

Gerhard Filler, Fritz Gutschmidt und Jürgen Trotier

Objektivierter Experimentalunterricht als Baustein eines Mehrmediensystems für den Unterricht in Elektrotechnik/Elektronik

In dem Beitrag wird dargestellt, welche Rolle dem Experimentalunterricht in einem komplexen Lehrsystem für Elektrotechnik und Elektronik zukommt. Es wird exemplarisch gezeigt, wie die praktischen Übungen in Abhängigkeit von dem zu vermittelnden Lehrstoff aufgebaut sind und welcher Art die zugehörigen Lernziele sein müssen. Erste Ergebnisse einer empirischen Fallstudie zum Einsatz dieses Experimentalunterrichts werden mitgeteilt.

„Das berufliche Bildungswesen in der Bundesrepublik Deutschland stand bisher im Schatten der bildungspolitischen Entwicklung“, heißt es im Bildungsbericht 70 der Bundesregierung. Erst seit etwa 2 Jahren rücken die Mißstände auch auf diesem Sektor unseres Bildungswesens in den Blickpunkt der Öffentlichkeit. Hier soll ein Teilaspekt der theoretischen Ausbildung näher untersucht werden, dem insbesondere bei solchen Berufen besondere Bedeutung zukommt, in denen die technische Entwicklung rapide fortschreitet und vom Auszubildenden die Kenntnis und Handhabung immer neuer Geräte und Anlagen verlangt: der Schülerexperimentalunterricht. Es wird gezeigt, daß auch dieser Bereich des Unterrichts objektiviert werden kann und daß eine solche Objektivierung eine Verbesserung der Ausbildung bedeutet, wenn über ihre Intentionen und die verfolgten Lehrziele Klarheit herrscht.

1. Übliche Formen des Schülerexperimentalunterrichts

Wenn auch in der pädagogischen Diskussion die Forderung nach Schüler eigenaktivität im Unterricht zur Zeit eine wesentliche Rolle spielt und dabei Schülerexperimente im technisch-naturwissenschaftlichen Unterricht besonders angesprochen werden, verhält sich die Unterrichtspraxis solchen Wünschen und Anregungen gegenüber noch weitgehend indifferent. Selbst wenn Laboratorien, die Schülerübungen ermöglichen, in den Schulen vorhanden sind, ist der Nutzungsgrad erstaunlich niedrig, da die Lehrer den Experimentalunterricht häufig nicht durchführen. Für dieses Lehrverhalten lassen sich u. a. folgende Gründe angeben:

1. Es besteht Unklarheit darüber, was Schüler experimentell (selbst) erarbeiten können und sollen. Eine sinnvolle Zuordnung bereitzustellender Medien für das Erreichen festzulegender Lernziele ist ein bisher ungeklärtes Problem.
2. Voraussetzung für eine zweckrationale Unterrichtsfor schung und eine aus dieser hervorgehende Unterrichtsplanung ist die Formulierung von Lernzielen für den Experimentalunterricht, die im allgemeinen von Lehrern nicht beherrscht wird.
3. Schülerexperimente sind zeitraubend. Viele Lehrer bezweifeln die Notwendigkeit solcher Übungen und nehmen an, die erforderlichen Kenntnisse zeit- und aufwandrationeller im personalen Frontalunterricht vermitteln zu können.
4. Die Schülerübungen finden in fest eingerichteten Übungsräumen statt. Die Belegung dieser Räume verlangt organisa-

torische Maßnahmen des Klassenleiters und der Schulleitung, Absprachen mit anderen Lehrern usw. Aber auch wenn im Unterricht von den Schülern experimentiert wird, ist die Wirksamkeit solchen Unterrichts umstritten. Gründe für die Unsicherheit bei der Beurteilung herkömmlichen Schülerexperimentalunterrichts liefert eine Betrachtung der dabei üblichen Unterrichtsorganisation. Hierbei fungiert der Lehrer als Lernorganisator, Berater und Gesprächspartner der Adressaten und übt zumeist wesentliche Lehrfunktionen aus, indem er in das Thema einführt (und dabei im allgemeinen Lehrstoff vermittelt), einzelne Adressaten oder Adressatengruppen bei der Durchführung der Übungen berät und häufig auch für die gesamte Gruppe (Klasse) unterrichtend in den Experimentalunterricht eingreift.

