Stromkreises (Gleich- und Wechselstromkreis)
- 9.4 Zu den Grundlagen gehört das Prinzip der Erzeugung elektrischer Energie, die Stellung der elektrischen Energie innerhalb der Gesamt-Energieversorgung (ökonomische Interessen, Umweltschutz etc.)
- 10 Zeichnerische Darstellung (einfache Schaltungen, Diagramme, Kennlinien), Kenntnis physikalischer Größen (Arbeit, Energie, Kraft, Stromstärke, Spannung), Verhalten der elektr. Bauelemente (Widerstand, Spule, Kondensator), Fähigkeit, Schaltungen zu beschreiben und aufzubauen, z.B.: Messung von Stromstärke, Spannung, Widerstand, Leistung.
- 11 Als Grundlagen sehe ich das Wissen um jene Bauteile, Definitionen, Themenbereiche an, mit deren Hilfe der Schüler einen Einblick, bzw. einen "grobem" Überblick in die Fachthematik gewinnt. Die Grundlagen ermöglichen ihm, komplexe, umfangreiche Arbeiten, bzw. Theorien darauf aufzubauen und einsichtig zu machen.
Der Schüler soll z.B. folgendes können bzw. kennen:
Vier Rechenarten, U,I,R,P,C,L.
- 12.1 Arbeit, Energie, Leistung
Durch Erarbeitung dieser Begriffe kann der Schüler Analogien herstellen, die es ihm ermöglichen, bekannte mechanische Vorgänge auf entsprechende elektrische zu übertragen.
- 12.2 Gleich-, Wechselstromkreis
Der Schüler erwirbt die Fähigkeit, anhand einfacher Schaltkreise alle wesentlichen Methoden zu erlernen,

die er bei der Analyse auch komplexer Schaltkreise anwenden muß (Knoten- und Maschenregel, Ohmsches Gesetz)

12.3 Meßübungen, Demonstrationen

Durch das Vorstellen praktischer Schaltungen wird die Theorie "glaubwürdiger", d.h., der Schüler erkennt, daß sein theoretisches Wissen ihn in die Lage versetzt, Vorgänge in der Praxis vorauszubestimmen.

12.4 Erzeugung elektrischer Spannungen

Das Verständnis von Energieumwandlungen -chemisch-elektrisch, kinetisch-elektrisch- versetzt den Schüler in die Lage, auch andere Umwandlungen einzusehen. Es eröffnet ihm die Möglichkeit, auch technisch relevante Umwandlungen nachzuvollziehen.

12.5 Werkstoffkunde, mechanische Grundlagen

- 13 Grundlagen im Fach Elektrotechnik bezeichnen das Wissen, das unbedingt notwendig ist, um die Zusammenhänge in diesem Fach zu verstehen und den Schüler somit zu befähigen, für ihn "neue Phänomene" zu erklären.
- 14 Grundlagen beherrschen beinhaltet, daß der Schüler physikalische und elektrotechnische Grundkenntnisse versteht und diese auch sinnvoll anwenden kann.

Natürlich können diese kurzen Aussagen keine tiefsinnigen Rückschlüsse über die einzelne antwortende Person zulassen. Dies erforderte sicher ein differenziertes Gespräch und vor allem eine sorgfältige Analyse des konkreten Unterrichts. Und natürlich stehen diese Aussagen nicht repräsentativ für irgendeine Personengruppe. Aber darum ging es ja auch gar nicht. Die Aussagen vermitteln jedoch einen Einblick in die Bandbreite und die Vielfalt der möglichen Auffassungen, die in der Praxis offensichtlich vorkommen und Bedeutung haben.

Wir sollten nun versuchen, in diese Vielfalt eine erste Ordnung zu bringen, um eine spätere Reflexion und Bewer-

tung des didaktischen Problems 'Grundlagen' zu ermöglichen. Die Aussagen lassen Merkmale oder Merkmalsbündel erkennen, mit denen sich mehrere Aussagen jeweils zusammenfassen lassen. Daher möchte ich solche erkennbaren Merkmalsbündel beschreiben und in Klammern die Ziffern der jeweiligen Aussagen anfügen, die diese Merkmale im besonderen erkennen lassen.

- Elektrotechnische Grundlagen werden durch einen "Stoffkanon" abgegrenzt. So, wie durch den Fächerkanon des traditionellen Gymnasiums "höhere Bildung" definiert wurde, gibt es Autoritäten, die mit einem Stoffkanon elektrotechnische Grundlagen definieren. Solche Autoritäten können z.B. sein: Bücher, Hochschulausbildung, Prüfungen, PAL-Aufgaben, Lehrpläne, Ausbildungsordnung. Je nach Bezugs-Autorität wirkt zur Abgrenzung ein bestimmtes Kriterium oder ein Bündel von Kriterien; z.B.: Das System der Fachwissenschaft, der Schwierigkeitsgrad von Aufgaben, die geschichtliche Entwicklung des Berufes oder einfach zufällige persönliche Erfahrung und damit persönliche Willkür. (1.4,4, ein Ausbildungslehrer verwies auf den Lehrplan, 5.1,6,7,9.2,9.3,9.4,10,12.5)
- Ein Inhalt wird erst dadurch zur Grundlage in der Elektrotechnik, daß er in bestimmter Weise in Ausbildung/Lehre/Unterricht behandelt wird und damit als grundlegendes Denkwerkzeug in der Elektrotechnik "präpariert" wird. (2,3)
- Mit Grundlagen werden nicht bestimmte Stoffgebiete unterschieden, sondern es kommt im wesentlichen auf die Beherrschung wichtiger, immer wiederkehrender Methoden an. (5.2,12.2)
- Grundlagen bezeichnen ein Orientierungswissen, mit dem man sich in der gesamten Elektrotechnik oder im Beruf zurechtfinden kann und das je nach Bedarf und Einsatz mit spezialisiertem Fachwissen aufgefüllt und ergänzt werden muß. (11)
- Elektrotechnische Grundlagen sind eine Art Vorleistungen,

die man erst erfüllen muß, bevor man mit der "eigentlichen" Technik beginnen kann. Im besonderen sind hier die physikalischen, aber auch die mathematischen Grundlagen zu nennen. (1.1,1.2,8.1,9.1,12.1)

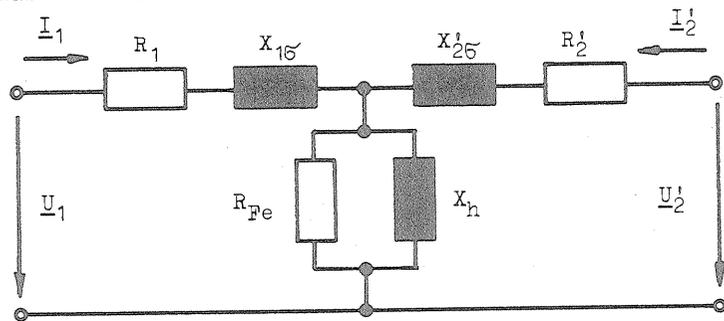
- Die Grundlagen werden durch die Bindung an einen bestimmten Technikbegriff bestimmt. Wenn man technische Gegenständlichkeit nicht z.B. ideologisch auf die Anwendung von Physik verkürzt, dann reicht eben die Kenntnis physikalischer Gesetze nicht aus, um Technik zu verstehen. Wenn man z.B. nicht ökonomische und kommunikative Aspekte grundlegend aufnimmt, dann kann man sich z.B. das die technische Realität wesentlich bestimmende Gebiet der Normung nur noch auswendig antrainieren, aber nicht mehr einordnen und damit nicht mehr verstehen. (5.2,9.4)
- Grundlagen werden verstanden als das Fundamentale. (Klafki würde sagen: Das Exemplarische) (13)

Es liegt auf der Hand, daß -je nach Begrifflichkeit- sehr unterschiedliche didaktische Konsequenzen nahe liegen. So wird man z.B. -je nach Begrifflichkeit- zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen auf die Frage kommen, ob die Behandlung der Grundlagen am Anfang, am Ende oder fortlaufend während der Ausbildung zeitlich eingeordnet werden soll. Diese Einzelfragen möchte ich an dieser Stelle nicht diskutieren, sondern vielmehr mit einem Beispiel eines Unterrichtsausschnittes noch einmal grundsätzlich hervorheben, daß es sich bei der Frage nach den elektrotechnischen Grundlagen um ein didaktisches und nicht um ein fachwissenschaftliches Problem handelt:

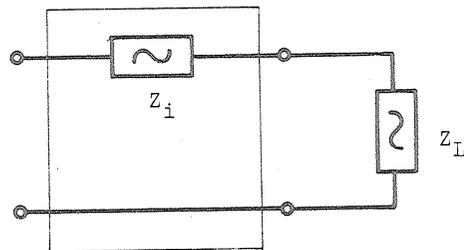
In einer Oberstufenklasse Energieanlagenelektroniker in der Berufsschule mühte ich mich, Schülern zu helfen, sich ein tragfähiges Ersatzschaltbild des Energietransformators zu erarbeiten. Ich orientierte mich dabei an folgendem Weg:

Ich konnte davon ausgehen, daß sich die Schüler als Vorwissen das Ersatzschaltbild als Beschreibungsmodell und

Berechnungsgrundlage der elektrischen Eigenschaften eines Gerätes oder einer Anlage angeeignet hatten. Endziel war das Verständnis des bekannten Ersatzschaltbildes:



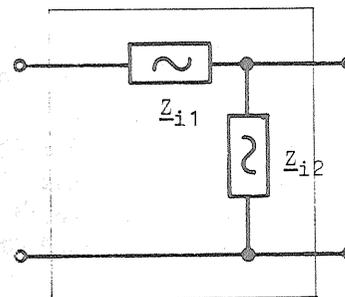
So hatten wir begonnen, die elektrischen Eigenschaften des Transformators bei Belastung mit einem Belastungsversuch zu untersuchen. Das Absinken der Spannung konnten die Schüler mit folgendem Ersatzschaltbild erklären:



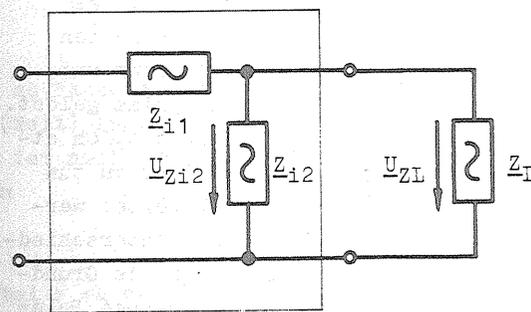
(Um das Problem der magnetischen Koppelung und ihrer Darstellung im Ersatzschaltbild zunächst auszuklammern, hatte ich $N_1/N_2 = 1$ gewählt.)

Als Eigenschaft im Leerlauf beobachteten und fixierten die Schüler, daß sich an der Ausgangsseite bei exakter Betrachtung ein kleinerer Spannungswert einstellte, als der errechnete. (Die einfachen Berechnungen am Transformator hatten die Schüler in der Mittelstufe gelernt.) Um diese Eigenschaft in den Griff zu bekommen, ließen

sich die Schüler das folgende Ersatzschaltbild einfallen:



An dieser Stelle fragte ich nun die Schüler, ob denn mit diesem Ersatzschaltbild auch noch die elektrische Eigenschaft bei Belastung richtig beschrieben wird. Mehrere Schüler antworteten selbstsicher mit "Nein" und ein Schüler führte stellvertretend für viele mit einer Skizze und wörtlich dazu aus:



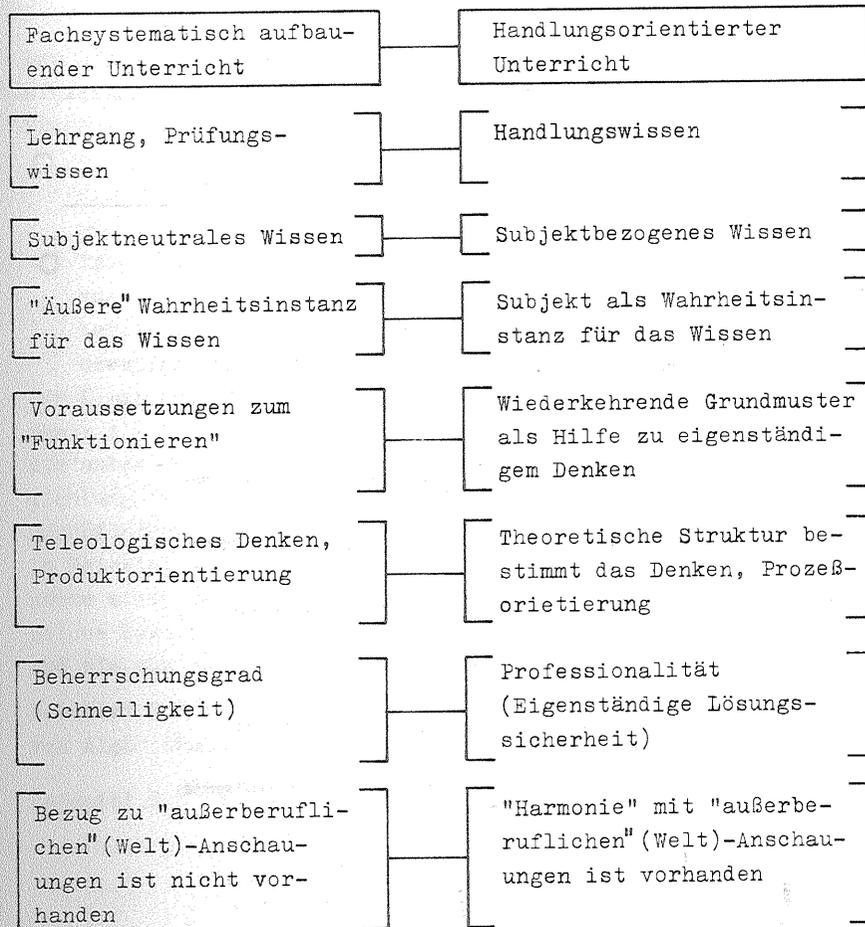
" $U_{Zi2} = U_{ZL}$; Die Ausgangsspannung sinkt nicht bei Belastung, weil bei Parallelschaltung die Spannung an den parallel geschalteten Widerständen gleich ist."

Da war es wieder, das kleine Schockerlebnis des Lehrers, das ich eingangs erwähnt habe. Nun konnte ich mich zwar damit trösten, daß ich erst seit wenigen Wochen diese

Schüler unterrichte. Leider ist es jedoch wohl so, daß ich mir ganz und gar nicht sicher bin, daß dies nicht passiert wäre, wenn ich diese Schüler vorher in der Mittelstufe unterrichtet hätte.

So brach ich an dieser Stelle zunächst den Unterricht über den Transformator ab und stellte zwei Aufgaben zum Spannungsteiler. Bei der ersten Aufgabe sollten an einem Spannungsteiler die Spannungsteilerwiderstände berechnet werden. Bei der zweiten Aufgabe sollte angegeben werden, wie der Spannungsteiler zu bemessen ist, wenn sich die Ausgangsspannung bei schwankendem Laststrom nur wenig ändern soll. Beide Aufgaben wurden ohne Schwierigkeiten gelöst. Zur ersten Aufgabe stand schnell der richtige Wert auf dem Papier, bei der zweiten Aufgabe das offensichtlich brav gelernte Sätzchen. Der "Stoffkanon" war erfüllt, das didaktische Problem aber ebenso offensichtlich nicht gelöst. Der Spannungsteiler war für die Schüler nicht zur Grundlage geworden.

Aber: Dieses didaktische Problem entstand überhaupt erst durch diese Art des Unterrichts. Hätte ich den Schülern das Ersatzschaltbild vorgetragen oder vorgegeben, das Problem wäre gar nicht aufgetaucht, die Schüler hätten das fertige Ersatzschaltbild wiederum brav gelernt und hätten entsprechende Rechenaufgaben wiederum prima gelöst. Die Frage nach den Grundlagen muß also offensichtlich etwas mit der jeweiligen Auffassung von Unterricht zu tun haben und kann nur von hier aus didaktisch bewertet werden. Deshalb möchte ich das Spannungsfeld der unterschiedlichen Unterrichtsauffassungen im Hinblick auf die Grundlagenfrage hier mit der kurzen Darstellung von zwei Polen aufreißen, die zwar etwas grob "gehauen" sind, als erste Orientierung vielleicht jedoch schon einige Klarheit in bezug auf die Einordnung der ob. dargestellten unterschiedlichen Grundlagenbegrifflichkeiten in die jeweilige Unterrichtsauffassung bewirken können.



Ich stelle es dem Leser an dieser Stelle anheim, sich die Mühe zu machen und seine Auffassung von elektrotechnischen Grundlagen seiner Auffassung von Unterricht im einzelnen zuzuordnen und didaktisch zu bewerten.

Ich würde mich über einen Leserbrief freuen, in dem z.B. thematisiert ist, ob es gelingt, mit diesem Ansatz zu einer besseren Ordnung und zu einem schärferen Bewußtsein und damit zu einem besseren Unterricht zu kommen.

Um in die Problematik einzuführen, sollen zunächst drei idealtypische Beispiele untersucht werden.

(1) Eine partielle Analyse

Beispiel A : Ein beliebiges Rechenbeispiel aus einem beliebigen Fachrechenbuch für elektrotechnische Grundbildung in der Berufsausbildung ¹⁾:

Lösen von technischen Aufgaben

Es ist zweckmäßig, technische Aufgaben nach folgendem Lösungsschema zu lösen.

Beispiel: Ein Kupferleiter mit einem Querschnitt von 2,5 mm² hat einen Widerstand von 2 Ω. Wie lang ist der Leiter?

1. Gegebene physikalische Größen herausschreiben.

Gegeben: $\rho_{Cu} = 0,01786 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
 $A = 2,5 \text{ mm}^2$
 $R = 2 \Omega$

2. Gesuchte physikalische Größen herausschreiben.

Gesucht: $l = ? \text{ m}$

3. Die für die Lösung der Aufgabe notwendige physikalische Größengleichung angeben.

Lösung: $R = \frac{\rho_{Cu} \cdot l}{A}$

4. Auflösen der Gleichung nach der gesuchten Größe.

$$l = \frac{R \cdot A}{\rho_{Cu}}$$

5. Gegebene physikalische Größen einsetzen.
 (wichtig: Zahlenwerte und Einheiten einsetzen).

$$l = \frac{2 \Omega \cdot 2,5 \text{ mm}^2}{0,01786 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}}$$

6. Zahlenwerte und Einheiten so weit wie möglich kürzen.

$$l = \frac{2 \cancel{\Omega} \cdot 2,5 \text{ mm}^2 \cdot \text{m}}{0,01786 \cancel{\Omega} \cdot \text{mm}^2}$$

7. Mit Zehnerpotenzen rechnen!

$$l = \frac{5 \text{ m}}{1,786 \cdot 10^{-2}} = \frac{5 \cdot 10^2}{1,786} \text{ m}$$

8. Überschlagsrechnung

$$\frac{500}{1,786} \approx 500 : 2 = 250$$

9. Genaue Wert mit Rechenschieber berechnen.

$$l = 280 \text{ m}$$

Das Lösungsschema besticht durch seine Klarheit und Präzision. Trotzdem müssen aus didaktischer Sicht folgende Fragen gestellt werden :

- Kennen die Lernenden die mathematischen Instrumente, die sie in diesem oder entsprechenden Beispielen anwenden begrifflich und nicht nur algorithmisch ?
- Trägt das 'Umstellen' der Formeln als formaler Vorgang zum Verständnis der Sache bei, wird die qualitative Erfassung über die quantitative Berechnung zu erreichen versucht ?

Zur Klarstellung :

Damit die Kritik, die in den Fragen angedeutet ist und die unten verdichtet werden soll, nicht in die falsche Richtung führt, sei betont: Nicht die ein- oder mehrmalige Durchführung solcher oder ähnlicher Rechentechniken wie im Beispiel A gezeigt, wird hier kritisiert, sondern Ansätze einer mathematikdidaktischen Theorienbildung, die solche Handlungsabläufe zu Lern- und Denkmustern erklärt und sie als solche verteidigt.

Beispiel B,C : Zwei beliebige Beispiele für die Ermittlung von Algorithmen aus scheinbar realen Meßvorgängen :

Beispiel B ²⁾ :

Für die Abhängigkeit des Stromes I von der Spannung U erhält man für $R = 100 \Omega$ folgenden Zusammenhang:

$\frac{U}{V}$	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$\frac{I}{A}$	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2

Man erkennt, daß für je zwei zusammengehörige Werte von U und I ein bestimmter Zusammenhang besteht.

Der Quotient $\frac{U}{I}$ ergibt immer die gleiche Größe.

$$\frac{U}{I} = 100 \frac{V}{A} = 100 \Omega$$

Da die Verhältnisse $\frac{U}{I}$ immer den gleichen Proportionalitätsfaktor ergeben, können wir folgende Proportionsgleichung schreiben:

$$\frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2} \quad U_1 : I_1 = U_2 : I_2$$

Durch Umformen der Gleichung erhalten wir:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

Die Gleichung besagt, daß Spannung und Strom direkt proportional sind.

Beispiel C 3) :

Temperatur und Leiterwiderstand

Der elektrische Widerstand eines Leiters ist nicht nur von der *Länge*, dem *Querschnitt* und dem *Werkstoff* abhängig, sondern auch von der *Temperatur*. Messungen haben ergeben, daß der Widerstand der üblichen Leitermetalle je Grad Temperaturerhöhung um etwa 0,4% zunimmt.

Die Größe der prozentualen Widerstandsänderung je Grad Temperaturänderung wird als *Temperaturkoeffizient* bezeichnet.

Werkstoff	Aluminium	Chrom-Nickel WM 110	Eisen WM 13	Kupfer	Nickel	Stahl	Wolfram	Kohle	Konstantan WM 50
Temperaturkoeffizient	+0,004	+0,0001	+0,0042	+0,0039	+0,0042	+0,0052	+0,0041	-0,0002 bis -0,0007	+0,000015

Mit Hilfe des Temperaturkoeffizienten kann man die Widerstandsänderung wie folgt errechnen:

$$\Delta R = R_k \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$[\Delta R] = \Omega \cdot \frac{1}{K} \cdot K = \Omega$$

R_k = Widerstand in kaltem Zustand in Ω

α = Temperaturkoeffizient in $\frac{1}{K}$

$\Delta \vartheta$ = Temperaturänderung in Kelvin

Setzt man in die Gleichung für R_w wie Größe $\Delta R = R_k \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$ ein, so ergibt sich der *Warmwiderstand*: $R_w = R_k + R_k \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$

$$R_w = R_k (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta)$$

Beispiel

Die Wicklung eines Relais hat bei 20°C einen Leiterwiderstand von 200 Ohm. Wieviel Ohm beträgt der Leiterwiderstand bei einer Wicklungstemperatur von 80°C?

Lösung

Gegeben: $R_k = 200 \Omega$; $\vartheta_1 = 20^\circ\text{C}$; $\vartheta_2 = 80^\circ\text{C}$; $\alpha = 0,004 \frac{1}{K}$

Gesucht: R_w

$$\begin{aligned} R_w &= R_k (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta) \\ &= 200 \Omega (1 + 0,004 \cdot \frac{1}{K} \cdot 60 \text{ K}) \\ &= 200 \Omega (1 + 0,24) \\ &= 200 \Omega \cdot 1,24 = 248 \Omega \end{aligned}$$

Für Leiterwerkstoffe mit *negativem Temperaturbeiwert* ergibt sich der Warmwiderstand zu:

$$R_w = R_k - R_k \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$R_w = R_k (1 - \alpha \cdot \Delta \vartheta)$$

*) Die Berechnungsformel ist sachlich falsch

Auch diese Beispiele sind klar gegliedert, doch sie unterstellen, daß Naturphänomene nach der Gültigkeit mathematischer Gesetzmäßigkeiten ablaufen.

Es muß weiter gefragt werden :

- Wird den Lernenden bewußt, daß sie in einer Modellwelt handeln, sind ihnen die Idealisierungen, die Randbedingungen und die Gültigkeitsbereiche des Aussageumfangs der 'Formeln' bekannt ?
- Wird den Lernenden die künstliche Setzung der linearen Approximation beim Übergang von der empirischen Funktion zur analytischen Beschreibung bewußt ?

Der Leser wird sich fragen, was die Behandlung der fachkundlichen Sachverhalte mit 'Fachrechnen' zu tun hat. Liegen die hier aufgezeigten Mängel nicht in einer defizitären Technik- oder Physikdidaktik begründet ?

Die Frage ist zu bejahen, einleuchtend ist aber auch die unlösbare Verbindung zur Mathematikdidaktik, weil die Mathematik durch die Bereitstellung adäquater Modelle und Methoden stets an der Theorienbildung der Technik mitwirkt.

Der vorliegende Beitrag soll nicht eine umfassende Kritik des Fachrechnenunterrichts vornehmen. Es geht nur um zwei zentrale Anliegen :

- ▷ Förderung des begrifflichen Denkens und
 - ▷ Förderung des wissenschaftsorientierten Unterrichts
- Die gezeigten Beispiele dienen lediglich zur Konkretisierung der grundsätzlichen Absichten:

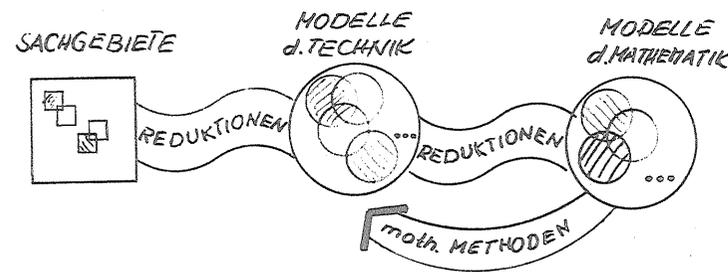
- Es sollte gezeigt werden, das Fach 'Fachrechnen' benutzt oft die mathematischen Modelle nur als formales Instrument zur Bestimmung quantitativer Größen.
- Trotz der semantischen Besetzung der Formeln (hier : p,A,R,I,I) besteht die Gefahr, daß sich die Handlungen der Lernenden nicht eigentlich auf technische Sachzusammenhänge beziehen.

- Vielfach beschränkt sich die mathematische Aktivität auf das Suchen der fehlenden Größe in der Aufgabenstellung anhand des vorgegebenen Algorithmus und auf die Umstellung der Formel nach dieser Größe, wobei der technische Sachverhalt bereits exakt auf das mathematische Modell zugeschnitten wird.
- In diesen Fällen verkehrt sich die Mittel - Zweck - Relation : Die geforderten Rechentechniken werden zum Zweck der Handlungen, sie funktionieren losgelöst von ihrem eigentlichen Sinn, nämlich Mittel zur Erkenntnis von Sachzusammenhängen zu sein.
Der eigentliche Fehler aber besteht nicht in der Absicht, neue Größen quantitativ zu erfassen, sondern im Überspringen der Phase des qualitativen Erfassens mit adäquaten Methoden, im vorschnellen Vordringen in die Modellwelt der Algorithmen, denn Algorithmen funktionieren auch blind, mit ihrer Hilfe können mühevoll qualitative Einsichten umgangen werden.
- Ein häufig auftretender Mangel ist die Gleichsetzung von Modell und Realität.

(2) Die didaktische Fragestellung

Eine zentrale Frage des Fachrechenunterrichts heißt also: Wie kann mit Hilfe mathematischer Methoden die qualitative Erkenntnis von technischen Sachzusammenhängen eingeleitet, gestützt und vertieft werden? Im Sinne dieser Fragestellung heißt angewandte Mathematik : die Anwendung spezifisch mathematischer Methoden der Erkenntnisgewinnung auf technische Sachgebiete. ⁴⁾

Der Prozeß dieses Vorgehens ist entscheidend. Die durch Idealisierung von realen Sachgebieten vorgenommenen Reduktionen werden nicht übergangen, die mathematischen Methoden thematisiert.



Ein zentrales Anliegen dieses Mathematisierungskonzepts ist das 'begriffliche' Erfassen von Sachzusammenhängen. In seinem Buch "Mathematik als pädagogische Aufgabe", Bd.1, legt H.Freudenthal seinen Lesern folgendes Gedankenexperiment zur Lösung vor :

"Man hat ein Glas Weißwein und ein Glas Rotwein; sie sind gleich voll. Nun tut man von dem Weißwein einen Teelöffel voll in den Rotwein, rührt um, und tut von der Mischung einen Teelöffel voll zurück in das Weißweinglas. Ist nun mehr Rotwein im Weißweinglas als Weißwein im Rotweinglas, oder ist es umgekehrt ?"

Wie würden Sie das Problem lösen? - Vermutlich können Sie Ihr Lösungsverhalten einem der folgenden zwei Lösungswege zuordnen :

Ansatz A : "Man nenne den Inhalt eines Glases V_a , den eines Löffels V_b ... Gedankliches Kramen in den Schubladen, in denen die Lösungsformeln für die Probleme des Mischungsrechnens (vielleicht noch) schlummern..."

Ansatz B : Gedankliches Spielen mit dem Problem, umordnen, ergänzen ... variieren ..., plötzliches Erkennen von Zusammenhängen... etwa so : "Am Ende enthalten beide Gläser dieselbe Flüssigkeitsmenge; man denke sich in jedem Glas Weiß- und Rotwein getrennt. Der Rotwein im Weißweinglas muß im Rotweinglas fehlen, er ist da durch Weißwein ersetzt. Also ist im Weißweinglas soviel Rotwein wie Weißwein im Rotweinglas".

Ansatz A nennt Freudenthal einen algorithmischen, Ansatz B einen begrifflichen Lösungsversuch.

Aus einem so verstandenen Mathematisierungskonzept können folgende Konsequenzen abgeleitet werden :

(3) Konkretisierung

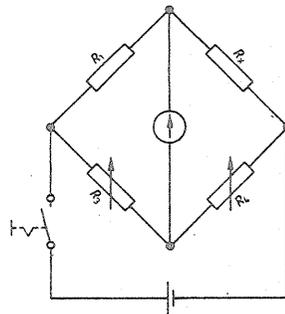
Zur Verdeutlichung des Mathematisierungskonzepts 'Anwendung der Mathematik' seien drei Beispiele vorgestellt :

Beispiel D : Zwei idealtypische Schemata eines erwünschten bzw. nicht erwünschten Lösungsverhaltens seien angeführt.

1. Nicht angestrebtes Lösungsverhalten :

Aufgabe : Bei einer Messung mit der Wheatstoneschen Brücke steht der Zeiger des Meßgerätes auf Null, wenn folgende Widerstände eingeschaltet sind: $R_1 = 400\Omega$, $R_3 = 500\Omega$ und $R_4 = 300\Omega$.

Wie groß ist der gemessene Widerstand R_x ?



$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_3}$$

Die Lernenden haben den Lösungsalgorithmus, auf den die Aufgabenstellung zugeschnitten ist, deduktiv kennengelernt. Ein mögliches Zitat aus einem beliebigen Fachbuch: 5)

Die Widerstandsbrückenschaltung

Werden in einer Parallelschaltung von vier Widerständen die Zweige durch eine leitende Verbindung „Brücke“ miteinander verbunden, so entsteht die Brückenschaltung. Durch die Einschaltung eines Strommessers in die Brücke wird aus der Brückenschaltung eine Meßbrückenschaltung.

Werden die Meßwiderstände so eingestellt, daß der Zeiger des Meßgerätes auf Null steht, so ist der Spannungsabfall zwischen A und C gleich dem zwischen A und D.

Es ergibt sich also: $I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_3$

Ebenso muß auch der Spannungsabfall zwischen C und B gleich dem zwischen B und D sein.

$$I_1 \cdot R_2 = I_2 \cdot R_4$$

Durch Division der beiden Gleichungen erhält man:

$$\frac{I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_3}{I_1 \cdot R_2 = I_2 \cdot R_4} \Rightarrow R_1 \cdot R_2 = R_2 \cdot R_3$$

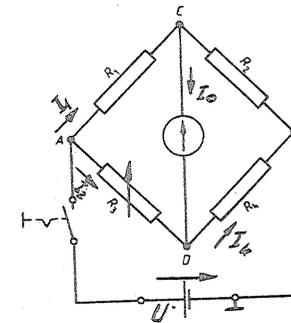
5) Dieser oder ähnliche sachliche Fehler sind häufig anzutreffen.

- Die Lernenden erkennen an der Anzahl und Art der Größen den Lösungsalgorithmus.
- Sie stellen den Lösungsalgorithmus nach der gesuchten Größe um, wenn dies erforderlich ist.
- Sie ersetzen die Größen durch die konkreten Werte und errechnen die Lösung.

Ein Anstoß zur begrifflichen Erfassung des Problems ist nicht gegeben.

2. Erwünschtes Lösungsverhalten :

Aufgabenstellung: Wie groß ist R_4 bei $I_4 = \text{const.}$ und $I_4^1 > I_4$?

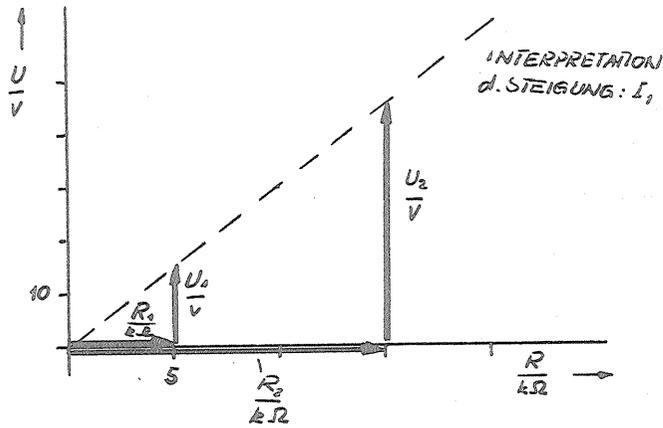


- $U = 60V$
- $R_A = 60V$
- $R_C = 15V$
- $I_4 = 2 \text{ mA}$
- $I_0 = 0A$, durch verstellbar von R_3
- $R_1 = 15k\Omega$
- $R_2 = 5k\Omega$

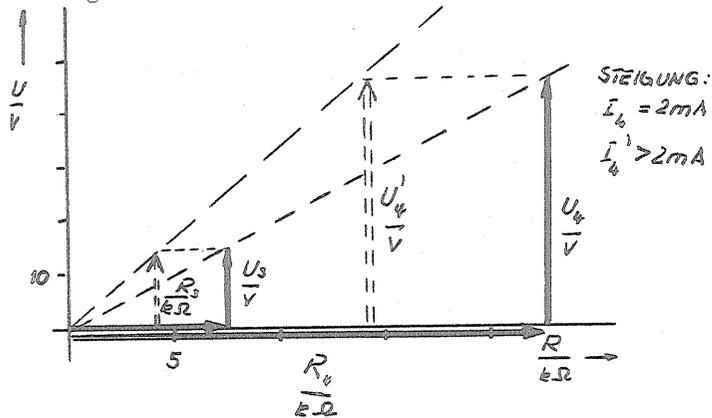
Anmerkung : Die Aufgabenstellung ist noch nicht auf die Anzahl der Varianten oder Invarianten eines bestimmten Lösungsalgorithmus hin konstruiert (Überdimensionierung). Die verschiedensten Lösungswege stehen offen.

- Die Lernenden ordnen das Problemfeld, variieren, analysieren, ...
- Mit zur Verfügung stehenden graphischen mathematischen Methoden (Proportionen, Strahlensätze, Diagramme, Pegelplan ...) wird die Lösung mit graphischer Exaktheit erreicht.

Stromweg von A über C nach B :



Stromweg von A über D nach B :



- Die graphischen Darstellungen sind hier als Endergebnisse vielfältiger Versuche dargestellt. Einzig benutztes mathematisches Modell ist der Strahlensatz.
- Die Methode der Proportionsbildung, die ohne äquivalente Termumstellung aus den graphischen Beziehungen hergeleitet werden kann, führt zur algorithmischen Behandlung.

$$\left(\begin{array}{c} \text{zu} \\ U_1 \\ R_1 \end{array} \right) \text{ wie } \left(\begin{array}{c} U_2 \\ R_2 \end{array} \right) \text{ zu} \quad \text{oder}$$

$$\left(\begin{array}{c} R_2 \\ R_1 \end{array} \right) \text{ wie } \left(\begin{array}{c} U_2 \\ U_1 \end{array} \right) \text{ zu} \quad , \text{ u.v.a.m.}$$

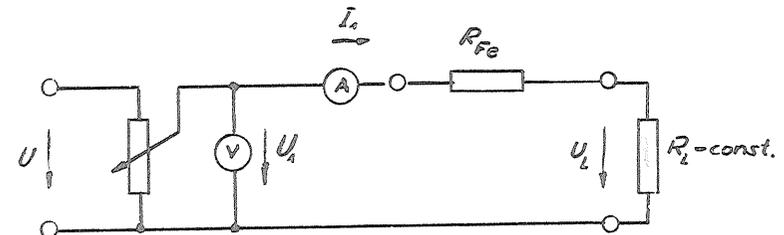
- Nicht die Reihenfolge, sondern die innere Verschränkung der Lösungsansätze ist entscheidend.

Der Sinn der beiden Lösungszugänge liegt jetzt offen, es sollte die Bandbreite aller möglichen Lösungswege markiert werden :

Die Lösung jeder Problemstellung unmittelbar auf der hohen, formalen Ebene der Algorithmen ist nicht nur oft unrationell (- dies ist aber nur ein Nebeneffekt), wesentlich ist, sie verhindert die ganzheitliche Durchdringung der Problemstellung vom Begrifflichen her.

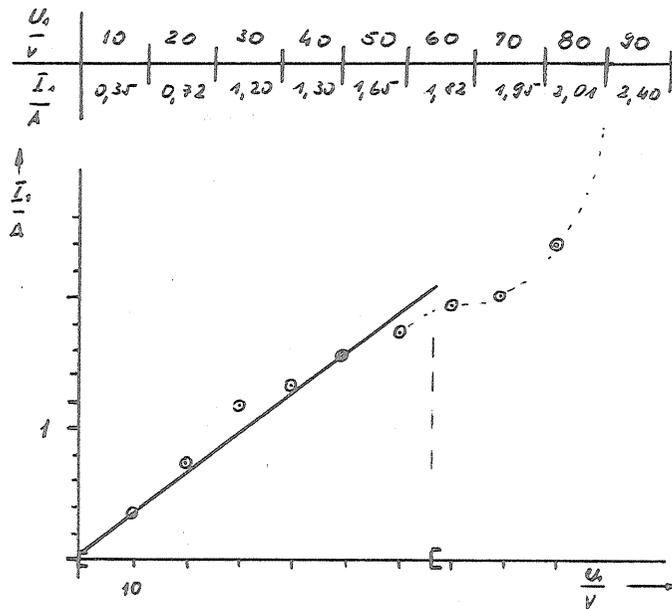
Beispiel E : Von der empirischen zur analytischen Funktion - Messung des Widerstandsverhaltens eines Eisendrahts .

- ▷ Versuchsaufbau und Messung
- ▷ Ersatzschaltung :



Nach eingehender Diskussion der Reduktionen von der Meß-

schaltung zur Symbolebene der Ersatzschaltung und der Fehlereinflüsse durch die Messung selbst, wird der Graph der empirischen Funktion gezeichnet.



Neben den technischen und physikalischen Fragestellungen, die beantwortet werden müssen, stellt die Mathematik dann ihre Instrumente bereit, wenn die Forderung nach der Berechenbarkeit der diskreten, empirischen Funktion gestellt wird.

Das mathematische Modell, das sich anbietet, ist hier die Potenzfunktion $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$,
 $x \mapsto a_1 x + a_0$,

die mathematische Methode ist die Approximation.

- Der Lehrer bietet das Verfahren auf graphischer Ebene an. "Eine gute lineare Approximation ist im Intervall von...bis...zu erreichen."

- Zwingend stellen sich die Fragen nach Interpolation und Extrapolation, nach Zahlenbereichen und Gültigkeitsumfang.

- Die Lernenden suchen den Algorithmus von der graphischen Ebene her. Sie variieren, analysieren, kontrollieren, ...

- $f: [,] \rightarrow \mathbb{Q}$,
 $\frac{U}{V} \mapsto \frac{I}{A} = G \frac{V}{A} \cdot \frac{U}{V}$

(4) Zusammenfassung

Aus den bisher geschilderten Sachverhalten lassen sich folgende grundlegende Forderungen an eine Didaktik des Mathematikunterrichts für Berufsschüler ableiten :

1. Nicht das E n d p r o d u k t der Mathematisierung, nicht die Vermittlung fertiger Algorithmen für technische oder physikalische Sachverhalte ist Zweck des Unterrichts, sondern die Vermittlung des Mathematisierungsprozesses. Der M a t h e m a t i s i e r u n g s p r o z e ß sollte mit der Analyse der Phänomene beginnen und diese beschreiben auf steigenden Sprachebenen mit verschiedenen Sprachmitteln bis hin zu Algorithmen - diese eingeschlossen.

2. Die Transparenz von naturwissenschaftlichen Phänomenen und technischen Problemen ist für Schüler nur dann zu erreichen, wenn eine Didaktik nicht nur Algorithmen vermittelt, sondern auf verschiedenen Sprachebenen Modelle und Methoden anbietet.

3. Mit mathematischen Modellen auf niedriger Sprachebene können Schüler zur Transparenz eines Problems und zur Erkenntnis der Zusammenhänge gelangen. Die Wahl einer algorithmischen Sprachebene sollte hohe Aussagegenauigkeit zur Vorbedingung haben.

4. Eine algorithmische Beschreibungsebene sollte erst dann angezielt werden, wenn die Problemstellungen begrifflich, verbal und graphisch erfaßt sind.

Die Anwendung dieser mathematikdidaktischen Grundsätze auf Bildungsgänge, die sowohl für berufliche als auch für höhere Abschlüsse qualifizieren, soll an dieser Stelle zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

ANMERKUNGEN

Zur Beachtung : Alle Auszüge aus der Schulbuchliteratur und ihre kritische Wertung richtet sich nicht gegen die zitierten Schulbücher; ihre Auswahl war rein zufällig.

- 1) Bauer u.a. , Grundstufe Elektrotechnik - Technische Mathematik 1, Verlag Handwerk und Technik, Hamburg 1975, S.37
- 2) Bauer u.a., a.a.O. , S.39
- 3) Heinrich,u.a., Fachrechnen für Elektriker, Verlag H.Stam, Köln-Porz, 1981⁴, S.84 f.
- 4) vgl. Wittmann, E., Grundfragen des Mathematikunterrichts, Braunschweig 1975³
- 5) Heinrich u.a., a.a.O., S.69 f.

G. Adolph

Vermittelt die Fachtheorie überhaupt Theorie?

Zur Frage der Denkerziehung in der beruflichen Bildung, dargestellt am Beispiel: elektrische Spannung.