Drei bis fünf Adressaten arbeiten im Normalfall in einer Gruppe zusammen, wobei die Experimente arbeitsteilig durchgeführt werden, indem etwa jeweils ein anderer Schüler das Ablesen bestimmter Instrumente,

das Einstellen und Verändern von Bauelementen und Versuchseinrichtungen und

das Führen des Protokolls

übernimmt. Als Arbeitsunterlage steht unterschiedliches Material zur Verfügung. Zu nennen sind

Versuchsanleitungen, aus denen die Aufgabenstellung hervorgeht,

Versuchsbeschreibungen, nach denen der Versuch durchgeführt werden kann,

Meßprotokolle und Anleitungen zur Auswertung der Protokolle.

Die hohen Anschaffungskosten für Laboreinrichtungen erlauben die Bereitstellung bestimmter Versuchsaufbauten nur in begrenzter Anzahl. Dadurch wird entweder eine Aufteilung der Klasse in zwei Gruppen erforderlich (diese Maßnahme scheitert meist an der zu geringen Anzahl verfügbarer Fachlehrer), die nacheinander in Arbeitsgruppen von zwei bis drei Schülern die Übungen absolvieren, oder die ganze Klasse geht gleichzeitig in die Übungsräume; dann müssen große Arbeitsgruppen mit fünf bis sechs Schülern gebildet werden. Für den Bereich Elektrotechnik/Elektronik werden daneben Lehrbaukästen angeboten, die als Vorteile Mobilität und Kompaktheit aufweisen.

Als Begleitmaterial werden Steckschablonen geliefert bzw. auch schriftliche Unterlagen, die ein schematisches Experimentieren erzwingen, ohne daß wesentliche Erkenntnisse gewonnen werden, bzw. das Begleitmaterial ist so unzureichend, daß der Lehrer Lehrfunktionen übernehmen muß. Die Nachteile und Mängel der bestehenden Lehrsysteme im Bereich des Experimentalunterrichts lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Es existieren keine Lernziele, die die Überprüfung der Effizienz der Lehrsysteme und die planmäßige Konstruktion von Begleitmaterial ermöglichen.

2. Das Begleitmaterial, soweit es überhaupt vorhanden ist, führt den Adressaten entweder rezeptartig zum Ziel, oder es ist aufgeteilt in Lehrstoff und nachfolgende oder eingeschobene Übungsaufträge. Didaktisch aufbereitetes Material existiert so gut wie gar nicht.

3. Die Arbeitsteilung bei der Durchführung von Experimenten in Gruppen mit drei bis fünf Teilnehmern bewirkt, daß jeder Teilnehmer zumeist nur die Verhaltensweisen lernt, mit deren Übernahme er bei der Versuchsdurchführung beauftragt wurde. So lernt z. B. derjenige, der Protokoll führt, ein Protokoll zu führen, oder derjenige, der beauftragt ist, ein Meßinstrument abzulesen, lernt in erster Linie, Meßinstrumente abzulesen usw.

4. Dort, wo der Lehrer während des Experimentalunterrichts für alle Adressaten Lehrfunktionen ausübt, stört er erheblich den Lernprozeß der einzelnen Teilnehmer, da gruppenindividuelles Lerntempo vorliegt.

Aus den genannten Nachteilen des konventionellen Experimentalunterrichts lassen sich Kriterien für die Gestaltung von Schülerexperimenten und des zugehörigen Begleitmaterials herleiten. Schülerexperimentalunterricht, der modernen didaktischen Gesichtspunkten genügen soll, muß folgende Bedingungen erfüllen:

1. Experimentalunterricht – insbesondere das dazugehörige Begleitmaterial – muß nach operational formulierten Lernzielen konstruiert werden.

2. Die Durchführung von Experimenten muß gewährleisten, daß jeder Adressat diese Lernziele erreicht.

3. Forderung 2 ist nur zu erfüllen, wenn der Schüler individuell arbeiten kann. Mehr als 2 Schüler sollten daher nicht an einem Versuch beteiligt sein.

4. Aus Bedingung 1 folgt: Das Endverhalten der Adressaten nach dem Durcharbeiten der Übung muß eindeutig überprüfbar sein.

5. Das individuelle Lerntempo muß gewährleistet sein, das Begleitmaterial muß selbstlehrend sein; dem Lehrer dürfen keine Lehrfunktionen übertragen werden.

Die entscheidenden Forderungen sind die nach der Formulierung operationalisierter Lernziele und nach dem selbstinstruierenden Charakter des danach zu entwickelnden Begleitmaterials. Selbstlehrendes Material verlangt die programmierte Form, und wirkungsvoller programmierter Unterricht ist nur möglich auf der Basis eindeutig festgelegter Lernziele.

2. Lernziele im Experimentalunterricht

Gegenstand der Lehrobjektivation waren bisher beinahe ausnahmslos Lehrstoffe und Lernziele aus dem Bereich des verbalen Lernens. Verwendet man die Lernzieltaxonomie von Bloom, dann läßt sich der nicht personale Unterricht, d. h. Unterricht, bei dem Lehrfunktionen an technische Systeme delegiert werden, ausschließlich dem kognitiven Lernzielbereich zuordnen.

Die hohe Effektivität guter Lehrprogramme in diesem Bereich und die Vorteile, die eine Objektivation von Lehrprozessen allgemein bietet, führen dazu, daß vereinzelt auch Lehrprogramme entwickelt werden, die Schülerübungen enthalten, bei denen die motorische Manipulation von Geräten gefordert wird. Analysiert man die wenigen vorliegenden Lehrprogramme, in denen auch praktische Fertigkeiten erlernt werden, läßt sich eine Dreigliederung durchführen:

1. Lehrprogramme mit vollständig integrierten Adressatenübungen (Bedienung eines Oszilloskops, Rechnen mit dem Rechenstab),

2. Lehrprogramme mit einem programmierten Übungsteil, der in die Verzweigungstechnik einbezogen ist und

3. Programmierte Adressatenübungen, die Bestandteil von komplexen Lehrsystemen bzw. Mehrmediensystemen sind.

Veröffentlichte Lehrprogramme des zuletzt genannten Typs existieren – soweit bekannt – im deutschsprachigen Raum nicht. Da Theorie und Praxis der programmierten Instruktion bereits seit zehn Jahren Gegenstand intensiver Bemühungen von seiten der Wissenschaft, der Bildungsindustrie und der Pädagogen sind, überrascht zunächst die Tatsache, daß bisher der Bereich des programmierten Experimentalunterrichts aus den theoretischen und praktischen Arbeiten weitgehend ausgeklammert wurde. Die Ursachen dürften in der Unklarheit über die Funktion der Übung bzw. des Experiments und die damit verbundene motorische Betätigung bei Lehr- und Lernprozessen zu suchen sein.

In einem Bereich ist die Notwendigkeit motorischer Eigen-tätigkeit unbestritten, nämlich da, wo motorische Fertigkeiten erlernt werden müssen (z. B. das Erlernen von Bewegungsabläufen bei bestimmten Sportarten). Hier ist die Objektivation von Lehrprozessen schwierig, da das Problem eine bestimmte motorische Verhaltensweise durch ein Soforturteil zu bestätigen oder zu verwerfen extrem aufwendige Lösungen erfordert.

Die Diskussion wird außerdem erschwert durch die im Schulalltag übliche Praxis, Lernziele und Lehrstoff nicht klar zu trennen. Ein Beispiel möge dies verdeutlichen.

Im Rahmenplan ist für das zweite Ausbildungshalbjahr im Lehrberuf Starkstromelektriker eine Unterrichtseinheit für die Behandlung des Ohmschen Gesetzes vorgesehen. Unter dem gleichen Titel wird man in allen Laboratorien, die Versuche zu den Grundlagen der Elektrotechnik ermöglichen, eine oder mehrere Übungen vorfinden. Dabei wird übersehen, daß zur didaktischen Variablen „Lehrstoff“ eine Vielzahl möglicher Lernziele formuliert werden kann. Besagt das Lernziel z. B., daß der Adressat das Ohmsche Gesetz in der Form anwenden können soll, daß er bei gegebenen Werten für Strom und Spannung den Widerstand errechnen kann, dann ergeben sich für die Planung des Unterrichts völlig andere Voraussetzungen, als etwa für den Fall, daß der Adressat unter Anwendung des Ohmschen Gesetzes die Größe eines unbekanntem Widerstands ermitteln soll und dazu eine veränderbare Spannungsquelle, ein Spannungsmesser, ein Strommesser und eine passende Steck- oder Schaltplatte gegeben sind.

In beiden Fällen kann zwar derselbe Lehrstoff zugrunde gelegt werden, die zu verwendenden Medien können jedoch sehr unterschiedlich sein. Während im ersten Fall das Lernziel erreicht werden kann, indem der Adressat die Formel auswendig lernt und deren Anwendung übt, muß der Adressat im zweiten Fall darüber hinaus lernen, eine geeignete Schaltung aufzubauen und mit den Meßgeräten Strom- und Spannungswerte zu ermitteln. Das aber ist nur möglich, wenn der Schaltungsaufbau und die Messungen während des Lernprozesses durch den Adressaten selbst vollzogen werden.