1. Zur Begründung der Fragestellung.

1.1 Die Frage nach der Wirksamkeit des Theorieunterrichts.

Daß im berufstheoretischen Unterricht theoretische Inhalte auszumachen sind, steht außer Frage. Aber: kommen diese theoretischen Inhalte als Theorie zur Sprache und bewirken sie Theorie? Es ist ein uraltes Mißverständnis von Schule zu glauben, daß die Reproduktion verbalisierter Denkergebnisse ein Indikator für theoretisches Wissen sei. Aber Theorie ist nicht das "Eingefrorene". Theorie ist das, was sich als Ordnungsstruktur beim Denken und Handeln aktualisiert. Der Satz: "elektrische Spannung ist die Potentialdifferenz zwischen 2 Punkten eines elektrischen Feldes," ist nur für diese Person ein theoretischer Satz, die so denkt, die mit dem "Inhalt" dieses Satzes auf Realität wahrnehmend und handelnd zugeht. Der Satzinhalt selbst ist keine Theorie, seine sprachliche Reproduktion deshalb nichts Theoretisches. "Theorie als systematischste Form menschlichen Wissens ist nur dann wirklich Theorie, wenn ihre Begriffe Verweisungscharakter haben, wenn sie letztlich vermittelt sind mit gegenständlicher Erfahrung und Erkenntnis, wenn durch ihre Begriffe hindurch die benannten Sachverhalte wahrgenommen werden." (Rauner , 1981, S. 17)

Theorie hat mit Denken zu tun. So wie das Denken das "Tun ordnet" (Aebli, 1980) so ordnet eine Theorie das Denken. So wie Denken das Handeln entkonkretisiert und damit entspezialisiert, verallgemeinert eine Theorie das Denken und macht es so abstrakt. Theorien entstehen aus dem Suchen nach allgemeinen Ordnungen, aus dem Suchen danach, wie die Objekte unserer Merk- und Wirkwelt

(Uexkül, J. 1956, Adolph, 1980, S. 31) unter einem jeweilig lenkenden Aspekt "zueinander passen" oder passen könnten. Sie bringen einerseits die Begriffe als die Elemente des Denkens in eine passende Ordnung und andererseits neue Begriffe, die sich entweder auf die Tatsachen oder deren Ordnung beziehen, hervor. (Elektrische Spannung ist, wie später noch nachgewiesen wird, ein Ordnungsbegriff und damit als Begriff schon etwas Theoretisches.) Ein Theorieunterricht ist wirksam, wenn die Lernenden durch diesen Unterricht veranlaßt werden, "in sich" eine Theorie zu entwickeln oder zu erweitern. Ein Lernender erweitert durch mehr Theorie seine Merk- und Wirkwelt sowohl in kumulativer (Aebli, 1980, S. 120) als auch in struktureller Hinsicht. Sein Bild von Welt wird allgemeiner und deshalb objektiver (Aebli, 1980, S. 168). Die Wirksamkeit des Theorieunterrichts muß daran gemessen werden: Theorieunterricht kann wirksam, unwirksam oder schädigend sein.

1.2 Die Einengung der Fragestellung und ihre Allgemeingültigkeit.

Die folgende Analyse beschränkt sich darauf, herauszufinden, welches "Denkinstrument" in der Elektrotechnik-Belehrung zum Thema elektrische Spannung in die "Köpfe" der Belehrteten transportiert wird und ob dieses "Denkinstrument" ein theoretisches ist.

Diese Beschränkung provoziert die Fragen, ob das nicht schon für eine fachdidaktische Fragestellung zur Elektrotechnik zu speziell sei und ob die Beschränkung auf einen einzigen Begriff überhaupt etwas Allgemeines herausbringen könne.

Der Begriff elektrische Spannung weist jedoch Merkmale auf, die seine Vermittelbarkeit zu einem allgemeinen didaktischen Problem machen.

1. Der Begriff elektrische Spannung hat in der Elektrotechniklehre die Bedeutung einer allgemeinen Fundamentalkategorie: Lehrer der Elektrotechnik sind überzeugt, daß ohne das Verständnis dieses "Grundbegriffes" kein "elektrotechnisches Verständnis" möglich ist.
2. Der Begriff elektrische Spannung weist einen hohen Abstraktionsgrad auf.
3. Die Definition des Begriffes "elektrische Spannung" stützt sich auf idealisierende Voraussetzungen.

Diese 3 Merkmale: Idealisierung, hoher Abstraktionsgrad und Schlüsselfunktion zum Verständnis eines größeren Zusammenhanges verweisen auf ein allgemeines Problem jeglicher Theoriebelehrung in der beruflichen Bildung: das Problem der didaktischen Reduktion. Insofern ist die folgende Analyse exemplarisch.

2. Theoriebildung und Denkerziehung.

2.1 Denken geht aus dem Handeln hervor.

In der beruflichen Ausbildung geht es um die Herbeiführung erfolgreichen Handelns. Eine Handlung ist ein final-determinierter Vorgang: Ein handelnder Mensch "ist einer, der eine Absicht hat, der ein Ziel anstrebt. Er befindet sich in einer Situation, in der dieses Ziel noch nicht realisiert ist. Seine Handlung bewegt sich zwischen zwei Polen: den Gegebenheiten der - inneren oder äußeren - Situation und dem Ziel. Daher stellt er sich die Aufgabe, den gegebenen Zustand in den Zielzustand zu überführen. Er tut dies, indem er zwischen den Elementen neue Beziehungen herstellt und, wo nötig, bestehende Beziehungen löst". (Aebli, 1980, S. 26)

Beziehung stiften zwischen Elementen, das ist die gemeinsame Funktion von Handeln und Denken (Aebli, S. 13).

Eine Handlung ist eine zielgerichtete Intervention in

die Welt (Habermas, 1981, S. 26). Erfolgreich handeln heißt, die richtigen Mittel auszuwählen und sie in eine "richtige" d.h. kausale Aufeinanderfolge zu bringen. Das Handeln wird dabei von der Wahrnehmung gesteuert. (Aebli, 1980, S. 180)

Andererseits wird die Wahrnehmung von der Handlung gelenkt, das erklärt ihre Selektivität. (Neisser, 1979, S. 68 f)

In der Wahrnehmung erkennt der Handelnde das jeweils "richtige" Mittel und die für den Fortgang der Handlung notwendige Rückkoppelung über die Wirkung des Mitteleinsatzes.

Handlungen können einmalig sein. Der Erfolg einer einmaligen Handlung kann zufällig sein. In diesem Fall liegt der Handlung keine Regel, kein Handlungsplan zugrunde. Sind Handlungen jedoch wiederholbar, dann gründet sich diese Wiederholbarkeit auf eine Handlungsregel, auf einen Handlungsplan. In der Wahrnehmung wiederholten Handlungserfolges oder auch-mißerfolges entsteht Handlungswissen. In diesem Prozeß der "Verinnerlichung" der Handlung (der "externen Intervention in der Welt") entwickelt sich das Denken, entwickelt sich die Kognition: "Kognitive Prozesse treten im Rahmen der Wahrnehmungstätigkeiten und des Handelns auf. Sie haben die Aufgabe, deren Struktur zu sichern und auszubauen bzw. neue Strukturen des Handelns und Wahrnehmens zu elaborieren."

(Aebli, 1980, S. 20) Wiederholbares erfolgreiches Handeln kann programmiertes, stereotypisches Handeln sein. Es ist durch seine Starrheit gekennzeichnet: Fehlt eines der zum erfolgreichen Vollzuges notwendigen Mittel an der entsprechenden "Zeitstelle" im Handlungsprozeß, dann kommt die Handlung zum Stehen. Weder kann das Mittel durch ein anderes ersetzt, noch kann die Aufeinanderfolge der Handlungsschritte der neuen Bedingung angepaßt werden. Diesem Handeln fehlt die Abstraktion.

Kann die Handlung jedoch durch flexible Anpassung an Änderungen von Mitteln und/oder Bedingungen aufrecht erhalten werden, so muß das Handlungswissen einen bestimmten Grad von Abstraktion aufweisen:

1. Der wirksame Ersatz eines Elementes - z.B. eines spezifischen Werkzeuges durch ein anderes, weniger spezifisches - setzt voraus, daß der Handelnde über das "funktionelle Wirkungsprinzip" dieses Elementes - und das ist stets eine Abstraktion des Mittels - intellektuell verfügt.
2. Die flexible Anpassung der Handlungsstruktur an geänderte Bedingungen - z.B. die Änderung der zeitlichen Aufeinanderfolge der einzelnen Handlungsschritte, die bedingt sein kann durch den Ersatz eines Elementes - setzt voraus, daß der Handelnde einen Begriff von der Handlung zugrundeliegenden Operation hat (Leontjew, 1972, S. 363, Aebli, 1980, S. 210).

Flexibles Handeln und flexibles Denken stehen in einem Wechselwirkungsprozeß. Indem das wahrnehmende und erkennende Subjekt aus seinen speziellen Handlungen heraus Allgemeines erkennt, d.h. Begriffe abstrahiert und konstruiert, wird seine Handlungsfähigkeit entspezialisiert, allgemeiner, abstrakter. Der flexiblen Handlung liegt stets eine diese Handlung erklärende Theorie zugrunde.

- 2.2 Die Entwicklung des Denkens durch zunehmende Abstraktion. Die kognitive Entwicklung ist ein Prozeß zunehmender Verallgemeinerung des Denkens mit gleichzeitiger Dezentrierung eines egozentrisch geprägten Weltverständnisses (Piaget, 1973; Habermas, 1981, S. 105 ff). Zunehmende Verallgemeinerung bedeutet zunehmende Abstraktion. Um an das Thema elektrische Spannung näher heranzuführen, soll der Prozeß der zunehmenden Abstraktion des Denkens an einem Beispiel aus der Mechanik nachgewiesen werden: Körper verändern nur dann ihren Bewegungszustand, wenn andere Körper auf sie einwirken. Ist beim Körper B eine Änderung des Bewegungszustandes zu beobachten, so muß es wenigstens einen anderen Körper A geben, der diese Änderung hervorgerufen hat. Damit

gewinnt A in bezug auf B eine besondere Qualität: A kann bei B Beschleunigung bewirken.

Der Grad der technischen Verfügbarkeit dieses Zusammenhanges hängt davon ab, wie tief die Einsicht in diesen Wirkungszusammenhang ist. Technische Verfügbarkeit gründet sich auf die Voraussagbarkeit eines gewünschten Ereignisses. Eine Voraussage des Bewegungszustandes von B ist möglich, wenn bekannt ist, zu welchem Zeitpunkt in welcher Richtung, mit welcher Intensität und in welcher Zeitdauer A auf B wirkt.

Die Intensität des Wirkens von A auf B kann gemessen werden. Kommt die Wirkung z.B. durch Drücken zustande, so kann zwischen A und B eine Druckfeder angebracht werden. Das Maß des Zusammendrückens dieser Feder ist dann ein Maß für die Intensität der beschleunigenden Wirkung von A auf B.

Jetzt eröffnet sich für das erkennende Subjekt die Möglichkeit, das Denken "von A zu lösen". Von allen Gestaltqualitäten bei A kann abgesehen werden, nur darauf kommt es an: auf die (messbare) Intensität der Wirkung von A auf B, auf die "Kraft". Es erfolgt eine für das Denken folgeschwere Konstruktion: Die Kraft macht es, daß B beschleunigt wird. Immer (!) wenn Beschleunigung vorliegt, gibt es eine Kraft: Die Kraft ist die gemeinsame Ursache aller Beschleunigungen.

Das Wesen der Abstraktion liegt in der Konstruktion eines Begriffes, der das "Gemeinsame" von - in der Gestaltqualität völlig verschiedenen - Objekten oder Prozesse heraus kristallisiert. Dieser Prozeß der Abstraktion ist zugleich der Prozeß der Theoriebildung.

"Hat nicht die Bewegung des Mondes um die Erde mit der Bewegung des gefallenen oder geworfenen Steines etwas gemeinsam? Die Entdeckung, daß hier etwas Gemeinsames vorliegt, auf das man unter Absehen von allen anderen tiefergehenden Unterschieden den Blick richten konnte, gehört zu den folgeschwersten Ereignissen in der Geschichte der Naturwissen-

schaft. Das Gemeinsame wurde aufgedeckt durch die Bildung des Begriffes der "Kraft", die die Änderung der "Bewegungsgröße" eines Körpers bewirkt, hier besonders der Schwerkraft. Obwohl der Begriff der Kraft noch aus der sinnlichen Erfahrung stammt, etwa aus den Empfindungen beim Heben einer schweren Last, so wird er doch in der Newton'schen Axiomatik schon abstrakt, nämlich durch die Änderung der Bewegungsgröße, und ohne Bezugnahme auf diese Empfindungen definiert. Mit einigen wenigen Begriffen wie Masse, Geschwindigkeit, Bewegungsgröße, Kraft wird bei Newton ein geschlossenes System von Axiomen aufgebaut, das nun unter Absehen von allen anderen Eigenschaften der Körper zur Behandlung aller mechanischen Bewegungsvorgänge ausreichen soll." (Heisenberg, 1971, S. 198)

Mit der Zuweisung der Ursachenqualität an den abstrakten Begriff (hier exemplarisch an den Begriff Kraft) ist für Belehrungsprozesse ein grundlegendes Problem aufgeworfen: Die Sprache deligiert die sinnlichen Eigenschaften der materiellen Objekte an die Abstraktion! So "greift eine Kraft an", sie "wirkt gegen etwas," sie "trifft auf", kann "auftreten" und "verschwinden", kann "Arbeit verrichten", kann sich (längs eines Weges) "bewegen" usf.

Dieser Sprachgebrauch muß - wenn nicht das Verstehen der Abstraktion vorausgegangen ist - beim Belehrten zur Folge haben, daß sich in seinem Denken die Abstraktion vergegenständlicht.

Der Begriff hat dann in seinem Denken nicht mehr die Funktion zu erklären, wie durch das Gemeinsame die Erscheinungen zusammenhängen, sondern die Abstraktion wird selbst zur "Erscheinung", zum Objekt. Weil diese "Erscheinung" in der Welt der Objekte jedoch keine wirkliche gegenständliche Entsprechung hat, muß sie im Denken eine magische Gestaltqualität annehmen. Der Begriff wird so zu einem Gegenstand des Glaubens und nicht der Einsicht. Löst sich durch Belehrung die Abstraktion von der Erscheinung, dann entsteht

ein Denksystem im luftleeren Raum. (s.a. Wagenschein, 1976)

Sich eine Theorie zu bilden heißt aber, den Prozeß der Abstraktion zu verstehen. Nur so kann der Zusammenhang von Erscheinung (Gegenstand, Objekt) und abstraktem Prinzip (Begriff) erhalten bleiben und nur so kann in der Interdependenz von flexiblem (d.h. abstrakten) Denken und flexiblem Handeln die Kognition sich durch zunehmende Abstraktion entwickeln.

2.3. Die Entwicklung des Verstehens als zunehmende Rationalität.

Daß Theorieunterricht tiefe Einsichten zu vermitteln habe, ist gängige Formel in didaktischen Absichtserklärungen. Aber was heißt Einsicht, was heißt Verstehen? Was geschieht im Denken, wenn es eine Ordnung stiftet, die der Denkende "verstehet"?

Man sieht, daß Hans schnell läuft. Das kann man zur Kenntnis nehmen. Damit ist das schnelle Laufen von Hans aber nicht einsichtig. Erfährt man jedoch, daß Hans die Straßenbahn erreichen möchte, oder sieht man, daß ein großer wütender Hund hinter Hans her ist, dann versteht man, warum Hans so schnell läuft. Verstehen heißt hier, den Grund kennen. Es gibt hier einen finalen Grund, die Straßenbahn, oder einen kausalen Grund, der Hund. Dieses Verstehen setzt Wissen voraus, das Wissen um die Bedeutung der Straßenbahn für Hans oder das Wissen um die Gefährlichkeit eines wütenden Hundes.

"Ein Text oder eine beobachtbare Handlung ist dann verstanden, wenn sie in das subjektive Handlungs- und Prozeßwissen integriert werden kann." (Aebli, 1980, S. 189)

Diese Integration setzt Plausibilität voraus. Plausibel ist etwas, wenn es begründbar ist. Die Begründbarkeit ist ein wesentliches Merkmal für Rationalität. (Habermas, 1981, S.26) Für die Plausibilität gibt es ein Argument. Das ist das Wesen der Einsicht (Habermas, 1981, S.48).

Wenn ein Zusammenhang einsichtig ist, dann muß es ein Argu-

ment geben, mit dem sich die Einsicht begründen läßt. Wenn eine Theorie einsichtiges Handeln bewirken soll, dann kann das nur bedeuten, daß das Handeln durch Argumente begründbar wird.

Technische Handlungen sind Äußerungen kognitiv-instrumenteller Rationalität (Habermas, 1981, S. 28). Für die Rationalität einer Handlung ist bestimmend, daß ihr ein begründbarer und kritisierbarer Plan zugrunde liegt. Eine Handlung kann erfolgreich sein oder scheitern. Die Rationalität sichert, daß beides erklärt werden kann (Habermas, 1981, S. 29). Das setzt voraus, daß der Erklärende über ein System widerspruchsfreier Sätze (eine Theorie) verfügt.

Im Bereich zweckrationalen Handelns können aber Handlung und Begründungszusammenhang auf verschiedene Subjekte aufgeteilt werden. Das hat schwerwiegende Folgen für die kognitive Entwicklung der Betroffenen, denn kognitive Entwicklung geschieht durch intellektuelle Inanspruchnahme.

Wie durch die im zweckrationalen Handeln mögliche Trennung der Theorie von der Handlung unterschiedliche intellektuelle Inanspruchnahme wirksam wird, macht Habermas im folgenden sehr deutlich: "Der Sprecher, der eine Behauptung aufstellt, muß über eine "Deckungsreserve" guter Gründe verfügen um erforderlichenfalls seine Gesprächspartner von der Wahrheit der Aussage überzeugen und ein rational motiviertes Einverständnis herbeiführen zu können. Hingegen ist es für den Erfolg einer instrumentellen Handlung nicht notwendig, daß der Akteur die befolgte Handlungsregel auch begründen kann. Im Falle teleologischer Handlungen dienen Gründe lediglich zur Erklärung der Tatsache, daß die Anwendung einer Regel unter gegebenen Umständen erfolgreich oder nicht erfolgreich war bzw. hätte sein können. Mit anderen Worten: wohl besteht ein interner Zusammenhang zwischen der Gültigkeit (Wirksamkeit) einer technischen oder strategischen Handlungsregel und den Erklärungen, die für ihre Gültigkeit gegeben werden können, aber die Kenntnis dieses Zusammenhanges

ist keine notwendige subjektive Bedingung für eine erfolgreiche Anwendung dieser Regel." (Habermas, 1981, S.29,30)

Der Akteur, der eine befolgte Handlungsregel nicht begründen kann und nicht begründen muß, wird durch sein Handeln "theoretisch" nicht in Anspruch genommen und kann deshalb durch dieses Handeln auch nicht intellektuell gefördert werden. Damit ist dieser Akteur aber auch an der Entfaltung seiner personalen Mündigkeit gehindert, denn "ein höheres Maß an kognitiv-instrumenteller Rationalität verschafft eine größere Unabhängigkeit von Beschränkungen, die die kontingente Umwelt der Selbstbehauptung handelnder Subjekte auferlegt." (Habermas, 1981, S. 34)

Das Erlebnis, daß theoriefreies Handeln (theoriefrei, insofern als die theoretischen Bedingungen seines Handelns dem Handelnden nicht bewußt werden) zum Erfolg führt, kann den Handelnden intellektuell zur Selbstgenügsamkeit führen. Theoretische Bildung hat dann keinen subjektiven Sinn mehr. Die Lernfähigkeit schwindet.

Dagegen ist der Prozeß des kognitiven Wachstums auf Theorie angewiesen. Mehr Theorie bedeutet bessere Begründbarkeit dessen, was man für wahr und richtig hält, bedeutet mehr Urteilskraft, mehr geistige Unabhängigkeit. Einsicht stützt sich auf Argumente ab, und das Wachsen von Einsicht bedeutet die Aufnahme von besseren Argumenten. Im theoretischen Diskurs steht Argument gegen Argument (Habermas, 1981, S. 44), und zunehmendes Verstehen heißt zunehmende Argumentationsfähigkeit, heißt zunehmende Rationalität.

Vermittelt Unterricht Theorie, so setzt er den Lernenden in stand, mit Hilfe dieser Theorie

- eigenes und fremdes Handeln zu verstehen,
- über eigenes und fremdes Handeln urteilend nachzudenken,
- eigenes und fremdes Handeln zu planen, d.h. auch Alternativen zu durchdenken und vorzubedenken,
- durch eigenes und die Beobachtung von fremdem Handeln zu lernen

- und über eigenes und fremdes Handeln mit anderen rational zu sprechen.

Voraussetzung dafür ist das subjektive Verstehen, die subjektive Einsicht.

3. Der Begriff der elektrischen Spannung und seine Relevanz im Denken.

3.1 Elektrische Spannung als physikalische Größe.

Nach DIN 1323 wird elektrische Spannung wie folgt definiert: "Ein kleiner Körper, der die gleichbleibende Elektrizitätsmenge Q trägt, legt in einem elektrischen Feld einen Weg S von einem Anfangspunkt zu einem Endpunkt zurück. Dabei verrichten die Feldkräfte an dem Körper eine Arbeit A_{12} , die proportional zur Elektrizitätsmenge Q ist. Der Quotient A_{12}/Q ist deshalb eine von Q unabhängige, den Weg S von 1 nach 2 zugeordnete Größe. Diese wird elektrische Spannung U zwischen 1 und 2, kurz $U_{1,2}$ genannt."