Man kann drei Bereiche unterscheiden, in denen Schülerübungen im Unterricht auftreten:

1. Erlernen von vorwiegend psychomotorischen Fertigkeiten; in diesem Bereich stellt die Übung bzw. das Training a priori eine Voraussetzung für den Lehr- und Lernprozeß dar.

2. Zusammengesetzte Lernziele, die neben dem dominierenden kognitiven Anteil einen mehr oder minder geringen Anteil an psychomotorischen Lernzielen enthalten. Bei Experimenten mit zusammengesetzten Lernzielen im Bereich der Elektrotechnik/Elektronik ist der psychomotorische Anteil sehr gering. Betrachtet man das motorische Verhalten isoliert vom kognitiven Verhalten, dann kann das geforderte motorische Verhalten sicher in den meisten Fällen bereits bei den Adressaten vorausgesetzt werden. Durch den psychomotori-

schen Lernzielanteil entsteht eine neue Lernzielqualität – das Lernziel wird nicht nur additiv verändert, sondern bewirkt bei der Unterrichtsplanung zwingend eine Umstrukturierung des gesamten Lernvorganges unter Einbeziehung von Experimentalunterricht.

3. Lernen im kognitiven Bereich. Schülerexperimentalunterricht kann eingesetzt werden zum Erlernen ausschließlich kognitiver Fähigkeiten. In diesen Fällen dient das Experimentieren der Gewinnung von Einsichten, die unter Umständen auch ohne Experimentalunterricht zu erwerben sind. Ob in diesem Bereich Schülerexperimentalunterricht durchgeführt werden soll, ist eine Frage zusätzlicher didaktischer, unterrichtsorganisatorischer und ökonomischer Randbedingungen, die hier nicht erörtert werden sollen. Ebenso unerörtert soll die Wechselwirkung zwischen affektiven Lernzielen und Schülerexperimenten bleiben, die zwar als vorhanden angenommen werden kann, über deren Auswirkungen auf den Lehrprozeß bisher aber nur Mutmaßungen möglich sind, da keine gesicherten Daten vorliegen.

3. Elektronik-Lehrbaukasten

Im Rahmen des BBF-Projekts „Entwicklung eines Multimediale-Systems“ wurden in Zusammenarbeit mit einer Berufsschule zwei alternative Formen von Begleitmaterial für komplexe Lernziele zu einem Baukasten entwickelt, und zwar einmal herkömmliche Versuchsprotokolle, die nach folgendem Schema aufgebaut sind:

Schaltung und Dimensionierung,
Steckschema,
Hinweise für die Durchführung,
Meßprotokoll und Auswertung

und zum anderen Versuchsanleitungen in selbstlehrender, d. h. programmierter Form.

Die zur Durchführung der Übungen mit dem Elektronik-Lehrbaukasten jeweils benötigten Schaltungen werden auf einer Universalsteckplatte bzw. einer kleineren Ergänzungssteckplatte kontaktsicher aufgebaut. Die dazu erforderlichen Bauelemente (Transistoren, Dioden, Fotowiderstände, NTC- und PTC-Widerstände, Kondensatoren, Glühlampen usw.) sind auf Steckfassungen montiert.

Der Lehrbaukasten (Bild 1) enthält ferner eine Reihe von häufig benötigten Baugruppen (Potentiometerplatten, Relaisplatte, Sinus-Rechteck-Generator, kombiniertes Transistorprüf- und Meßgerät, Stromversorgungssteil).

Steckplatten und Baugruppen können wegen des einheitlich gewählten Rasters beliebig kombiniert und in das Arbeitsfeld eingesetzt werden. Die Technik aller Baugruppen wird transparent gemacht, da sich die ihnen zugrunde liegenden Schaltungen auch auf den Steckplatten realisieren und im Rahmen regulärer Übungen untersuchen lassen. In einem besonderen Fach des Baukastens ist außerdem ein Vielfachmeßgerät mit großer spiegelunterlegter Skala untergebracht.

Die Stromversorgung erfolgt aus drei Flachbatterien, so daß der Lehrbaukasten an jedem beliebigen Ort eingesetzt werden kann und keinen Netzanschluß erfordert (ein Netzgerät ist aber nachrüstbar). Die Betriebsspannung ist über einen elektronischen Spannungsteiler stufenlos einzustellen, darüber hinaus stehen noch zwei Festspannungen zur Verfügung.

Der Elektronik-Lehrbaukasten ist in seiner vorliegenden Ausbaustufe für Übungen im Bereich der Elektronik-Grundlagen eingerichtet. Zwei weitere Ausbaustufen werden Übungen an Schaltungen der Analog- und Digitaltechnik ermöglichen. Dazu wird der Baukasten zusammen mit einem batteriebetriebenen Oszillografen eingesetzt, der bei einigen Grundlagenübungen ebenfalls anwendbar, aber nicht unbedingt erforderlich ist.

Für diesen Lehrbaukasten sind beide Formen des Begleitmaterials einsetzbar. Während das konventionell aufgebaute

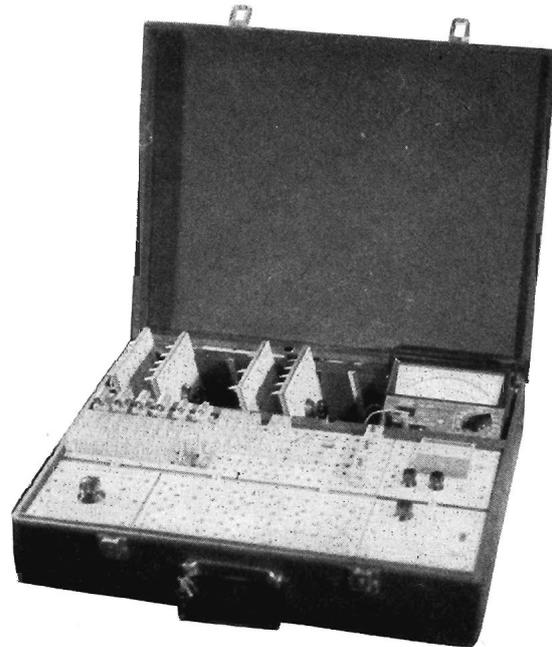


Bild 1. Elektronik-Lehrbaukasten

Begleitmaterial durch die oben gegebene Beschreibung hinreichend genau gekennzeichnet ist, folgen hier als Auszug aus der selbstlehrenden Versuchsanleitung ein Lernziel und die zugehörigen Seiten einer Übung (Bild 2):

Nach dem Durcharbeiten der Übung kann der Adressat . . .

1. unter Zuhilfenahme eines selbst angefertigten Schaltplanes eine Basisschaltung aufbauen, die Schaltung mit einer auf 9 V einzustellenden Versorgungsspannung in Betrieb nehmen und den Arbeitspunkt so einstellen, daß die Signallampe eine Betriebsspannung von 6 V erhält.
(Der Basisstrom wird aus dem 4,5-V-Anschluß der Stromversorgung entnommen. Die Schaltung besteht aus einem Basiswiderstand (3,9-k Ω -Schichtwiderstand und 10-k Ω -Trimmerwiderstand in Reihe), einer Signallampe 6 V/0,3 W und dem Transistor BC 140-10.)

Die beiden Formen des Begleitmaterials wurden in einer Vergleichsuntersuchung, die wegen der geringen Probandenzahl nur als Fallstudie aufzufassen ist und Hypothesen für geplante weitere Untersuchungen liefern sollte, erprobt. Folgende Fragen sollten geklärt werden:

1. Sind beide Formen des Begleitmaterials einsetzbar?
2. Welche organisatorischen Unterschiede im Unterrichtsablauf werden durch die Art des Begleitmaterials bewirkt?
3. Beeinflußt das Begleitmaterial die Kommunikation zwischen den Übungsteilnehmern?
4. Ist eine Gruppe der anderen beim Endtest überlegen?
5. Wie beurteilen die Schüler das selbstlehrende Begleitmaterial?

70 Adressaten nahmen an der Untersuchung teil. Nach einem Randomverfahren wurden die Schüler von insgesamt 5 Klassen in Vergleichsgruppen aufgeteilt.

Die Adressaten der Gruppe A arbeiteten individuell eine bestimmte Schülerübung nach dem herkömmlichen Protokollverfahren durch. Der Lehrer führt dabei in die Übung ein (erläutert die Übungsaufgabe und gibt Erklärungen zum Übungsprotokoll), die Adressaten arbeiten die Übung entsprechend dem Protokoll durch. Beim üblichen Ablauf dieses Unterrichts greift der Lehrer an bestimmten Stellen der Übung mit zusätzlichen Erläuterungen in den Unterricht ein. Nach Abschluß der Übung erhält jeder Schüler den aus insgesamt 8 Testaufgaben bestehenden Schlußtest.