Elektrische Spannung ist also eine Feldgröße, sie ist deshalb ohne Einsicht in die Feldtheorie, ohne die Verfügung über den Begriff Kraftfeld nicht verstehbar. Der Begriff des Kraftfeldes ist eine weitere Abstraktion des abstrakten Kraftbegriffes: "Das Kraftfeld hat sich als eine sehr nützliche Vorstellung erwiesen." Und: "Einzig und allein auf die Eigenschaften des Feldes scheint es bei der Beschreibung der Phänomene anzukommen, die Verschiedenartigkeit der Kraftquelle spielt offenbar gar keine Rolle." (Einstein/Infeld, 1956, S. 92)

Mit der Entwicklung (Konstruktion) des Feldbegriffes wurde in der Erweiterung der Physik die Newton'sche Mechanik, die die elektrodynamischen Phänomene nicht mehr erklären konnte, überwunden. (Heisenberg, 1971, S. 200)

Der Entwicklung des Kraftfeldbegriffes liegt folgende Denkstruktur zugrunde:

Ist das Objekt A gegeben und wirkt an der Stelle P auf das Objekt B eine Kraft, dann wird diese Kraft sowohl von A als auch von B hervorgerufen. Beide Objekte sind an dem Zustandekommen der Kraft beteiligt.

Macht man nun das Objekt B sehr klein und "nimmt" das heraus, was B zum Zustandekommen der Kraft zwischen A und B beiträgt, dann erhält man an dem Punkt B den "A-Anteil" zur Kraft. Man kann nun jedem Punkt des Raumes um A einen "A-Anteil" zuordnen. Der "A-Anteil" als eine Funktion des Raumes, das ist der Begriff des Kraftfeldes.

Ganz allgemein wird mit dem Begriff Feld nichts anderes verstanden als "eine Größe, die vom Ort im Raum abhängt". (Feymann, 1977, S. 2-4)

Der Feldbegriff "befreit" das Denken von den mechanischen Objekten, den materiellen Körpern. Das ist aber mit dem Verlust der dinglichen Vorstellbarkeit (Anschaulichkeit) verbunden. An die Stelle der dinglichen Anschauung tritt formaler mathematischer Algorithmus: "Es ist nicht vernünftig, darauf zu bestehen, daß die elektrische Kraft wie die Muskelkraft aussehen muß, die zieht oder schiebt, da sich herausstellt, daß diese Muskelkräfte als elektrische Kräfte verstanden werden müssen! Die einzig vernünftige Frage ist, wie man elektrische Effekte am bequemsten beschreibt." Und: "Am besten verwendet man das abstrakte Bild von einem Feld. Daß es abstrakt ist, ist zwar bedauerlich, aber notwendig." (Feymann, 1977, S. 1-14)

Die Definition des Spannungsbegriffs als Feldgröße ist mit einigen Idealisierungen verbunden:

1. Die Bezeichnung "Kleiner Körper" weist darauf hin, daß es in der Feldbetrachtung um Punkte im Raum geht. Deshalb dürfen Objekte in einem Feld keine räumliche Ausdehnung haben, sie müssen ebenfalls zu Punkten zusammenschrumpfen. Nur so kann die Aussage: "ein Körper im Punkt X" einen Sinn haben.

2. Die Punktladung wird zwar im elektrischen Feld bewegt, die Bewegung muß aber mit "vernachlässigbarer Geschwindigkeit vor sich gehen" (DIN, 1323, Erläuterung 1.1). (Eine Bewegung - ohne Bewegung also).

Vier Merkmale der durch DIN definierten elektrischen Spannung müssen noch besonders hervorgehoben werden.

1. Die Spannung wird hier nicht als Potentialdifferenz definiert. Das geschieht demgegenüber in der Physiklehre jedoch häufig. Der Begriff Potentialdifferenz setzt dabei den Begriff Potential voraus: "Sobald wir aber einen Bezugspunkt gewählt haben, ist eine Zahl ϕ für jeden Punkt im Raum definiert; ϕ ist dann ein skalares Feld. Es ist eine Funktion von X, Y, Z. Wir nennen diese skalare Funktion das elektrostatische Potential von irgend einem Punkt." (Feymann, 1977, S. 4 - 8)
2. Die Spannung ist das Ergebnis eines Prozesses und wird als Größe einem Weg zugeordnet. Die elektrische Spannung ist nicht Ursache für die Bewegung der Ladung Q, sondern Ergebnis dieser Bewegung. Die Ursache für die Bewegung der Ladung sind Kräfte: "dabei verrichten die Feldkräfte an dem Körper eine Arbeit ...". (DIN 1323)
3. Die Spannung ist keine gerichtete Größe. Sie ist skalar.
4. Anfang und Endpunkt einer Bewegung im Feld können zusammenfallen. Auch dann hat die Spannung einen Betrag (das hängt von den Eigenschaften des Feldes ab). Die Spannung ist also nicht etwas, das sich zwischen zwei von einander getrennten Orten ereignet.

3.2 Der Spannungsbegriff in den Lehrtexten.

Im folgenden werden die Lehrtexte mit den Buchstaben A-I gekennzeichnet. Die bibliographische Kennzeichnung findet sich im Literaturverzeichnis.

A.S.15 "In einer Spannungsquelle entsteht durch Ladungstrennung eine elektrische Spannung, die sog. Quellenspannung. Der Minuspol hat Elektronenüber-

schuß, der Pluspol Elektronenmangel. Die Spannung ist also das Ausgleichsbestreben zwischen Punkten ungleicher Elektronenbesetzung."

"Der Elektronenstrom ... wird von der Quellenspannung durch ... den Stromkreis getrieben."

B.S.24 "Die elektrische Spannung ist die je Ladung aufgewendete Arbeit, die zum Trennen der Ladungen erforderlich ist. Die durch aufgewendete Arbeit getrennten Ladungen haben jedoch das Bestreben, in ihren vorherigen Zustand zurückzukehren (ähnlich einer gespannten Feder). Daher ist die elektrische Spannung auch die Ursache von Ladungsträgerbewegungen ..."

C.S.25 "Die elektrische Spannung entsteht durch Ladungstrennung. Die elektrische Spannung ist das Ausgleichsbestreben von Ladungen.

D. Dieser Text bringt auf S. 19 den Text der DIN 1323. Auf Seite 20 heißt es dann weiter:
"Entzieht man dem Leiter A Elektronen (Ladungstrennung) und führt sie dann Leiter B zusätzlich zu, so ist das Gleichgewicht zwischen beiden gestört. Das Bestreben der Elektronen, den Gleichgewichtszustand wieder herzustellen, wird allgemein ausgedrückt als Spannung bezeichnet."

E.S.18 "Am positiven Pol herrscht ein Elektronenmangel, am negativen Pol ein Elektronenüberschuß. Ein Maß für das Ausgleichsbestreben zwischen unterschiedlichen Ladungen ist die elektrische Spannung."

S.19 "Bei der elektrischen Spannung verhält es sich sinngemäß genauso wie bei der mechanischen Spannung der Feder: Elektrische Ladungen werden unter Energieaufwand voneinander getrennt (wie die Feder gespannt wird): Zwischen den getrennten Ladungen besteht eine

elektrische Spannung (wie bei einer gespannten Feder). Die elektrische Spannung hat nicht nur einen Betrag, sondern auch eine Richtung ..."

F.S.19.20 "In einem Erzeuger, z.B. in einer Batterie oder einem Generator, werden die positiven und negativen Ladungen, die in allen Stoffen enthalten sind, unter Energieaufwand voneinander getrennt. Eine Klemme des Erzeugers hat dadurch Elektronenüberschuß, sie ist elektrisch negativ. Die andere Klemme hat Elektronenmangel; sie ist elektrisch positiv. Die getrennten Ladungen wollen sich ausgleichen. Dieses Ausgleichsbestreben zwischen den verschiedenen Ladungen nennt man elektrische Spannung."

"Die Spannung des Erzeugers ist die Ursache des Stromes und wird deshalb auch Ursprung genannt."

G.S.5 "Die Ladungsträger haben das Bestreben, sich auszugleichen. Man sagt, zwischen beiden Kugeln herrscht eine elektrische Spannung."

"Eine elektrische Spannung haben wir immer dann, wenn zwischen zwei Polen ein Unterschied in der elektrischen Ladung besteht."

H.S.37 "Elektrische Spannung wird durch die Trennung ungleichnamiger elektrischer Ladungen erzeugt. Jede Spannungsquelle besitzt zwei Anschlüsse mit unterschiedlichen elektrischen Potentialen. Den Anschluß an dem negative Ladungen, also Elektronen, in der Überzahl sind, nennt man den negativen Anschluß oder Minuspol. Den Anschluß, an dem ein Elektronenmangel besteht, bezeichnet man als positiven Anschluß oder Pluspol."

I.S.47,48 "Die Ursache der Ladungstrennung in der Spannungsquelle wird EMK (elektromotorische Kraft) genannt. Die elektronenbewegende Kraft (EMK) hält in der Spannungsquelle den Ladungsunterschied und somit den Spannungszustand aufrecht."

Allen hier zitierten Texten (sie umfassen im wesentlichen die Schulbuchliteratur zur Elektrotechnik für Berufsschulen in der Bundesrepublik) ist gemeinsam, daß hier ein Spannungsbegriff eingeführt wird, der nichts mit dem Begriff der DIN 1323 gemein hat.

Die Spannung wird nicht als Feldgröße, sondern als eine "Wirkungsgröße" im System der Newton'schen Mechanik dargestellt. Die Spannung wird als Ausgleichsbestreben zwischen unterschiedlichen Ladungen, also als Kraft! zwischen unterschiedlichen Ladungen beschrieben. Diese Kraft herrscht zwischen zwei materiellen Objekten, zwischen einem negativen Objekt (Elektronenüberschußpol) und einem positiven Objekt (Elektronenmangelpol). Sie ist nur zwischen diesen beiden Polen möglich.

3.3 Der Spannungsbegriff im Denken von Lehrern und Belehrteten.

3.3.1 Die Spannung als Ursache des Stromes.

Die Lehrtexte vermitteln in etwa folgende Vorstellungen. Der elektrische Strom ist die Bewegung kleiner dinglicher Objekte (Elektronen). Die Bewegung dieser Objekte wird durch "Reibung" behindert. Das ist der Widerstand. Dieser Widerstand muß überwunden werden. Das macht die Spannung. Die treibende Wirkung der Spannung muß größer sein, als die hemmende Wirkung des Widerstandes (Sonst kommt keine Bewegung zustande). Die Spannung ist also die Ursache des Stromes.

Diese Erklärung ist aber noch unbefriedigend. Man hat das erst verstanden, wenn man weiß "wie die Spannung das macht". Das Verstehen eines mechanischen Systems leistet die erklärende Kausalität.

Was eine kausale Erklärung ausmacht, beschreibt Clever unter der Überschrift Kausalforschungsmethode (Clever, 1975, S. 129 f).

"Eine kausale Erklärung geht über die Konstatierung, Des-

kription und Klassifizierung konkreter Einzelercheinungen der Erfahrungswirklichkeit hinaus. Sie stellt zwischen den Einzelercheinungen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge her. Die kausale Erklärung ist demzufolge ein Versuch, Ordnung in die Vielfalt des Geschehens zu bringen und sich im Chaos der Ereignisse zurecht zu finden. Dieser Ordnungsversuch müßte allerdings scheitern, wenn nur ad-hoc-Verknüpfungen von Ereignissen möglich wären. Denn eine Verknüpfung zweier Ereignisse A und B, von denen das eine (A) als die Ursache, das andere (B) als die Wirkung bezeichnet wird, ist sofort folgenden beiden kritischen Fragen ausgesetzt:

1. Warum werden aus der Vielzahl der Ereignisse gerade diese beiden herausgefischt und in eine (Kausal-) Beziehung zueinander gebracht?
2. Warum wird gerade das eine (A) als Ursache und das andere (B) als Wirkung bezeichnet? Könnte das als Ursache bezeichnete Ereignis A nicht die Wirkung von B sein?

Eine ad-hoc-Kausalverknüpfung beantwortet diese Fragen nicht und legitimiert sich demzufolge auch nicht als Besonderheit. Mit der gleichen Berechtigung wie A und B können auch alle anderen Ereignisse zueinander in Beziehung gesetzt werden und als Kausalerklärungen bezeichnet werden. Die Verknüpfung von Ereignissen durch eine Kausalbeziehung muß demnach gegenüber anderen möglichen ad-hoc-Verknüpfungen in bestimmter Hinsicht als Kausalerklärung ausgezeichnet sein, es muß mit anderen Worten eine Antwort auf die oben genannten Fragen gefunden werden und zwar in Form einer nachprüfbaren, nicht willkürlichen Begründung dafür, weshalb gerade die Ereignisse A und B als Ursache und Wirkung eines Kausalablaufes miteinander in Beziehung gebracht werden. Eine solche Begründung ist gegeben, wenn sich eine Regel auffinden läßt, die besagt, daß immer dann, wenn ein Ereignis der Sorte B eintritt, ein Ereignis der Sorte A vorangegangen sein muß. Diese Regel ist sehr strikt, denn sie be-

hauptet die Notwendigkeit des Zusammenhanges."

Eine Kausalerklärung unterliegt also den Bedingungen der Rationalität: es muß ein Argument geben, das die Notwendigkeit des kausalen Zusammenhanges begründet!

In jeder Kausalerklärung steckt deshalb die Theorie der Begründung.

Ein zweites ist für eine Kausalerklärung konstituierend: die "Vorgängigkeit der Ursache in bezug auf die Wirkung". (Piaget, 1975, S. 334)

Fragt man Lehrer oder Lernende: Wie macht das die Spannung, den Strom in Bewegung zu setzen? dann erhält man folgende Antworten:

1. (Schüler, Unterstufe, FOS-Reife)

"In der Spannungsquelle herrscht an einem Pol ein "Überdruck" an Elektronen. Wird jetzt eine Verbindung zwischen dem Ort des "Überdruckes" und dem des "Unterdruckes" (anderer Pol) geschaffen, so entweicht der Druck an dem einen Pol, ähnlich wie aus einem aufgeblasenen Luftballon. Dabei werden an einer Seite des Leiters Elektronen hinein gedrückt und zwangsweise müssen am anderen Ende wieder welche herausgedrückt werden, da sonst im Leiter selbst ein "Überdruck" entstehen würde."

2. (Schüler, Unterstufe, FOS-Reife)

"Ich stelle mir das in bezug auf das Wasser vor: das Wasser wird durch Druck durch die Wasserleitung gebracht. Die Spannung ist für mich wie ein Antreiber. Sie ist aber auch die Differenz zweier Ladungen, von denen eine "positiv" und eine "negativ" sein muß."

3. (Schüler, Unterstufe, FOS-Reife)

"Die Elektronen haben zu den beiden Punkten der Spannung potentielle Energie (Wie ein Gegenstand über der Erde zum Erdmittelpunkt). So wie Körper das Bestreben haben, auf die Erde zu fallen, so haben Elektronen das Bestreben, zu einem Punkt der Spannung, den mit dem Elektronen-

mangel, zu fallen. Erklärt wird das mit der unterschiedlichen Ladung, aber weshalb weiß ich nicht."

4. (Lehrer, Referendar am Ende der Ausbildung, Hochschulstudium)

"Elektrische Spannung ist ein Zustand der Ladungstrennung. Dieser Zustand ist bestrebt sich auszugleichen, d.h. die positiven und negativen Ladungen müssen wieder zueinander kommen, um sich im Gleichgewichtszustand zu befinden. Ladungsausgleich bedeutet damit Bewegungen von Ladungen zum jeweils anderen Pol, sonst könnte es ja zu einem Gleichgewichtszustand nicht kommen."

5. (Lehrer, Referendar am Ende der Ausbildung, Hochschulstudium)

"Man bezeichnet den Zustand, daß ein Punkt bezogen auf einen anderen Punkt zu diesem ein unterschiedliches Potential hat (unterschiedliche Menge von Ladungen) als Spannung. Grundsätzlich herrscht in der Natur das Bestreben vor, solche Unterschiede auszugleichen, so auch die unterschiedlichen Ladungen."

6. (Lehrer, Referendare am Ende der Ausbildung, Hochschulstudium)

"In einer Spannungsquelle sind elektrische Ladungen getrennt, d.h. am Pluspol der Spannungsquelle herrscht Elektronenmangel, was zur Folge hat, daß Elektronen durch den Leiter zum Pluspol der Spannungsquelle transportiert werden. Der Grund dafür liegt in der Vorstellung, daß unterschiedliche Ladungen sich anziehen."

In der Vorbereitung zu dieser Analyse wurden viele Personen, Schüler und Lehrer so gefragt, die Antwortbeispiele ließen sich deshalb beliebig erweitern. Die hier aufgeführten sind jedoch typisch, eine Erweiterung der Quantität brächte hier keine zusätzliche Qualität.

Zunächst wird bei der Analyse der Antworten deutlich: Die

Äußerungen der "Studierten" unterscheiden sich inhaltlich nicht von den Äußerungen der "Nichtstudierten" (Der interessanten Frage nach der Wirksamkeit des Hochschulstudiums kann im Rahmen dieser Analyse leider nicht nachgegangen werden).

In allen Äußerungen wird ein Prozeß unmittelbar greifbar: Das Bemühen, die "Zusammenhänge" im Stromkreis durch erklärende Kausalität zu verstehen.

Man hat ein mechanisches System verstanden, wenn man den Wirkungsmechanismus kennt: Wenn die Behauptung richtig ist, daß die elektrische Spannung den elektrischen Strom ursächlich zur Folge hat, dann muß das durch einen Wirkungsmechanismus zu erklären sein.

Die "Stromkreis-Physik" behauptet zwischen Spannung und Stromstärke dagegen keine ursächliche sondern eine funktionale Beziehung (Stromstärke ist eine Funktion der Spannung). Es handelt sich um eine Beziehung zwischen einer Eigenschaft des "Objektes" Feld und einer Eigenschaft des "Objektes" Strom, dem ladungsspezifischen Energiegehalt einer Strecke und der Stärke des Stromes. Kausale Beziehungen bestehen zwischen Objekten, funktionale Beziehungen kann es nur zwischen bestimmten Eigenschaften dieser Objekte geben. (Grize, 1977, S. 174).

Die Ursache der Ladungsträgerbewegung sind Feldkräfte, dabei stehen die Feldgröße Spannung und Stärke des Stromes in einer funktionalen Beziehung. Eine Funktion ist eine nachweisbare Wenn-Dann-Beziehung. Diese Wenn-Dann-Beziehung ist umkehrbar, ihr fehlt die die Kausalität konstituierende Vorgängigkeit des einen vor dem anderen. In der Verknüpfung $Y = f(x)$ ist die Zeitdimension nicht enthalten. Die Stromstärke ist durch die Spannung determiniert und umgekehrt.

In der Physik endet jede erklärende Kausalität in den Ur-Ursachen - und das sind ebenfalls "nur" Wenn-Dann-Relationen: Massen "verursachen" Anziehung, elektrische Ladungen "verursachen" Anziehung und Abstoßung, Kernkräfte "verursachen" das Zusammenbleiben positiver Kernteilchen, alles das sind Wenn-Dann-Beziehungen, für die es kein erklärendes Argument

gibt. (Es sei denn, diese Ur-Ursachen ließen sich auf eine gemeinsame Ur-Ursache zurückführen.)

"Wie machen sie das - Fragen" haben hier keinen Sinn. Die Lehrtexte und die Antworten zur "Wie macht die Spannung das"-Frage lassen deutlich erkennen, daß von dem Denkenden die Abstraktion Spannung auf die Objektebene gebracht wird: Wie macht das Objekt Spannung es, den Strom zu bewirken? das ist die Frage, die beantwortet wird. Der Erklärungsversuch landet konsequent, physikalisch und logisch richtig, bei dem Begriff Kraft. Aber der Begriff Spannung verschwindet hierbei: Spannung ist das Ausgleichsbestreben, ist also Kraft zwischen Ladungen. Das ist für das Verstehen verhängnisvoll falsch!

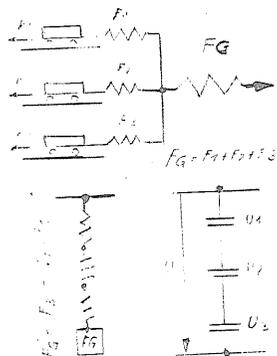
Die Größe elektrischer Spannung ist eine von der Kraft verschiedene Größe. Wird z.B. eine positive Ladung von einer negativen Ladung entfernt, dann wächst die Spannung und sinkt die Kraft. (Das zu verstehen ist eine wichtige Voraussetzung für das Verstehen des Atommodells und der Leitfähigkeit bei Halbleitern: die Elektronen mit dem größten Energiegehalt werden von den positiven Kernladungen am wenigsten festgehalten!) Die Spannung ist eine skalare (richtungslose) Größe - die Kraft aber ist ein Vektor (richtungsabhängig). Dies so zu wissen ist für elektrotechnisches Theorieverständnis, d.h. für die Lernfähigkeit (Theoriebildungsfähigkeit) in diesem Gegenstandsbereich unabdingbar.

Wer sich das unsinnige Federbeispiel der Lehrtexte B und E (Elektrische Spannung ist so etwas wie die Spannung einer gespannten Feder) wirklich als Ordnungsmodell aneignet, ist für weitere Lernprozesse - die ja verstehende, d.h. Abstraktionsprozesse sind - blockiert.

3.3.2 Spannung als Kraft-Vorstellung.

Wer versucht, mit der "Spannung ist Kraft" - Vorstellung elektrophysikalische Phänomene verstehend zu ordnen, gerät schon bei Reihen- und Parallelschaltungen in unüberwindbare Schwierigkeiten.

Niemand, der eine Decke abstützen möchte, käme auf die Idee, die dazu eingesetzten Balken "hintereinander" zu setzen. Sie werden "parallel" gesetzt, weil jeder weiß, daß parallel wirkende Kräfte sich zur Gesamtkraft addieren.



Wieso teilt sich die Spannung (wenn sie Ausgleichsbestreben, also Kraft ist) bei der Parallelschaltung nicht genau so auf?
 Wieso addieren sich parallelgeschaltete Spannungsquellen nicht zu einer (höheren) Gesamtspannung?
 Wieso lädt sich nicht jeder Kondensator in einer Reihenschaltung auf die Gesamtspannung, wenn doch bei in Reihe angeordneten Federn jede Feder die "Gesamtkraft" anzeigt?

Die "Spannung ist Kraft" - Vorstellung liefert keine Argumente für die Gültigkeit der Lehrsatzaussagen zur Reihen- und Parallelschaltung. Diese Lehrsätze können deshalb bei dem "Spannung ist Kraft-Belehrten" nicht zu Theoriesätzen werden.

Wer der "Spannung ist Kraft-Vorstellung" verhaftet ist und dennoch die Lehrsätze zur Reihen- und Parallelschaltung für richtig hält, hat es aufgegeben, elektrophysikalische Zusammenhänge mit eigener Denkkraft zu bewältigen.

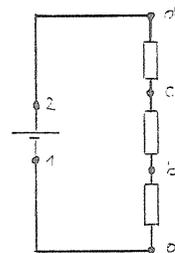
3.3.3 Potentialunterschied als Ladungsunterschied.

"Potentialunterschied ist der Unterschied von Bereichen unterschiedlicher Elektronenbesetzung. Wenn zwischen zwei Punkten in einer Schaltung eine Spannung auftritt, dann muß der eine Pol (Minuspol) mehr Elektronen aufweisen, als der andere (Pluspol)."

Daß viele so denken, erweisen die Lehrbuchtexte und die Antworttexte von Lehrern und Schülern.

In diesem Denken sind zwei Konzepte unterschiedlichen Abstraktionsgrades auszumachen.

- Das Absolutkonzept: Minuspole sind elektrisch negativ geladen, sie haben mehr Elektronen als positive Ladungen.
- Das Relativkonzept: Minuspole haben in bezug auf den Pluspol mehr Elektronen. Sie können elektrisch negativ geladen sein.



Fragt man zu nebenstehender Schaltung nach der "Ladungssetzung" der einzelnen Punkte, so erweist sich stets, daß die beiden "Pole" der Spannungsquelle "absolut" gedacht werden. Es sind Kugeln, in denen die Überschußladungen dicht gepackt sind. Je höher die Spannung, umso dichter die

Packung.

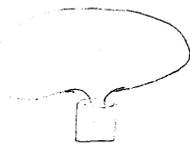


Weil das Denken daran gewöhnt ist, daß nur Elektronen sich bewegen, vergegenständlicht sich hier Spannung als das "Auseinanderfliegenwollen" der zusammengepreßten Elektronen (Raumladungsmodell). Fragt man nach der Polarität der Punkte a, b, c und d, so erhält man deshalb die Antworten, daß a, b und c negativ sind und der Punkt d ist positiv.

Fragt man nun, welche Polarität c in bezug auf b habe, und weiter: "Wenn c Elektronenüberschuß hat, kann er doch nie positiv werden!?", dann geraten alle, die sich von dem Absolutmodell nicht lösen können, in nicht mehr zu überwindende Schwierigkeiten, sie resignieren. Bei denen, die nicht resignieren "kippt" die Absolutvorstellung in die Relativvorstellung um: Der Punkt c hat gegenüber dem Punkt d mehr Elektronen, aber weniger gegenüber dem Punkt b. Das Kugelladungsmodell wird dabei aber nicht aufgegeben.

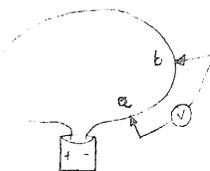
Bricht man den Fragedialog an dieser Stelle ab, nimmt

eine Spannungsquelle (Batterie) und verbindet die beiden Pole mit einem Widerstandsdraht und fragt nach der Stromstärke in



diesem Draht, so erhält man zur Antwort: "Die Stromstärke ist überall gleich, es schieben sich an jedem beliebigen Querschnitt gleich viel Elektronen durch den Leiter." (Der elektrische Strom als nicht zusammendrückbare Flüssigkeit)

Es wird hier so gedacht, wie es im Theorieteil des AEG-Hilfsbuches formuliert ist: "Der elektrische Strom verhält sich wie eine nicht zusammendrückbare Flüssigkeit. In einem unverzweigten Stromkreis liegt daher in jedem Querschnitt die gleiche Stromstärke vor." (Johannsen, K 1972, S. 176) "Gibt es in diesem Stromkreis Punkte, die mehr Elektronen als andere haben?" Offensichtlich nicht, das würde sich nicht mit dem Stromflußmodell vertragen.



Erweitert man jetzt die Schaltung durch eine Spannungsmessung, dann löst die Frage, warum denn der Punkt a gegenüber b negativ sei, stets Verwirrung aus.

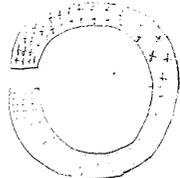
"Ja richtig, dann muß ja a mehr Elektronen als b haben."

"Wieviel negative Pole gibt es denn?"

Offensichtlich beliebig viele. Jeder Punkt auf dem Weg von 1 nach 2 kann negativ gegenüber einem davorliegenden Punkt sein.

"Und die haben dann immer mehr Elektronen?"

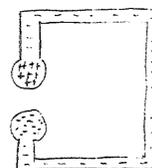
Manche versuchen, ihr Elektronendichte-Konzept dadurch zu retten, daß sie die Zone höherer Elektronendichte als bis zur Mitte gleichmäßig



abnehmend und von dort an positive Besetzungen zunehmend dichter werdend denken. Die Frage, was denn die Elektronen, die sich ja alle voneinander abstoßen, in dem dichten Teil zusammenhält, kann dann nicht mehr beantwortet werden.

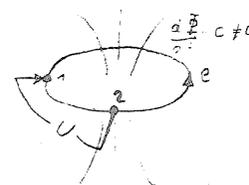
Weitere Fragen in der Logik dieses Modells, z.B. die, ob denn der Widerstand in dem elektronendichteren Teil nicht sehr viel größer sein müsse (Reibungsmodell) als im positiv dichteren Teil oder die Frage nach der Geschwindigkeit der Elektronen in den unterschiedlichen Bereichen bei konstantem Strom! "Müßten sie nicht immer schneller werden, und was bremst sie dann in der Spannungsquelle?, führen in zunehmende Verwirrung, schließlich in einen Zustand kognitiver Hilflosigkeit.

Dieses Modell wird dann vom Denkenden wieder aufgegeben und in das nebenstehende Modell zurückgedacht.



Für das Phänomen des Spannungsabfalles gibt es jetzt kein Argument mehr. Bittet man die so Denkenden in der konkreten Batterieschaltung den Punkt, die Stelle zu zeigen, die den negativen Pol ausmacht, dann wird, weil es diese Stelle ja nicht geben kann, endgültig deutlich: Die Logik der Symbole (die "Theorie") ist nicht nur in sich widersprüchlich, sie findet sich außerdem in der Realität nicht wieder!

Das Konzept: "Wenn Spannung, dann unterschiedliche Ladungsdichte" führt von einem Widerspruch zum anderen. - Nichts kann mehr wirklich verstanden, nichts mehr verstehend gelernt werden.



Wie soll man z.B. verstehen können, daß in der Induktionsschleife zwischen 1 und 2 eine Spannung abfällt und daß jeder Ort der Schleife 1 und/oder 2 sein kann, daß die Spannung zwischen 1 und 2 mit dem Weiterschreiten von 2 wächst und den größten Wert annimmt, wenn 2 mit 1 zusammenfällt?

Wie soll man verstehen können, daß im Wechselstromfalle bei einem Wirkwiderstand Spannung und Stromstärke in Phase liegen - also zeitgleich sind -, wenn doch für das Entstehen

von Ladungsdichte Zeit erforderlich ist. (Ladezeit bei Kondensatoren)

Wie soll man verstehen können, daß bei Kondensatoren die Ladungen

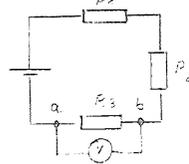


sich innen befinden (sich innen gegenüberliegen), und der Kondensator aber nach außen wie eine Spannungsquelle wirkt?

Bedenkt man, welche große technische Relevanz der Induktionsschleife (Generator, Transformator), der Phasenverhältnisse in Wechselstromsystemen, und dem Kondensator als Schaltelement zukommt, dann wird besonders deutlich, welche Folgen dieses Nichtverbindenkönnen der einzelnen Phänomene und der sie erklärenden Lehrsätze für das kognitive Selbstbewußtsein haben muß.

3.3.4 Der nicht verstandene Spannungsabfall und die Handlungskompetenz.

Wer die Spannung als erklärende Ursache für den Strom versteht, wer also die Spannung zwischen a und b als



Bewirker des Stromes durch R_3 denkt, der muß sich irgend etwas vorstellen können, das das Drücken, Schieben oder Ziehen an den Elektronen bewirkt. Das Ladungsunterschiedsmodell liefert diese Erklärung: Wenn a mehr

Elektronen hat als b, dann übt b eine ziehende und a eine drückende Wirkung aus, so können die Elektronen die Reibung in R_3 überwinden. Entscheidend für das Verstehen ist, daß in der erklärenden Kausalität die Ursache vorgängig zur Wirkung ist. Aber auch das liefert das Ladungsunterschiedsmodell: zuerst der Ladungsunterschied, dann der Strom. Die kognitive Bewältigung von Stromkreisphänomenen verlangt jedoch die Umkehrung dieser Beziehung: Der Spannungsabfall an R_3 ist die Folge des Stromes und nicht sein Bewirker.

Eine erklärende kausale Beziehung ist aber nicht umkehrbar. Deshalb ist das Phänomen des Spannungsabfalles nicht verstehbar. Das hat unmittelbare Handlungsbedeutung, wie die folgenden Situationen erweisen.

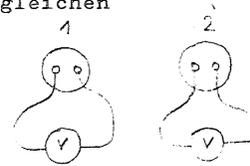
"In einem Raum befinden sich zwei Steckdosen 1 und 2. Eine Handleuchte wird mal an der einen, mal an der anderen Steckdose betrieben. Eines Tages leuchtet die Handleuchte, wenn sie an 2 angeschlossen wird, nur noch ganz schwach. An der Steckdose 1 angeschlossen leuchtet sie normal.

Was würden Sie tun um den Fehler zu beheben?"

Wenn Antworten zu dieser Frage kommen, dann meist:

"Ich würde die Spannung an 1 und an 2 messen".

"Gut, nehmen Sie an, die Spannung wird so wie die Skizze zeigt gemessen, dabei zeigen beide Spannungsmesser den gleichen



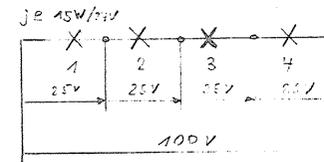
Wert - 224 V. Was würden Sie jetzt tun?"

Sehr viele, die so gefragt werden, (ob "Studierte" oder "Nichtstudierte") wissen nun nicht weiter, die Theorie verhilft ihnen zu keiner Lösung.

Der erfolgreich Denkende dagegen müßte in etwa so denken:

"Ein Fehler in der Lampe liegt nicht vor (sie leuchtet an 1 normal). In der Zuleitung zu 2 muß deshalb ein Spannungsverlust entstehen: wahrscheinlich hat sich eine Klemmstelle gelockert. Eine Spannungsmessung ist nicht erforderlich, denn die zu geringe Lampenleitung ist der gültige Indikator für die zu geringe Klemmenspannung."

Das kognitive Versagen vor dem Phänomen des Spannungsabfalls wird auch noch in einer weiteren Fragestellung deutlich:



"In dieser Schaltung liegt jede Lampe an 25 V. Die Lampe 3 brennt durch. Sie möchten diese Lampe ersetzen. Sie greifen aber nach einer Lampe mit den Nennwerten 15 W/6 V.

Was geschieht?

Die häufigste Antwort:

"Diese Lampe brennt sofort durch, denn sie wird an eine Spannung angeschlossen, die mehr als viermal so hoch wie

ihre Nennspannung ist."

Wird die Schaltung nun realisiert, so ist die Überraschung stets groß, wenn die eingesetzte 6 V - Lampe gar nicht, die anderen aber heller als vorher leuchten.

4. Das Versäumen der Denkschulung im Theorieunterricht.

4.1 Die falschverstandene didaktische Reduktion als "Abstraktionsvermeidungsstrategie".

Jeder, der einen Stein hebt, weiß, daß dadurch das "nach unten Streben" des Steines (das Gewicht) nicht größer wird. Er weiß aber auch, daß das, was der Stein beim Herunterfallen "anrichten" kann, umso größer ist, je höher er ihn hebt. (Das ist der Unterschied zwischen Kraft und Energie, zwischen Feldstärke und Spannung.)

Jedermann weiß das. Dieses Wissen auf den Begriff zu bringen bedeutet die zunehmende Abstraktion dieses Wissens: Aus dem "nach unten Wollen" wird Gewicht, aus dem Gewicht die Gewichtskraft, aus der Gewichtskraft die Anziehungskraft zwischen Massen (Gravitation), aus der Anziehungskraft zwischen Massen die Feldstärke im Gravitationsfeld. Ähnlich die Energie: Aus dem "Anrichtenkönnen" wird die Wucht, aus der Wucht die Arbeit, aus der Arbeit die Lageenergie, aus der Lageenergie die Energie des Gravitationsfeldes.

Strukturelles Wissen entsteht durch Handeln, Wahrnehmen und durch die Begriffsbildung". (Aebli, 1981, S. 195)

Unsere Analyse zum Spannungsbegriff hat gezeigt, daß die Belehrung im Fachunterricht diesen Prozeß der Abstraktion nicht leistet: Die Handlungstheorie wird nicht durch den Prozeß der Abstraktion aus der Handlungserfahrung, dem Handlungswissen gewonnen.

Der Theorieunterricht versucht die Abkürzung, er kommt von oben, er versucht nicht, die Begriffe sich im handelnd Denken-den bilden zu lassen, er versucht die Begriffe "von außen" in die Köpfe zu bringen.

Begriffsbildung ist jedoch das, was "innen" im Denkenden geschieht, sie ist aktives Suchen, Suchen nach dem Gemeinsamen, Suchen nach mehr Ordnung. Deshalb muß der Prozeß der Abstraktion von dem ausgehen, was abstrahiert wird. Der Denkende stiftet durch die Konstruktion von Begriffen Ordnungen, die abstrakt sind. So bringt er es fertig, den Wal (fisch) und den Zwergpinscher als Repräsentant eines Begriffes zu verstehen, als etwas Gleiches zu erkennen! So entwickelt sich die Kognition und so entsteht Theorie.

"Dieser Handlungs-, Operations- und Begriffsaufbau erfolgt in Kontinuität aus dem vorhandenen Wissen. Im Zuge der Konstruktion werden vorhandene Elemente schrittweise mit vorhandenen Beziehungsbegriffen verknüpft. Die gestiftete Beziehung wird objektiviert; so erhält sie wiederum den Charakter eines einfachen Elementes. Dieses kann zusammen mit anderen vorgefundenen oder konstruierten Elementen verknüpft werden. Dabei kann jedes Handlungsschema und jede Operation zum Begriff werden, wenn es/sie nur innerlich und in einer gewissen Transparenz vollzogen wird und wenn es/sie abschließend durch sprachliche Benennung objektiviert wird." (Aebli, 1981, S. 197)

Die weiter oben zitierten Lehrbuchtexte zeigen den genau umgekehrten Prozeß der "Theorie von oben":

Die "Erklärung" beginnt nicht "anschaulich" beim Phänomen und endet in der Abstraktion und deren sprachlichen Benennung. Sie beginnt mit der sprachlichen Benennung und endet in der "Anschaulichkeit" des Ladungsunterschiedsmodells.

Eine solche Reduktion kommt stets mit dem Verstehbarkeitsanspruch einher: Weil Schüler in beruflichen Schulen weniger abstrakt denken, muß Abstraktion vermieden werden.

So erzeugt der "anschauliche" Theorieunterricht genau das, was er als voraussetzende Bedingung annimmt, die Unfähigkeit im System einer Theorie geordnet zu denken.

4.2 Das Unverstehbare als Wahrheitsanspruch und die kognitive Entmündigung.

"Spannung ist das Ausgleichsbestreben unterschiedlicher Ladungen." Dieser Satz wird unter zwei Ansprüchen gelehrt, dem Anspruch der Wahrheit und dem Anspruch des Verstehbar-machens der Phänomene und Beziehungen, in denen Spannung auftritt. Unsere Analyse hat gezeigt, daß dieser Satz jedoch keine Einsicht stiften kann.

Der Lernende muß aber dieses objektive Nichtverstehenkönnen als subjektives Defizit erleben. Das ganze mächtige Lehrsystem bemüht sich ja gerade, ihn mit diesem Satz zum Verstehen zu bringen. Der Lernende, der nicht versteht, weil er richtig denkt, muß deshalb an seinem eigenen (richtigen!) Denken verzweifeln. "Alle verstehen das, nur ich nicht." Das ist die Erlebnissituation der Belehrten, die sich noch um Verstehen bemühen. Wer da nicht herausfindet, muß an seiner eigenen Denkkraft verzweifeln, muß kognitive Hilflosigkeit erleben. Da mit dem Bewußtsein eigener kognitiver Unzulänglichkeit niemand leben kann, bietet sich resignierende Gleichgültigkeit Theorieansprüchen gegenüber als Ausweg. "Zuerst habe ich nichts verstanden, dann habe ich mich daran gewöhnt." (Ein "Studierter" nach der Diplomprüfung)

Diese aus dem Erleben der Zwecklosigkeit eigener Denkbe-mühungen erwachsene Gleichgültigkeit ist eine wichtige Vor-aussetzung für die Bereitschaft, im Handeln geistig geführt zu werden, und sie ist Voraussetzung für das Akzeptieren hierarchisch strukturierter Produktionsprozesse.

So stützt Gleichgültigkeit "die bestehende Organisation der gesellschaftlichen Arbeit, unser Beschäftigungssystem und damit die Ordnung unserer Gesellschaft überhaupt." (Lempert, 1981, S. 34)

Der (unbewußte?) Verzicht auf Denkerziehung im Theorieunter-richt könnte gesellschaftlich erwünscht sein. Der Fachtheo-rie-Unterricht -das hat die Analyse zum Spannungsbegriff ge-zeigt- wäre dann ein wirksamer Sozialisationsagent.

Literaturverzeichnis

- Adolph, G. (1980) Der Prozeß der Theoriebildung im be-ruflichen Fachunterricht: Demonstriert am Beispiel der Entwicklung des Ma-teriebegriffes in der Grundbildung Elektrotechnik, in: Drechsel, R (Hg) Workshop, Didaktik beruflichen Lernens, Bremen
- Aebli, H. (1980) Denken, das Ordnen des Tuns Bd. 1 Stuttgart
- Aebli, H. (1981) Denken, das Ordnen des Tuns Bd. 2 Stuttgart
- Clever, P. (1975) Kritischer Rationalismus und die Kom-plexität sozialer Systeme, in: Lührs, G. u.a. (Hg) Kritischer Rationalismus und Sozialdemokratie, Berlin, Bonn, Bad Godesberg
- Einstein, Infeld (1956) Die Evolution der Physik, Wien
- Feymann, R. (1977) Vorlesungen über Physik, Bd. II, Teil 1 München, Wien
- Grize, J.B. (1977) Analyse zur erkenntnistheoretischen Untersuchung des Funktionsbegriffes, in: Pinget u.a. Epistemologie und Psychologie der Funktion, Stuttgart
- Habermas, J. (1981) Theorie des kommunikativen Handelns, Frankfurt/Main
- Heisenberg, W. (1971) Die Abstraktion in der modernen Natur-wissenschaft, in: Heisenberg, Schritte über Grenzen, München
- Johannsen, K.(Hg)(1972) AEG - Hilfsbuch 1, Heidelberg
- Leontjew, A.N. (1977) Tätigkeit, Bewußtsein, Persönlichkeit, Stuttgart
- Lempert, W. (1981) Berufliche Bildung und gesellschaftliche Arbeit, in: Hoppe, Krüger, Rauner (Hg) Berufs-bildung, Frankfurt/Main, New York
- Neisser, U. (1979) Kognition und Wirklichkeit, Stuttgart
- Rauner, F. (1981) Hochschultage Berufliche Bildung, in: Hoppe, Krüger, Rauner (Hg) Berufs-bildung, Frankfurt, New York

Piaget, J. (1975)

Die Entwicklung des Erkennens. Das
physikalische Denken, Stuttgart

Wagenschein, M. (1976)

Rettet die Phänomene,
in: Dahncke, H. (Hg) Zur Didaktik der
Physik und Chemie, Hannover, Darmstadt,
Dortmund, Berlin

Fachbücher zur Elektrotechnik

- (A) Hille, Schneider, Großmann Elektrofachkunde 1, Grundlagen
Teubner, Stuttgart, 1978
- (B) Buczilowski, Hinrichsen,
Hühne, Müller, Rötter,
Schubert Elektrotechnik für berufliche
Schulen, Grundstufe
Schroedel, Hannover, Darmstadt,
Dortmund, Berlin, 1979
- (C) Hübscher, Klaue, Pflüger,
Apell Elektrotechnik Grundstufe,
Westermann, Braunschweig, 1978
- (D) Arnold Fachkunde für Elektroberufe, Grund-
lagen, Grundgesetze, Messkunde
Klett, Stuttgart 1976
- (E) Wellers, Schweinach Technologie Elektrotechnik, Fach-
kunde für Elektroberufe Grundstufe
Giradet, Essen, 1979
- (F) Springer, Breimer, Burkard,
Häberle, Knisterer, Mayer,
Rinn, Springer, Stricker,
Zimmermann Fachkunde Elektrotechnik, Stufe 1,
Grundkenntnisse
Europa, Wuppertal, 1978
- (G) Betz, Huber, Beuth, Lanwaßer,
Schmidt, Wunderlin Grundkenntnisse Elektrotechnik,
Handwerk und Technik, Hamburg 1978
- (H) Bach, Frielingsdorf, Linter-
mann Grundlagen der Elektrotechnik
Stam, Köln, 1980
- (I) Adolph, Dziok, Heinrich,
Wemhöner Naturwissenschaftliche Grundlagen
der Elektrotechnik,
Stam, Köln, 1970

Vorankündigung der Hochschultage BERUFLICHE BILDUNG 1984

Wolfhard Horn
(Sprecher der Bundesarbeitsgemeinschaft)

Anschrift:

Wolfhard Horn
Kollegschole Köln
Eitorfer Str. 22-24
5000 Köln 21

Bei den kommenden Hochschultagen in Berlin wird die Elektrotechnik wieder mit einer eigenen Fachtagung vertreten sein. Zu dieser Fachtagung sind alle interessierten Kollegen herzlich eingeladen. Wie schon in der Vergangenheit werden wir es auch dieses Mal wieder leisten, Lehren und Lernen in der Elektrotechnik

- besser zu verstehen,
- besser zu verantworten und
- durch Beispiele und fachdidaktischen Austausch praktisch zu erleichtern.

Die aktuelle elektrotechnische Entwicklung ist atemberaubend, insbesondere in den Bereichen, die von der Mikroprozessortechnik tangiert werden. Diese Entwicklung wirft für uns die Frage auf:

In welcher Weise laufen wir Gefahr, mehr oder weniger blind mit Inhalten von gestern und Methoden von heute für die Arbeit von morgen auszubilden?

Wenn wir nicht in blindem Aktionismus vorgegebenen realen oder vermeintlichen technischen Aktualitäten hinterherhetzen wollen, müssen wir unser Handeln begründen. Dazu müssen wir die Ziele unserer Bildungsarbeit sorgfältig präzisieren.

Zu den wichtigsten Ergebnissen der letzten Hochschultage 1982 in Hannover gehörte die Erkenntnis, daß sich Ziele und Inhalte beruflicher Bildung nicht kurzschlüssig aus der aktuellen technischen Entwicklung ableiten lassen. (Dies haben -z.T. zur Überraschung der Lehrenden- insbesondere die Ausführungen aller Vertreter der Industrie übereinstimmend deutlich gemacht.) In Kontinuität zu Hannover 1982 werden wir deshalb in Berlin 1984 das didaktische Verhältnis von aktueller technischer Realität zu den Zielen untersuchen, mit denen wir unser Tun begründen können. Wir werden damit Orientierungspunkte erarbeiten, wie man mit moderner technischer Entwicklung didaktisch sorgsam und verantwortungsvoll umgeht. Deshalb haben wir uns das Thema gewählt:

Wandel der Elektrotechnik-Facharbeit - Konsequenzen für die Gestaltung beruflicher Lernprozesse im Berufsfeld Elektrotechnik

Wir wollen in Berlin für uns Lehrende in Betrieb, Schule und Hochschule möglichst praxisnahe und praxisrelevante Ergebnisse erreichen. Deshalb haben wir eine kleine Auswahl von Fragen zu diesem Thema zusammengestellt, die sich uns im Augenblick in der Praxis stellen und die wir in Berlin bearbeiten werden.

- Welche Inhalte braucht der Auszubildende für seine Arbeit? (Kenntnisse über Befestigungselemente in der Installationstechnik oder Kennlinien von Transistoren oder von speicherprogrammierbaren Steuerungen - Welche Funktion hat dieses Wissen bei seiner beruflichen Tätigkeit?)
- Was sollen unsere Schüler von aktueller Technik verstehen? (Die Betonung liegt hier auf "verstehen". Es gibt Schüler, die können auf die Frage, warum das Fernsehbild zusammenbricht, nach Messungen am Gerät z.B. richtig antworten: "Weil dieser Widerstand kaputt ist." Auf die Frage, warum denn der Ausfall dieses Widerstandes den Bildzusammenbruch bewirkt, folgt manchmal fassungsloses Schweigen. Ein Verstehender kann hier antworten; er hat die Zusammenhänge im Griff. Um das zu erreichen, braucht es Zeit. Moderne Technik birgt in ihrer Dynamik die Gefahr, auf dieses Verstehen zu verzichten. Kann man -vielleicht teilweise- darauf verzichten? Wo ist es unverzichtbar?)
- Macht das Lernen moderner Technik dumm? (Neben einem notwendigen qualitativen Anstieg nachgefragter Qualifikation für wenige bringt die Entwicklung der Technik eine Dequalifizierungstendenz für viele mit sich. Qualifizierte Fehlersuche in Geräten und Anlagen wird z.B. weitestgehend automatisiert. Führt dies zu einer Verarmung der intellektuellen Entwicklung in der Berufsbildung?)
- Welche Inhalte ändern sich in der Ausbildung? Was bleibt? Gibt es ein Grundlagenwissen? Welches sind diese Grundlagen? (Die schnelle fortlaufende Änderung der Technik führt zu Schwierigkeiten in bezug auf die curriculare Struktur des Lehrplans bzw. der Ausbildungsordnung. Das hat viele Lehrende dazu bewogen, sich mit besonderem Schwerpunkt auf die physikalischen Grundlagen der Technik zu stürzen, weil

diese Grundlagen das einzige zu sein scheinen, das in der Elektrotechnik bleibenden Bestand hat. Wie wichtig ist jedoch die Physik als Grundlage für die Elektrotechnik? Gibt es andere Grundlagen?)

- Kann das Feld 'Arbeit' durch eine fachsystematische naturwissenschaftliche Behandlung erschlossen werden?
- Erlauben unsere fachsystematisch geordneten Lehrpläne das gedankliche Ordnen beruflicher Wirklichkeit?
- Inwiefern stellen Lehrpläne und Ausbildungsordnungen eine Verbindung zwischen Lehrinhalten und Bildungszielen her? (In den Lehrplänen und Ausbildungsordnungen drängt sich der Eindruck auf, daß vergleichsweise genau angegeben ist, was im einzelnen gekonnt werden soll; dagegen bleibt es sehr im unverbindlichen Dunkel, wozu das alles gekonnt werden soll. Gibt es überhaupt Antworten auf das "Wozu"? Welche Verbindungen gibt es zwischen "Wozu" und "Was"?)
- Wie alt dürfen Geräte für die berufliche Bildung (Labor, Werkstatt, Demonstration) sein und nach welchen Gesichtspunkten sollen sie angeschafft und eingesetzt werden, wenn aktuell für die "Arbeit von morgen" unterrichtet werden soll?
- Wird für den Beruf und nicht für isoliertes Einzelwissen ausgebildet? (Gibt es eine Berufsvorstellung, auf die hin sich die berufliche Bildung ausrichtet oder nur Haufen von Wissensselementen, die anhand von Katalogen (PAL) zu Prüfungspäckchen verpackt die Richtschnur für berufliche Bildungspraxis abgeben?)
- Was verstehen wir unter beruflicher Handlungskompetenz? (Ist es das, was die Nachfrager beruflicher Qualifikationen als Qualifikation festlegen, damit eine "Lücke" im Produktionsprozeß reibungslos gefüllt wird oder sind es individuelle Fähigkeiten, die über diese "Lückenfüller-Funktion" hinausgehen?)
- Lernen die Auszubildenden für die Funktion im Beruf zuviel? (Gibt es eine "Überqualifizierung"?)

- Kann man die Elektrotechnik nur dadurch intellektuell bewältigen, daß man nicht nur "etwas über Elektronen" lernt?

(Ist ein Elektrotechnik-Facharbeiter mehr als ein "Elektronentechnokrat"? Gibt es so etwas wie universelle Facharbeit als Antwort auf zunehmend integrierte Technik?)

- Welche Qualität erfordert die berufliche Bildung, um die alleinige Beschränkung auf Anpassung an die beruflichen Erfordernisse zu überwinden, aber andererseits nicht auf notwendige Anpassung zu verzichten?
- Welche und wieviel Technikgeschichte benötigt man, um seinen Beruf gut und mit Bewußtsein ausüben zu können? (Die heutige technische Realität wird vielfach in ihrer Existenz auf so etwas wie einen Urknall zurückgeführt. Sie ist eben so wie sie ist und damit basta. Es wird nicht gesehen, wie sie "geworden" ist; damit wird sie jedoch auch nicht verstanden und damit entzieht sie sich in ihrem Werden dem Einfluß derjenigen, die ohne dieses Verständnis beruflich in ihr handeln.)

Die Bearbeitung dieser Auswahl von Fragen im Hinblick auf das gemeinsame Thema wird organisatorisch in fünf Schwerpunkten erfolgen, die jeweils von zwei Kollegen moderiert werden:

1. Schwerpunkt: Welches Verhältnis besteht zwischen Lehrinhalten und Bildungszielen?

Moderatoren:

Detlef Gronwald
Universität Bremen
-FB 11-
Postfach 330440
2800 Bremen 33
Tel.: 0421/2182759

Wolfhard Horn
Kollegschole Köln
Eitorfer Str. 22-24
5000 Köln 21
Tel.: 0221/22191339

2. Schwerpunkt: Löst sich der Elektrotechnik-Sektor zugunsten einer integrierten Technik mit der Folge einer universellen Facharbeit auf?

Moderatoren:

Hansgeorg Meyer Erwin Schelbert
Universität Hannover Fritz Baer Str. 19
Lehrgebiet für Elektrische 8000 München 71
Anlagen und Fachdidaktik Tel.: 089/145011
der Elektrotechnik
Lange Laube 32
3000 Hannover 1
Tel.: 0511/7625514

3. Schwerpunkt: Welche Konsequenzen hat die Entwicklung der Elektrotechnik-Facharbeit auf die Ausstattung von Unterrichtsräumen (Fachunterrichtsraum, Labor, Werkstatt)?

Moderatoren:

Siegmar Schnabel Jürgen Trotier
Staatliche Berufsschule Oberstufenzentrum für
für Energietechnik G10 Energietechnik
Museumstr. 19 Goldbeckweg 8-14
2000 Hamburg 50 1000 Berlin 20
Tel.: 040/818362 Tel.: 030/3341093

4. Schwerpunkt: Gibt es bleibende Grundlagen/Grundbegriffe in der Elektrotechnik-Ausbildung?

Moderatoren:

Gottfried Adolph Friedhelm Eicker
Gesamtseminar Köln Schulzentrum Bürgerpark
Ausbildungsgruppe bb Gewerbliche Lehranstalten
Claudiusstr. 1 Georg-Büchner-Str. 7
5000 Köln 1 2850 Bremerhaven 1
Tel.: 0221/3386490 Tel.: 04747/1360

5. Schwerpunkt: Nach welchen Kriterien sollen Inhalte des Themas "Mikroelektronik" für die Berufsbildung ausgewählt werden und wie sollen sie den Auszubildenden vermittelt werden?

Moderatoren:

Wolf Martin Klaus Segelke
Universität Hamburg Möwenring 2F

van Melle Park
2000 Hamburg
Tel.: 040/434719

2000 Schenefeld
Tel.: 040/8307474

Die aktive Beteiligung ist erwünscht und steht in jedem Schwerpunkt jedem Interessierten offen, muß jedoch mit einem der jeweiligen Moderatoren abgesprochen werden. Sie umfaßt die anschauliche Vorstellung von konkretem Unterricht (z.B. durch Film, Video, Protokoll o.ä.), einen schriftlichen Beitrag von mindestens 10 und höchstens 15 Schreibmaschinenseiten (DIN A4, 1 1/2-zeilig)(Ausnahmen bedürfen der Absprache), der sich an den o.a. Fragen orientiert und die Vorstellung, Erläuterung und Diskussion in Berlin. Bitte melden Sie einen Beitrag möglichst bald an! Abgabetermin für einen Beitrag beim jeweiligen Moderator ist der 31.März 1984.

Ob Sie nun produktiv werden oder nur teilhaben wollen, merken Sie sich bitte schon jetzt folgenden Termin vor:

Hochschultage BERUFLICHE BILDUNG 1984 in Berlin

Beginn: 3.10.1984

Ende: 6.10.1984

Zeitlicher Verlauf der Fachtagung Elektrotechnik:

4.10.1984 9.00 Uhr Podiumsdiskussion zum Tagungsthema:
-12.00 Uhr Wandel der Elektrotechnik-Facharbeit -
Konsequenzen für die Gestaltung beruflicher Lernprozesse im Berufsfeld
Elektrotechnik
13.00 Uhr Arbeit in den fünf Schwerpunkten
-18.00 Uhr
5.10.1984 9.00 Uhr Fortsetzung der Arbeit in den fünf
-10.00 Uhr Schwerpunkten
10.15 Uhr Abschlußplenum: Berichte und Diskussion
-13.00 Uhr zur Fragestellung aus der Sicht des
(Ende) jeweiligen Schwerpunktes

EINLADUNG

zur aktiven Beteiligung an der Fachtagung Elektrotechnik im Rahmen der Hochschultage BERUFLICHE BILDUNG 1984 in Berlin

Wie in der Vorankündigung zu den Hochschultagen BERUFLICHE BILDUNG 1984 in Berlin in diesem Heft berichtet, setzt sich unsere Fachtagung aus fünf Schwerpunkten zusammen. Die Moderatoren stellen den Themenbereich ihres jeweiligen Schwerpunktes hier vor, damit Sie sich aktiv beteiligen können. Der formale Rahmen dazu ist in der o.g. Vorankündigung umrissen, kann jedoch Ihren persönlichen Wünschen angepaßt werden. Der letzte Abgabetermin für einen Beitrag ist der 31. März 1984. Sie sollten aber im Hinblick auf die notwendige Organisation einen Beitrag so schnell wie möglich bei einem der jeweiligen Moderatoren anmelden - auch dann, wenn der Beitrag noch nicht fertiggestellt ist. (Die Anschriften der Moderatoren finden Sie in der o.g. Vorankündigung in diesem Heft.)

1. Schwerpunkt: Welches Verhältnis besteht zwischen Lehrinhalten und Bildungszielen?
Moderatoren: Gronwald/Horn

Im ersten Schwerpunkt sollen Vorstellungen aufgezeigt und diskutiert werden,

- wie falsche Vorstellungen zu der Nützlichkeit traditioneller Kenntnisse und Fertigkeiten Wege zur beruflichen Emanzipation versperren können und
- wie professionelles Können mit Bildungsansprüchen didaktisch sinnvoll verknüpft werden kann.

Wir haben uns daran gewöhnt, "professionelles Können" und "gebildeter Geist" als Gegensatzpaar zu begreifen. H.Aebli schreibt dazu in "Denken: Das Ordnen des Tuns", Bd.I, S.15: "Das Gymnasium die Allgemeinbildung, Anm.) repräsentiert in dieser Sicht das Denken und die Berufsbildung das Handeln. Es gibt eine Bildungselite, die für sich den Geist in Anspruch nimmt und die das praktische Tun dem "Volk" zuweist: ein zweitausendjähriges soziales und politisches Denkmuster." Wie können wir aber konkret erreichen, daß Berufsbildung, daß also unsere Ausbildung/Lehre/Unterricht etwas mit Denk-erziehung zu tun hat? Betrachtet man z.B. die gültige Ausbildungsordnung und die derzeit bekannten Bemühungen um ihre

Weiterentwicklung, so erkennt man die Beschränkung auf die Reglementierung des praktischen Tuns. Ein Bildungsanspruch ist nicht erkennbar, geschweige denn ein Bildungskonzept. Einerseits gibt es natürlich notwendige Vorgaben in bezug auf die Lehrinhalte; natürlich muß der Auszubildende am Ende der Ausbildung auch professionell handeln können. Wie kann aber andererseits gelehrt und gelernt werden, damit berufliche Bildung gezielt und wirksam vermeidet, "nützliche Idioten" zu produzieren? An welchen Stellen geht unsere Ausbildung/Lehre/Unterricht über "berufliches Abrichten" hinaus? Wo sind Bildungsansprüche erkennbar? Welche Bildungsansprüche sind das? Wenn Ihnen diese Fragen wichtig erscheinen und Sie sich in Ihrer Praxis um Lösungen bemühen, bitten wir Sie, sich in diesem Schwerpunkt aktiv zu beteiligen. Dabei sollen die jeweiligen Bildungsansprüche benannt und erläutert und die Bildungswirkungen herausgearbeitet und analysiert werden. Es soll anhand von konkreten Beispielen das jeweilige Bemühen um praktische Lösungen vorgestellt und diskutiert werden.

2. Schwerpunkt: Löst sich der Elektrotechnik-Sektor zugunsten einer integrierten Technik mit der Folge einer universellen Facharbeit auf?
Moderatoren: Meyer/Schelbert

Der technische Fortschritt führt zur Anwendung neuer Technologien in Fertigung, Versorgung, Kommunikation oder privater Nutzung. Dabei wird von integrierten komplexen Systemen eine flexible Anwendbarkeit bei möglichst automatisiertem Ablauf der Arbeitsvorgänge gefordert; z.B. wirtschaftliche und automatisierte Fertigung vieler kleiner Serien. Die Einstellung, Überwachung und Wartung derartiger Anlagen erfordert vom Personal Kenntnisse über verschiedene Techniken (z.B. Elektronik, Hydraulik, Pneumatik) und über deren gegenseitige Verknüpfung in einem technischen System. Zur optimalen Durchführung dieser Aufgaben sind Mitarbeiter erforderlich, die z.B. Kenntnisse und Fertigkeiten in den o.g. Bereichen in Verbindung mit Aufgaben der Regelungs-, Steuerungs- und Mikroprozessor-Technik besitzen. Hierzu wäre die Schaffung neuer Berufe mit universellem Fachwissen an der Schnittstelle von traditionellen Schlosser- und Elektroberufen erforderlich.

Im Rahmen des Schwerpunktes sollen die hiermit verbundenen Probleme diskutiert werden; z.B.

- Arbeitsgebiete und Berufsaussichten "universeller" Facharbeiter
- Lehrinhalte und Organisation der Ausbildung
- übergeordnete Ausbildungsziele, wie Förderung der Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Technologien, oder Verbesserung des Verständnisses für komplexe Systeme

3. Schwerpunkt: Welche Konsequenzen hat die Entwicklung der Elektrotechnik-Facharbeit auf die Ausstattung von Unterrichtsräumen (Fachunterrichtsraum, Labor, Werkstatt)?
Moderatoren: Schnabel/Trotier

Berufliche Qualifizierung findet bei uns überwiegend im dualen System statt. Der Betrieb unterweist im wesentlichen praktische Fähigkeiten, die Schule vermittelt theoretische Kenntnisse. Bei guter Abstimmung der beiden Ausbildungsorte gewinnt der Auszubildende berufliche Handlungskompetenz, verstanden als "selbstinitiiertes, reflektiertes Handeln". Dies gilt jedoch nur dann, wenn Theorie nicht verstanden wird als Ansammlung von reproduzierbarem Wissen, sondern als handlungssteuerndes Element.

Wenn man akzeptiert, daß Theorie erst dadurch seinen Wert gewinnt, daß sie den Auszubildenden befähigt, zu reflektieren, bevor er handelt, und ihn damit in die Lage versetzt, sein Handeln selbst zu strukturieren, ergibt sich für die Schule, den Ort der Theorievermittlung, die Notwendigkeit, Theorie und Praxis und damit Schule und Arbeit eng aufeinander zu beziehen.

Wir wollen versuchen zu überlegen und darzustellen, welche Konsequenzen sich aus diesen oder anderen Verständnissen vom Sinn der Theorievermittlung für die instrumentelle Ausstattung von Fachunterrichtsräumen, Laboren und

Werkstätten ergeben.

Obschon diese Frage nicht leicht zu beantworten ist, erschwert ein anderer Aspekt die Entscheidung zusätzlich. Die schnelle technische Entwicklung in der Elektrotechnik-Facharbeit. Dies wird auch in Zukunft so sein. So stellt sich uns die Aufgabe, die Auszubildenden mit heute verfügbarem Instrumentarium für die berufliche Arbeit von morgen zu qualifizieren. Wie sollte das Wissen um diesen Tatbestand bei der instrumentellen Konzeption von Unterrichtsräumen (Laboren, Werkstätten) berücksichtigt werden?

4. Schwerpunkt: Gibt es bleibende Grundlagen/Grundbegriffe in der Elektrotechnik-Ausbildung?
Moderatoren: Adolph/Eicker

Die offenbar immer schneller werdende Veränderung der elektrotechnischen Geräte, Systeme, Produktionsweisen, Anwendungsweisen und Wartungsaufgaben übt einen immer stärker werdenden Innovationsdruck auf die Inhalte der Fachausbildung aus. Die Vorwurfsformel "mit dem Wissen von gestern für die Technik von morgen" ist leicht ausgesprochen. Versucht man aber die Lehrpläne zu durchforsten und "Gestriges" zu eliminieren, dann zögert der Streichstift immer wieder.

Offensichtlich gibt es "Wissen von Gestern", das auch "Wissen von Morgen" ist. Aber welches Wissen ist das? Von welcher Art? Gibt es Inhalte, Prinzipien, Begriffe, Strukturen, die als Grundlagen unabdingbar sind und deshalb nicht zur Disposition stehen können? Sind das physikalische Begriffe, Prinzipien und Strukturen? Oder mathematische? Gibt es solches Grundwissen auch als technologisches Grundwissen?

Wie sollten vermeintliche Grundlagen/Grundbegriffe in der Elektrotechnik-Ausbildung vermittelt werden? Möglicherweise ist diese Frage von besonderer Bedeutung, weil die Schüler durch "falsches" Lehren fragwürdiges Grundwissen lernen. Ist beispielsweise der "Spannungsteiler"

in jedem Fall ein Grundbegriff, oder nur bei "richtiger" Unterrichtsmethode?

Das vorliegende Heft 2 von 'lehren & lernen' steht zwar unter diesen Fragestellungen - aber beantwortet sie noch nicht. Auf schwierige Fragen kann es keine schnellen Antworten geben. Deshalb muß die Diskussion weitergehen.

Wir laden deshalb alle, denen die Grundlagenproblematik "auf den Nägeln brennt", ein, sich aktiv an unserem Schwerpunkt zu beteiligen. Ob Sie das Feld "theoretisch" beackern wollen, - oder an konkreten Unterrichtsbeispielen Ihre Argumente einbringen möchten, melden Sie uns (den Moderatoren: Adolph/Eicker) bitte Ihren geplanten Beitrag möglichst bald an. Wenn möglich, sollten Sie Ihren schriftlichen Beitrag durch eine selbstgebastelte Videoaufzeichnung ihres Unterrichts, durch Unterrichtsmaterialien etc. illustrieren.

5. Schwerpunkt: Nach welchen Kriterien sollen Inhalte des Themas "Mikroelektronik" für die Berufsbildung ausgewählt werden und wie sollen sie den Auszubildenden vermittelt werden?

Moderatoren: Martin/Segelke

In diesem Schwerpunkt sollen am Beispiel des Themas "Mikroelektronik" die Fragen erörtert werden, wie die Auswahl neuer Ausbildungsinhalte didaktisch zu begründen ist und nach welchen Kriterien Lehrgänge für diese neuen Inhalte strukturiert werden können.

Angesprochen sind Ausbilder und Lehrer, die Ihre Erfahrungen bei der Planung und Umsetzung "vor Ort" einbringen, praktizierende Curriculum-Entwickler von Instituten und Hochschulen sowie Theoretiker der Curriculumkonstruktion.

Mögliche Fragestellungen:

- 1) Was muß ein Schüler über, bzw. an dem Inhalt lernen, um fachkompetent in seinem Beruf mit ihm umgehen zu können?
- 2) Was muß ein Schüler über den Inhalt lernen, um ihn in die Struktur seines Verständnisses von elektrischen Phänomenen, Geräten und Verfahren einordnen zu können? Welches Lehrverfahren wird dabei möglichst vielen Schülern gerecht?
- 3) Was kann/soll ein Schüler über einen Inhalt lernen, wenn ihm auch Antriebe und Folgen des technischen Wandels und damit auch ökonomische, soziale und ökologische Aspekte der Technik in den Blick geraten sollen?
- 4) Hat der Inhalt eine berufsfeldbreite Bedeutung? Zeigt er in den verschiedenen Berufen so unterschiedliche Ausprägungen, daß er berufsspezifisch differenziert vermittelt werden muß?
- 5) Welche Schwierigkeiten bestehen, bei der didaktischen Reduktion/Transformation angemessene Erklärungsmodelle zu finden?
- 6) Welche Unterrichtsverfahren und welche Medien eignen sich vorrangig zur Vermittlung dieses Inhalts?
- 7) Können von Instituten ausgearbeitete Lehrgänge/Curricula problemlos in der praktischen Ausbildung und im Unterricht umgesetzt werden? Welche Erfahrungen haben Ausbilder und Lehrer damit gemacht?
- 8) Sind die "vor Ort" entwickelten und erprobten Lehrgänge übertragbar auf andere Adressatengruppen des Berufsfeldes?
- 9) Welcher Aufwand ist notwendig, um abgesicherte Antworten auf diese Fragen zu erhalten? Expertenbefragungen? Welche? Wieviele? Feldforschungen im Rahmen der Qualifikationsforschung?
- 10) Liegen bereits verlässliche Entscheidungshilfen vor?

Anmerkung: Die schriftlichen Erfahrungsberichte sind in ihrem Umfang nicht an die Mindestzahl von 10 Schreibmaschinenseiten gebunden.

Wolfhard Horn

(Sprecher der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufspädagogen der Fachrichtung Elektrotechnik)

Information für neue Interessenten und Bezieher dieser Zeitschrift 'lehren & lernen'

Als Bezieher dieser Zeitschrift 'lehren & lernen' sind Sie Mitglied der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufspädagogen der Fachrichtung Elektrotechnik. Ich möchte Sie deshalb über diese Bundesarbeitsgemeinschaft informieren, damit Sie genau wissen, was Sie erwarten können.

Diese Bundesarbeitsgemeinschaft versteht sich nicht als berufspolitischer Interessenverband. Deshalb wurde die lockere Organisationsform einer Arbeitsgemeinschaft und nicht z.B. die eines Vereins gewählt. Mit dieser Bundesarbeitsgemeinschaft soll jedem Interessierten die autonome produktive oder einfach partizipierende Teilnahme an einer gemeinsamen fachdidaktischen Diskussion ermöglicht werden.

Auszug aus dem Gründungsprotokoll:

1. Die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufspädagogen der Fachrichtung Elektrotechnik ist ein Zusammenschluß von Lehrern, Ausbildern und Hochschullehrern, deren Aufgabengebiete Unterricht, Ausbildung, Lehre und Forschung im Rahmen der beruflichen Fachrichtung und des Berufsfeldes Elektrotechnik sind.
2. Ziel dieser Arbeitsgemeinschaft ist es, berufliche Bildungspraxis vor allem im Berufsfeld Elektrotechnik weiterzuentwickeln. Diesem Zweck dienen insbesondere
 - die Analyse von Unterricht/Ausbildung in ihren Inhalten und Formen, institutionellen, gegenständlichen, rechtlichen, ökonomischen, technologischen und politischen Bedingungen
 - die Entwicklung neuer Formen und Inhalte für Unterricht/Ausbildung
 - die Weiterentwicklung der Ausbildung des Lehrpersonals
 - der überregionale Austausch von Erfahrungen und Ergeb-

nissen zwischen den Bildungseinrichtungen sowie zwischen beruflicher Bildungspraxis, Lehrerbildung, Forschung und Bildungsverwaltung

- die Entwicklung und Vorbereitung von Materialien für berufliches Lernen, soweit diese eine innovative Qualität haben
 - die Veröffentlichung einschlägiger Literatur (Didaktik beruflichen Lernens, Qualifikationsforschung, Ergebnisse aus Modellversuchen usw.), soweit diese das Berufsfeld bzw. die berufliche Fachrichtung Elektrotechnik betrifft
 - die Veröffentlichungen von Empfehlungen zu Fragen und Problemen beruflicher Bildung im Berufsfeld Elektrotechnik und der Ausbildung von Lehrern/Ausbildern der beruflichen Fachrichtung Elektrotechnik
3. Die Arbeitsgemeinschaft wirkt mit bei der Durchführung der Hochschultage BERUFLICHE BILDUNG - in der Regel durch die Gestaltung eines eigenen Tagungsbereichs.
 4. Die Arbeitsgemeinschaft wählt zweijährig einen Sprecher und dessen Vertreter sowie Beiräte, deren Zusammensetzung und Aufgaben jeweils neu festzulegen sind. Ständige Beiräte werden gewählt für
 - berufliche Curricula (Rahmenlehrpläne, Lehrpläne, Ausbildungsordnung)
 - Herausgabe von Materialien und Literatur
 - Ausbildung von Lehrern/Ausbildern
 5. Im Beirat wirken mit: Je ein Vertreter jedes Bundeslandes
 6. Der Sprecher vertritt die Arbeitsgemeinschaft im Koordinierungsausschuß der Arbeitsgemeinschaft Hochschultage BERUFLICHE BILDUNG.

Wenn Sie an der Zeitschrift interessiert sind und Mitglied werden wollen, bitte ich Sie, den diesem Heft beigelegten Vordruck oder eine formlose Anmeldung an meine Anschrift zu senden:

Wolfhard Horn
Kollegschule für Elektrotechnik
Eitorfer Str. 22-24
5000 Köln 21

Gronwald, Martin: Lehrorientierte Einführung in die Elektrotechnik
Friedr. Vieweg Verlag
Braunschweig/ Wiesbaden 1982

Die Autoren dieses Buches, daß sich vorwiegend an Berufsschullehrer richtet, haben sich zum Ziel gesetzt, eine "lehrorientierte Fachwissenschaft, die ... wissenschaftlich ausgewiesen ist," zu entwickeln. Dies soll dreierlei beinhalten:

- 1.) Sämtliche Inhalte des Berufsfeldes Elektrotechnik müssen erfasst und wissenschaftlich aufgearbeitet werden.
- 2.) Die Darstellung soll sich an technischen Anwendungen orientieren und das Prinzip des handelnden Lernens soll die didaktischen Überlegungen bestimmen.
- 3.) Der historisch-gesellschaftliche Bezug der Elektrotechnik soll und muß einbezogen werden.

Bei diesem hohen Anspruch ist den Autoren wohl selbst ein wenig bange geworden. Gleich beim ersten Aspekt schränken sie jedenfalls ein, daß es sich nur um die Behandlung des sogenannten "beständigeren Basiswissens" handeln könne und dies auch nur sinnvoll sei. Nur hilft die Formulierung alleine nicht weiter. Es müßte ausgewiesen werden, was denn nun dazu gehört und vor allem, warum. Leider geschieht dies über weite Strecken nicht oder nur sehr pauschal. So wirkt es dann für den Leser überraschend, wie ausführlich zum Beispiel die Regelungstechnik einschließlich Laplace-Transformation, Bode-Diagramm usw. behandelt wird, während er auf der anderen Seite etwa den Begriff "Schütz" selbst im Stichwortverzeichnis vergeblich sucht.

Oder ein anderes Beispiel: Im Kapitel "Leistungsstellglieder" werden die verschiedensten Gleich- und Wechselrichterschaltungen bei unterschiedlichsten Belastungen dargestellt. Auf der anderen Seite bleibt dann nicht einmal Raum, die Duo-Schaltung zu behandeln. Stattdessen wird dem Leser in einer Skizze eine parallel-kompensierte Leuchtstofflampe als gebräuch-

lichste Schaltung vorgestellt. So wirkt das Buch für den Leser doch in weiten Teilen wie ein Lexikon, bei dem die Auswahl der Stichworte nicht einsichtig ist.

Zu 2.) Hier liegt die eigentliche Stärke dieses Buches. Am Ende der verschiedenen Hauptkapitel zeigen die Autoren beispielhaft, wie sich das lexikalische Nebeneinander in komplexen, an der technischen und beruflichen Realität orientierten Aufgabenstellungen im Unterricht auflösen kann. So wird als Abschluß des Kapitels "Gleichspannungsversorgung elektronischer Geräte" ein "Projekt Netzgerät" vorgestellt, in dem aus einem Batterieladegerät ein stabilisiertes Netzgerät entwickelt wird. Dabei wird sehr gut deutlich, wie die verschiedenen analytischen und konstruktiven Elemente zu einem einheitlichen Lernprozeß verschmelzen können. Schade, daß auch in diesem Buch vor einem inflatorischen Gebrauch des Begriffes Projektunterricht nicht haltgemacht wird. Die meßtechnische Erfassung eines Waschmaschinenantriebes stellt auch dann kein Projekt dar, wenn sie mit dem Ziele der praxisorientierten Berufsvorbereitung die Simulation von Fehlern beinhaltet. Es mag eine sinnvolle praktische Auseinandersetzung mit einem konkreten Problem erheblicher Komplexität sein, aber dies macht noch kein Projekt aus.

Von dieser Kritik abgesehen wünschte ich mir eine Ausweitung dieses Bereiches in dem Buch. Die Vertiefung der teleologischen, didaktischen und methodischen Überlegungen würden dem Lehrer an seiner täglichen Arbeit auch den Stellenwert der wissenschaftsorientierten Ausführungen verdeutlichen, auch, wenn dafür der Anspruch der lexikalischen Vollkommenheit aufgegeben würde.

Zu 3.) Ich halte es für ein Verdienst der Autoren, den Aspekt der gesellschaftlich-historischen Dimension der Elektrotechnik ins Blickfeld gerückt zu haben. Gerade in stark fachwissenschaftlich orientierten Büchern geschieht dies sehr selten. Aber es ist nicht damit getan, jeweils zu bestimmten Themenbereichen Kapitel eines technischen Geschichtsbuches zu wiederholen. Daran ändert sich auch nichts, wenn man schamhaft

auf einige Probleme hinweist und diese dabei noch verharmlost:
"Der damit notwendige verstärkte Einsatz der Informations-
technik ist nicht unproblematisch und hat weitreichende gesell-
schaftliche Konsequenzen. Diese sind vergleichbar mit den
Folgen der Einführung der Kraftmaschinen zu Beginn der Indus-
trialisierung." Dies wird inhaltlich zum Bereich der Infor-
mationstechnik gesagt, den die Autoren neben der Meßtechnik
und der Energietechnik als den dritten fachlichen Bereich in
ihrem Buch behandeln.

Die Entwicklung der Elektrotechnik hat heute zu einer grund-
sätzlichen Auseinandersetzung geführt, die hinter jeder Dis-
kussion über die weitere technische Entwicklung steht. Zwei
gegenwärtig antagonistische Positionen bestimmen diese Aus-
einandersetzung. Die eine Position geht davon aus, daß ein
Ausbau der Elektrifizierung und eine Erfassung möglichst
vieler Lebens- beziehungsweise Produktionsbereiche technisch
möglich, daher nicht zu verhindern, darüberhinaus positiv
und fortschrittlich ist. Elektrische installierte Leistung
ist für diese Position letztlich gleichbedeutend mit ge-
sellschaftlichem und individuellem Fortschritt. Dieser
sogenannte "harte" Weg der Elektrotechnik wird gegenwärtig
in den meisten Industrienationen und besonders auch in der
Bundesrepublik verfolgt. Die andere Position ist unter dem
Begriff "sanfte Technik" bekanntgeworden und beinhaltet
eine Ausrichtung der technischen Entwicklung und der ein-
gesetzten Technologien an den spezifischen Interessen der
Endverbraucher, und zwar aller. (1)

Der Auseinandersetzung um diese Positionen kann sich die Be-
rufsausbildung nicht entziehen. Der Versuch, sich zu ent-
ziehen, sozusagen im heilen Raum der Technik zu bleiben,
wirkt letztlich affirmativ in Bezug auf den "harten Weg".
Im Bereich der Energietechnik bedeutet dies meiner Mei-
nung nach, daß der Behandlung des Wirkungsgrades, und
zwar als Wirkungsgrad der jeweiligen Energieumwandlungs-

ette von der Primärenergie bis zum Endverbraucher eine grund-
sätzliche Bedeutung zukommt. Im vorliegenden Buch geschieht
dies nur an einer Stelle und auch da nur halbherzig, nämlich
bei der Behandlung der elektrischen Raumheizung.
Bereits im Vorwort versuchen die Autoren auch, sich aus der ge-
sellschaftlichen Auseinandersetzung im Bereich der Elektro-
technik herauszustehlen, indem sie darauf hinweisen, daß
der "Gegenstandsbereich einem ständigen gesellschaftlich be-
dingten Wandel unterliegt und darüberhinaus einen extrem
hohen Grad an Dynamik aufweist." Und daraus folgern sie, daß
eine "Zusammenstellung und Systematisierung der Fachtheorie,
die ein Facharbeiter benötigt," zur entscheidenden Aufgabe
wird.

Wenn also auch den Autoren der Verdienst zukommt, den gesell-
schaftlichen Verwertungsprozeß technischer Entwicklungen auf-
zugreifen, so wirkt das Buch gerade deswegen hierin ober-
flächlich und unkritisch.

- (1) Für mich ist es erstaunlich, wie wenig sich diese Aus-
einandersetzung in Fachbüchern für die Berufsschule,
aber auch in Unterrichtspraxis der Technologielehrer
widerspiegelt. Nach meiner Erfahrung wird sie meist
in den Aufgabenbereich des Politikunterrichts ge-
schoben. Aus diesem Grunde möchte ich auf folgende
Veröffentlichungen hinweisen:
- Lovins: Sanfte Energie, Harmondsworth 1977
 - Penczynski: Welche Energiestrategie können wir wählen?
herausgegeben von Siemens, 1978
 - Zukünftige Kernenergiepolitik-Politik, Bericht der
Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages, 1980
 - Traube: Wachstum oder Askese - Kritik der Industrie-
alisierung von Bedürfnissen, Hamburg 1982

Karsten Streppel

Rose, Thomas (Hrsg.)

"Unterrichtsmethodik Elektrotechnik -
Berufstheoretischer Unterricht"

Die Autoren verstehen dieses Buch als "ein Beitrag zur Überführung unterrichtsmethodischer Erkenntnisse in die Unterrichtspraxis auf dem Gebiet der Elektrotechnik".

Sie wenden sich an Lehrer des Faches Elektrotechnik, um ihnen die Spezifik der einzelnen Unterrichtsfächer und Berufe deutlich zu machen.

Die Methodik des berufstheoretischen Elektro-Unterrichts, ist sowohl in Aussagen formuliert, die für alle betreffenden Unterrichtsfächer und Berufe Gültigkeit besitzen, als auch Aussagen formuliert, die in ihrer Spezifik auf ein bestimmtes Unterrichtsfach und auf einen oder mehrere bestimmte Ausbildungsberufe zugeschnitten sind.

In diesem Sinne ist die Gliederung des Buches angelegt:

Die Grundlagen der Unterrichtsmethodik (Kap. 1) und die spezielleren Aussagen zu den einzelnen Unterrichtsfächern wie:

- "Grundlagen der Elektrotechnik" (Kap. 2)
- "Elektrotechnische Anlagen" (Kap. 3)
- "Elektrische Maschinen" (Kap. 4)
- "Bauelemente der Elektronik und Grundsaltungen der Elektronik" (Kap. 5)
- "Meßtechnik und Automatische Steuerungen" (Kap. 6)

sind in insgesamt sechs Kapiteln auf 350 Seiten dargestellt.

Dahinter steht folgender Sinn: die Autoren gehen von einer allgemeingültigen Methodik im elektrotechnischen Fachunterricht zur Ausbildung von Elektrofacharbeitern aus. Daher sind im ersten Kapitel neben "inhaltlichen Merkmalen" auch die "Unterrichtsgestaltung" und der "Einsatz von Unterrichtsmittel" allgemein, aber gleichzeitig speziell im Hinblick auf den berufstheoretischen Elektrotechnik-Unterricht gedacht worden.

In den weiteren fünf Kapiteln (Kap. 2 - 6) werden die allgemeinen Aussagen dann auf die oben genannten Unterrichtsfächer

relativiert.

Jedes dieser Kapitel gliedert sich (grob betrachtet) in die Unterpunkte:

- gesellschaftliche und berufliche Anforderungen,
 - Charakteristik des Lehrplans,
 - Ziele der Bildung und Erziehung,
 - Lehrstoff,
 - Unterrichtsgestaltung,
 - Unterrichtsbeispiele,
- die sich spezifisch auf das im jeweiligen Kapitel angesprochenen Unterrichtsfach beziehen.

Die folgenden Auszüge aus dem Methodik-Fachbuch für Lehrer der Fachrichtung Elektrotechnik sollen dem Leser einen Einblick bieten.

Auszüge

Auszug; S. 228

Kap. 5: Methodik der Unterrichtsfächer "Bauelemente der Elektronik" und "Grundsaltungen der Elektronik"

Tafel 5.2 Vorrangige Tätigkeit von Elektronikfacharbeitern gemäß Einsatzgruppen

Wesentliche Arbeitstätigkeiten:	Erzeugnisgruppen bzw. Spezialisierungsrichtungen			
	BE	BG	G	A
Einrichten, Bedienen, Überwachen, Warten von automatischen und halbautomatischen Fertigungseinrichtungen		////		
Montieren, Schalten mit einfachen Werkzeugen		////		
Messen, Prüfen		////		
Feldersuche und -beseitigung		////		

Erklärung:
Gruppe I ||||| Gruppe II //// Gruppe III ||||

Wesentliche Anforderungen an Persönlichkeitseigenschaften der Elektronikfacharbeiter

Bezüglich der Persönlichkeitseigenschaften werden an Elektronikfacharbeiter folgende Anforderungen gestellt:

● Kenntnisse

- über Aufbau, Wirkungsweise, Funktion, Einsatzmöglichkeiten und -parameter wichtiger Bauelemente der Elektronik, Baugruppen bzw. Grundsaltungen einschließlich integrierter Schaltkreise bzw. Schaltungen

- über Eigenschaften, Einsatzmöglichkeiten, Prüfung für berufstypische Werkstoffgruppen und mechanische Elemente, Bauteile ...

- moderner Technologie des Herstellers elektrischer Verbindungen, der Montage und des Trennens

- der einschlägigen Standards.

● Fähigkeiten, Fertigkeiten, berufliches Können

- in der qualitätsgerechten Durchführung moderner technologischer Verfahren, besonders des Herstellers elektrischer Verbindungen, der Montage und des Trennens

- im Einrichten, Bedienen, Warten, Überwachen teil- und voll-automatisierter Fertigungseinrichtungen, Meß- und Prüfeinrichtungen, Erkennen und z.T. Beheben einfacher Störungen daran

- in der sicheren Handhabung grundlegender Meß- und Prüfmittel

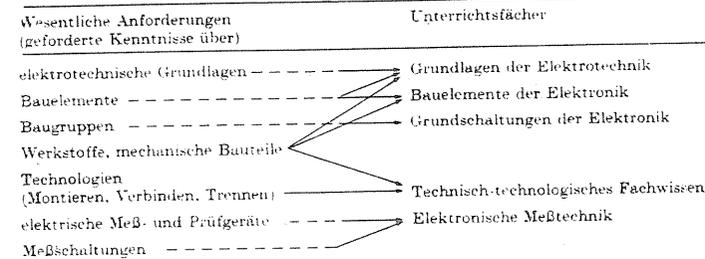
- im Feststellen, Eingrenzen und Beseitigen von Fehlern an den produzierten Baugruppen, Geräten und Anlagen

- im Lesen von Konstruktionsunterlagen und z.T. im Anfertigen einfacher technischer Unterlagen (Protokolle und Skizzen).

Zitate von S. 230

Wegen der stark differenzierten Anforderungen an Elektronikfacharbeiter ist es notwendig, bei der Ausbildung zum Facharbeiter eine gute Abstimmung zwischen Grundlagen- und Spezialausbildung zu verwirklichen. Die Grundlagenausbildung hat vor allem die Aufgabe, die erforderliche hohe Disponibilität des Facharbeiters zu gewährleisten.

Für die berufstheoretische Grundlagenbildung ist es gemäß den Anforderungen an den Elektronikfacharbeiter und entsprechend den wesentlichen Arbeitsaufgaben notwendig, grundlegende Kenntnisse der Elektrotechnik als Voraussetzung für das Eindringen in die Elektronik zu vermitteln. ...



Die weiteren Ausführungen im Handbuch werden an den Unterrichtsfächern "Bauelemente der Elektronik" und "Grundsaltungen der Elektronik" orientiert.

Für den Einsatz der Bauelemente in Schaltungen sind Kenntnisse über

- prinzipiellen Aufbau und Wirkungsweise
 - wesentliche elektrische Eigenschaften (ausgedrückt z.B. durch Kennlinien, charakteristische Größen und technische Richtwerte, Einsatzschaltpläne)
 - technische Ausführungsformen, Kennzeichnung, Einsatzvorschriften
- zu vermitteln.

Wesentliche Arbeitstätigkeiten	Lehrgänge
Einrichten, Bedienen, Überwachen, Warten	V Vorbereitung auf die Arbeit an Vorrichtungen, Maschinen und Anlagen der betrieblichen Produktion
Montieren, Schalten	III Montieren und Schalten
	I Manuelle und maschinelle Vorfertigung und Montage zweigtypischer mechanischer Teile und Funktionsgruppen
Messen, Prüfen	Elektroniklabor
Fehlersuche und -beseitigung	IV Prüfen, Messen und Fehlerbeseitigung an elektronischen Baugruppen und Geräten

Bild 5.2. Wesentliche Inhalte der berufspraktischen Grundlagenbildung ¹⁾Zitat von S. 241

Für jede Funktion können praktisch bedeutungsvolle, charakteristische Realisierungsprinzipien angegeben und dazu wiederum entsprechende Grundsaltungen zugeordnet werden. Diese methodisch bedeutungsvollen Zusammenhänge sind im Bild 5.8 dargestellt.

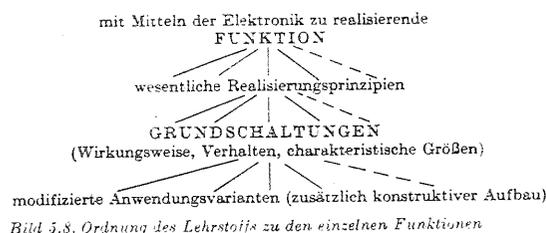


Bild 5.8. Ordnung des Lehrstoffs zu den einzelnen Funktionen

Zitat von S. 248

Schwerpunkte im Unterrichtsfach Grundsaltungen der Elektronik

- Potenzen zur Einstellungs- und Überzeugungsbildung ergeben sich vor allem aus der Verbindung des Unterrichtsstoffs mit der gesellschaftlichen, beruflichen und betrieblichen Praxis der Lehrlinge. Den Schwerpunkt bilden die zweckgebundene Entwicklung bzw. Auswahl von Grundsaltungen der Elektronik sowie die Probleme im Zusammenhang mit ihrem

Einsatz...

- Elektronische Grundsaltungen werden unter den Aspekten Schaltplan, Wirkungsweise, Verhalten, charakteristische Größen erarbeitet...
- Vom Aufbau elektronischer Grundsaltungen sind unter Einbeziehung einer den Lehrlingen zugänglichen Praxisform reale Vorstellungen zu vermitteln...
- Grundsaltungen realisieren eine technische Funktion (Zweck) mit den Mitteln der Elektronik, dafür gibt es teilweise unterschiedliche Realisierungsprinzipien...
- Der bestimmende kategoriale Zusammenhang ist durch die Zweck-Mittel-Beziehung gegeben. Daneben spielen auch solche dialektische Kategorien eine Rolle wie Ursache - Wirkung, Struktur - Verhalten, Ganzes - Teil, Aufwand - Nutzen.
- Bei der Erarbeitung von elektronischen Grundsaltungen geht es wiederholt darum:
 1. über das innere Zusammenspiel der Elemente das Verhalten der Schaltung zu bestimmen
 2. das technische System zu untersuchen
 3. die realisierte Funktion nachzuweisen.
- Ein gefordertes Verhalten kann mittels Neuentwicklung elektronischer Grundsaltungen oder durch Anpassung vorhandener Schaltungen an den technischen Zweck realisiert werden.
- Zur Beschreibung der Wirkungsweise, des Verhaltens und der charakteristischen Größen von Grundsaltungen werden solche Mittel eingesetzt wie reale Objekte, Abbildungen, gegenständliche Modelle, Schaltpläne, Ersatzschaltpläne (als gedankliche Modelle), Kausalketten...

Die angeführten Merkmale gestatten bereits einige Schlußfolgerungen zur Gestaltung des Unterrichts im Fach "Grundsaltungen der Elektronik"...

Zitat von S. 250

Im Unterrichtsfach müssen wesentliche Grundlagen beruflicher Fähigkeiten herausgebildet werden. So lassen sich das Lesen von Schaltplänen, das Lokalisieren von Teilschaltungen, das Fehlerorten und -beseitigen, das Beurteilen von Schaltungen hinsichtlich gegebener Anwendungskriterien usw. im Unterrichtsfach anhand der potentiellen Möglichkeiten herausbilden bzw. festigen. Das erfordert, den Unterricht praxisnah zu gestalten und neben Fachliteratur geeignete konkrete Probleme der betrieblichen und beruflichen Anwendungen in den Unterricht einzubeziehen.

Zitat von S. 250 - 252

5.5.2 Typische Unterrichtsabläufe

In den Unterrichtsfächern "Bauelemente" und "Grundsaltungen der Elektronik" gibt es eine Reihe Unterrichtsstrecken mit ähnlich wiederkehrenden dominierenden methodischen Strukturen. Für diese Unterrichtsstrecken werden in Ergänzung zu den im Abschn. 1.3.3. enthaltenen typischen Unterrichtsabläufen weitere typische Unterrichtsabläufe dargestellt.

Typischer Unterrichtsablauf zur Erarbeitung ausgewählter physikalisch-technischer Grundlagen einer Bauelementegruppe

Anwendungsmöglichkeiten sind gegeben bei der Erarbeitung solcher Themen im Lehrfach Bauelemente wie pn-Struktur, Bipolartransistorstruktur, MOS-Struktur usw.

Methodische Phasen Hinweise für den Lehrer ²⁾

- | | |
|---|--|
| 1. Gestalten einer Ausgangssituation
Zielorientierung
und Motivierung | Die Erarbeitung des jeweiligen physikalisch-technischen Zusammenhangs wird als notwendige Aufgabe für das tiefere Verständnis einer Bauelementegruppierung gekennzeichnet. Dabei ist das Erkenntnisobjekt (z. B. pn-Übergang) so einzuführen, daß an die vorhandenen Leistungsvoraussetzungen und Erfahrungen angeknüpft wird. Anknüpfungspunkte |
|---|--|

zur Motivierung können bekannte Anwendungen, geschichtliche Gegebenheiten (z. B. Patentschriften), hervorstechende technisch-ökonomische Auswirkungen durch den Einsatz derartiger Bauelemente sein. Der weitere Erkenntnisgang ist als notwendiges wissenschaftliches Mittel zum Verständnis von Aufbau, Wirkungsweise, Verhalten und Anwendung bestimmter Bauelemente (Zweck) zu kennzeichnen. Damit werden die Lehrlinge am weiteren Erkenntnisgang interessiert.

2. Einführen geeigneter Modellvorstellungen vom Erkenntnisobjekt

- 3.
- 4.
5. usw.

Zitat von S. 260:

Typischer Unterrichtsablauf zur Entwicklung einer elektronischen Schaltung auf der Grundlage technischer Anforderungen

Anwendungsmöglichkeiten sind gegeben, wenn überschaubare Grundsaltungen erarbeitet werden sollen, deren Funktionsprinzip bereits erarbeitet wurde oder in bestimmtem Umfang als bekannt vorausgesetzt werden kann. Dieser Unterrichtsablauf kann ebenfalls zur Erarbeitung von Modifizierungen einer Grundsaltung im Unterricht herangezogen werden, wenn spezielle Anforderungen spezielle technische Realisierungen erfordern. So kann der typische Unterrichtsablauf eingesetzt werden, z. B. im Stoffkomplex Multivibratoren, Spannungsstabilisierung, Sinusoszillatoren, Verstärkerschaltungen.

<u>Methodische Phasen</u>	<u>Hinweise für den Lehrer</u>
1. Gestalten einer Ausgangssituation, Zielorientierung und Motivation	Die Entwicklung einer Schaltung und ihr Verhalten werden als notwendiges Unterrichtsziel für die Lehrlinge dargestellt. Die zu realisierende Funktion wird vorgegeben oder aus dem dargestellten Zusammenhang erkennbar gemacht. Mit den Lehrlingen ist die Aufgabenstellung zu präzisieren. Dabei ist es notwendig, die Lösbarkeit des Vorhabens bei Ausnutzung der Leistungsvoraussetzungen als gegeben darzustellen. Das Wecken von Leistungsbereitschaft und Lernwillen sollte mit Überlegungen zum Lösungsweg verbunden werden. Hierbei kann an bereits bekannte Lösungen oder bekannte Zusammenhänge erinnert werden, die in Verbindung mit Erfahrung aus der betrieblichen Tätigkeit die Motivbildung unterstützen....
2. Erarbeiten und Zusammenstellen der technischen Anforderungen
3. Auswählen eines Realisierungsprinzips für die Schaltung	
4. Entwickeln der Schaltung und Überprüfen der bisher erreichten Eigenschaften	
5. Kontrollieren der entwickelten Schaltung auf Einhaltung der technischen Forderungen ... usw.	

Zitat von S. 263/264:
 Eine entsprechende Darstellung von Schwerpunkten der Entwicklung von beruflichen Fähigkeiten zeigt nachfolgende Übersicht. Dabei werden die Schwerpunkte solchen Tätigkeiten der Lehrlinge zugeordnet, die an ganz bestimmte inhaltliche Komplexe gebunden sind.

<u>Tätigkeiten der Lehrlinge</u>	<u>Schwerpunkte der Fähigkeitsentwicklung</u>
- im Zusammenhang mit Demonstrationsversuchen und Meßanordnungen	im kritischen Beobachten des Ablaufs und der Ergebnisermittlung im Erfassen und Darstellen der Ergebnisse im Auswählen bzw. Erarbeiten der Meßschaltung im Auswählen und Einsetzen der Meßmittel
- im Zusammenhang mit Gedankenmodellen	im Herleiten der Wirkungsweise und spezieller Bauelementeeigenschaften aus einer Materialstruktur im Abstrahieren von der realen Erscheinung im Festlegen der Gültigkeitsbereiche für die am Modell getroffenen Aussagen im Darstellen und Interpretieren von Modellen im Nachbilden von Bauelemente- oder Schaltungseigenschaften mittels Ersatzschaltplänen im Herleiten der Elemente von Ersatzschaltplänen im Berechnen von Größen anhand ausgewählter Ersatzschaltpläne
- im Zusammenhang mit Kennlinien	im Herleiten der Kennlinie (qualitativ) aus den physikalisch-technischen Grundlagen der Bauelementegruppierung oder dem Schaltungsprinzip im Ermitteln der Kennlinie und ihrer Darstellung mittels Experiments im Interpretieren charakteristischer Kennlinienbereiche im Zusammenhang mit Aufbau und Wirkungsweise

im Ermitteln von charakteristischen Größen (auch dynamische) und ihre Darstellung (auch normierte Darstellung) im Anwenden graphischer Verfahren zur Festlegung des Arbeitspunktes bzw. -bereichs, zur Kennzeichnung der Einsatzgrenzen (z. B. Verlustleistungshyperbel)... usw.

- im Zusammenhang mit der Realisierung der gewünschten Funktion und des Verhaltens von elektronischen Bauelementen und Grundschaltungen
- im Zusammenhang mit technischen (Zweck-Mittel) und ökonomischen (Aufwand-Nutzen) Kriterien bei der Bauelemente bzw. Schaltungsanwendung
- im Zusammenhang mit der Schaltungsanalyse
- im Zusammenhang mit der Schaltungsentwicklung (Synthese)
- im Zusammenhang mit Wertevorstellungen von charakteristischen Größen von Bauelementen und Grundschaltungen

Zitat von S. 263:

Wesentliche Anforderungen an Persönlichkeitseigenschaften der Elektronikfacharbeiter

Bezüglich der Persönlichkeitseigenschaften werden an Elektronikfacharbeiter folgende Anforderungen gestellt:

- o Kenntnisse
- über Aufbau, Wirkungsweise, Funktion, Einsatzmöglichkeiten und -parameter wichtiger Bauelemente der Elektronik, Baugruppen bzw. Grundschaltungen einschließlich integrierter Schaltkreise bzw. Schaltungen
- der Funktionsweise und der Einsatzmöglichkeiten ...
- über Eigenschaften, Einsatzmöglichkeiten, Prüfung für berufstypische Werkstoffgruppen und mechanische Elemente, Bauteile ...
- moderner Technologien des Herstellers elektrischer Verbindungen, der Montage und des Trennens

- der einschlägigen Standards.

- o Fähigkeiten, Fertigkeiten, berufliches Können
- in der qualitätsgerechten Durchführung moderner technologischer Verfahren, besonders des Herstellers elektrischer Verbindungen, der Montage und des Trennens
- im Einrichten, Bedienen, Warten, Überwachen teil- und vollautomatisierter Fertigungseinrichtungen, Meß- und Prüfungseinrichtungen, Erkennen und z. T. Beheben einfacher Störungen daran
- in der sicheren Handhabung grundlegender Meß- und Prüfmittel
- im Feststellen, Eingrenzen und Beseitigen von Fehlern an den produzierten Baugruppen, Geräten und Anlagen
- im Lesen von Konstruktionsunterlagen und z. T. im Anfertigen einfacher technischer Unterlagen (Protokolle und Skizzen).

Zitat von S. 264:

Die Entwicklung beruflicher Fähigkeiten ist eine wichtige Säule des Könnens der Facharbeiter, die in enger Verbindung mit Anforderungen aus der Praxis und in Anlehnung an berufliche Aufgaben zu realisieren ist. Die Entwicklung komplexer beruflicher Fähigkeiten kann nur auf der Grundlage der Aneignungstätigkeiten der Lehrlinge erfolgen. Sie muß sowohl für einen längeren Zeitraum als auch in Phasen mit steigenden Anforderungen an die unterrichtlichen Tätigkeiten geplant werden. Ein geeignetes Mittel dazu sind Niveaustufen der Fähigkeitsentwicklung.

Zitat von S. 286/287

Methodisches Vorgehen

Gestaltungshinweise Unterrichtsstoff ³⁾

1. Gestalten einer Ausgangssituation, Zielorien-

tierung und
Motivierung

Wiederholung der
DTL im Unterrichts-
gespräch (evtl.
mündliche Leistungs-
kontrolle)

Bedeutung logischer Schaltungen
- Lösung vielfältiger Aufgaben der
Informationsverarbeitung, welche
sich auf logische Entscheidungen
zurückführen lassen, z. B. Steu-
erungstechnik, Datenverarbeitung
usw...

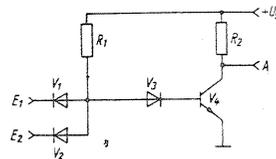


Bild 5.23. DTL-NAND-Glied

Zusammenfassende Einschätzung der DTL. Ökonomische Bezüge schaffen: Eignung für wirtschaftliche Serienfertigung erfordert verbesserte Schaltungskonzeption. Überleitung zur TTL. Hinweis auf RGW-Abstimmung, Austauschbarkeit der Typen, Standardisierung. Lehrervortrag zur Motivierung und Zielorientierung.

2. Analysieren der gewählten Schaltung im Hinblick auf Teilschaltungen und ihre Aufgaben

Überleitung von DTL zur TTL über Ersatzvorstellung Transistor aus Dioden.

Zur Befähigung zum ökonomischen Denken im Zusammenhang mit integrierten Schaltkreisen nutzen: Flächenbedarf geht wesentlich in die Schaltkreiskosten ein!

3. Erarbeiten des Zusammenwirkens der Teilschaltungen im Hinblick auf Wirkungsweise, Funktion und Verhalten

Diese Auszüge, lieber Leser, können Ihnen nur einen Eindruck vermitteln, mit welcher Intension dieses ostdeutsche Autorenkollektiv aus der DDR versucht hat, eine auf das Unterrichtsfach der Elektrotechnik bezogene Unterrichtsmethodik

herauszuarbeiten.

Eine, wie ich meine, in dieser Form bisher noch nicht geleistete und allein aus diesem Grunde schon beachtenswerte Arbeit.

Doch sollte nicht unerwähnt bleiben, daß dieses Handbuch speziell auf die Ausbildungssituation in der DDR ausgerichtet ist. An verschiedenen Stellen im Text geben die Programme der Parteitage der SED (in typischer Parteisprache), die Begründung und die Ausgangspunkte für rein fachliche Fragen, Antworten und Aussagen ab, die sich teils auf das pädagogische, teils auf das elektrotechnisch-fachliche Gebiet beziehen.

Trotzdem bleibt meiner Meinung nach, dieses Buch eine überaus reichhaltige und interessante Fundgrube von theoretisch- aber auch praktisch-fachlichen Anregungen für den Berufspädagogen der Fachrichtung Elektrotechnik bzw. anderen Fachrichtungen im gewerblich-technischen Bereich. Im letztgenannten Gedanken liegt der Grund für die wohl ausführlicheren Auszüge aus dem Buch.

Klaus Weisenbach

Anmerkungen

- 1) Die Lehrgänge beziehen sich auf DDR-Verhältnisse
- 2) Anm. d. Verf.: Auf eine ausführlichere Darstellung der "Hinweise für den Lehrer" muß an dieser Stelle verzichtet werden.
- 3) Anm. d. Verf.: Auf eine ausführlichere Darstellung der Spalte "Unterrichtsstoff" muß an dieser Stelle verzichtet werden.

Hinweis auf aktuelle fachdidaktische Literatur:

HOPPE, M., H. KRÜGER u. F. RAUNER (Hg.):
Berufsbildung, Zum Verhältnis von Beruf und Bildung: Beiträge aus Wissenschaft, Politik und Praxis. Campus Forschung Band 267. Frankfurt/M. u. New York 1981, 200 S.

DRECHSEL, R., D. GRONWALD u. B. VOIGT (Hg.):
Didaktik beruflichen Lernens, Diskussionsbeiträge zu einem ungelösten Problem. Campus Forschung Band 269. Frankfurt/M. und New York 1981, 220 S.

BOEHM, U. u. W. LITTEK (hg.):
Technische Entwicklung, Arbeitsteilung und berufliche Bildung. Mit einem Beitrag von F. Rauner zur Neuordnung der Elektroberufe. Campus Forschung Band 270. Frankfurt/M. u. New York 1981, 185 S.

Autorenexemplare aller Bücher mit 40% Preisnachlaß. Bezug über:
Universität Bremen, FB 11 - LSII-bF, Bibliothekstr., 2800 Bremen 33.

Arbeit und Technik, Analyse von Entwicklungen der Technik und Chancen in der Gestaltung von Arbeit. Tagungsband zum Symposium Arbeit und Technik vom 21. bis 23. September 1983 an der Universität Bremen. Bremen 1983, 624 S., 25,- DM + Versandkosten.

Arbeit und Technik, Forum: 20. - 23. September 1983 in der Universität Bremen. Die Beiträge, das Film- und Veranstaltungsprogramm. Fachausstellung von Firmen, Schulen und Universitäten. Diskussionen, Vorträge und Filme zur Frage der Auswirkungen der neuen Computertechniken in Produktion und Verwaltung auf die menschliche Arbeit und zu den Möglichkeiten ihrer Gestaltung. Bremen 1983, 148 S., 14,- DM + Versandkosten.

Bezug beider Bücher durch: Universität Bremen, Presse- und Informationsamt, Druckschriftenlager, Postfach 330440, 2800 Bremen 33.

MARTIN, W. u. F. RAUNER (Hg.):
Mikroelektronik und berufliche Qualifikation. Berufliche Bildung 2. Wetzlar 1983, 119 S., 10,- DM + Porto + Verpackung. Bezug durch: Werner von Siemens-Schule, Seibertstr. 6, 6330 Wetzlar.

Beitrittserklärung

Ich erkläre hiermit meinen Beitritt zur Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufspädagogen der Fachrichtung Elektrotechnik.

.....

Unterschrift

Bitte deutliche schreiben!

Name:

Vorname:

Dienstanschrift:

..... Tel.:

Privatanschrift:

..... Tel.:

Vorschau:

Heft 3: Mikroelektronik
verantwortlich Felix Rauner

Heft 4: Formen integrierten Unterrichts
verantwortlich Friedhelm Eicker

Die Wiedergabe und der Nachdruck von Artikeln aus *lehren & lernen* ist unter Quellenangabe und Zusendung eines Belegexemplares erwünscht. Die Redaktion fordert zur Einsendung von Manuskripten auf, kann aber für sie keine Gewähr übernehmen.