Übungen mit dem Elektronik-Lehrbausesten

Verstärkerwirkung in Basisschaltung

Seite 1

Übung Nr. 7.5

Seite 2

Übung Nr. 7.5

Seite 3

In dieser Übung werden Sie die Verstärkerwirkung eines Transistors in Basisschaltung untersuchen.

Mit Hilfe von Strom- und Spannungsmessungen werden Sie die dynamische Spannungsverstärkung x_U und die dynamische Stromverstärkung x_I bestimmen. Die Leistungsverstärkung x_P wird danach aus x_U und x_I errechnet. Gehen Sie nun bitte entsprechend den folgenden Anleitungen vor.

1. Bauen Sie die Basisschaltung nach dem Schaltplan (Bild 1) mit den in der zugehörigen Schaltteiliste angegebenen Bauteilen auf.

Zur Messung des Emittorstromes und des Kollektorstromes ordnen Sie bitte Kurzschlussstecker als Meßstellen an, um erst später den Strommesser des Transistorprüfgerätes einschalten zu können.

Bild 1

Schaltteiliste

Kennzeichen	Benennung	Elektr. Daten	Bemerkung
R ₁	Trimmerwiderstand	10 kΩ	
R ₂	Schichtwiderstand	3,9 kΩ	
L _d	Signallampe	6 V / 0,3 W	E 10
T	Silizium-Transistor	BC 140-10	B-Gruppe 19

Wenn Sie die Basisschaltung aufgebaut haben, blättern Sie bitte um! → Seite 2

2. Stellen Sie bitte am Stromversorgungsteil eine Spannung von 9V ein, und verbinden Sie den Basiswiderstand R₂ mit dem +4,5-V-Anschluß. Nehmen Sie die Basisschaltung dann mit diesen Spannungen in Betrieb. Stellen Sie die Lampenspannung mit R₁ auf 6V ein. Können Sie diese Einstellung wahrnehmen?

Ja → weiter auf Seite 4!

Nein → lesen Sie bitte auf dieser Seite weiter!

Kontrollieren Sie Ihren Schaltungsaufbau auf Übereinstimmung mit dem Schaltplan. Haben Sie an Trennstellen Kurzschlussstecker vergessen? Stecken die Anschlüsse des Transistors richtig gepolt in der Fassung? Ist der Transistor defekt?

Wenn Sie den Fehler gefunden haben und sich die Lampenspannung auf 6V einstellen läßt, → lesen Sie bitte auf Seite 4 weiter!

Gelingt es Ihnen nicht die Schaltung nach dem Stromlaufplan aufzubauen, so erhalten Sie auf der nächsten Seite eine zusätzliche Hilfe.

→ Seite 3

Sie haben es zwar noch nicht geschafft die Schaltung nur nach dem Schaltbild aufzubauen, verlieren Sie deshalb aber nicht den Mut.

Mit der Abbildung des Steckschemas Ihrer Universalsteckplatte (Bild 2), in das die Anordnung der Bauteile eingetragen ist, werden Sie die Schaltung ganz sicher aufbauen und sie Funktion gemäß 3. überprüfen können.

U-11 2

3. Wenn Sie die Funktion der Schaltung überprüft haben, übertragen Sie bitte nach die Anordnung der Bauteile von Bild 2 in das Steckschema Ihres gelben Antwortblattes.

lesen Sie bitte weiter auf → Seite 5

Bild 2. Ausschnitt aus der programmierten Übung „Verstärkerwirkung in Basisschaltung“

Während des Unterrichtsablaufes wurde vom Versuchsleiter ein Protokoll geführt über Kontakte zwischen

- Lehrer – Schüler,
- Schüler – Lehrer sowie
- Schüler – Schüler

und in einem 5-Minuten-Raster registriert.

Die Adressaten der Gruppe B arbeiteten nach einer programmierten Anleitung. Zusätzlich zum Endtest und dem Beobachtungsbogen (beide wie bei der Versuchsgruppe A) wurde mit diesen Versuchspersonen ein schriftliches Interview durchgeführt.

4. Ergebnisse der Fallstudie

Beide Formen des Begleitmaterials bewiesen bei der Erprobung ihre Einsatzfähigkeit. Für beide Arten konnten spezifische Eigenarten erwiesen werden, die beim Unterrichtseinsatz und der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden müssen.

Bild 3 zeigt die Verteilung der Abarbeitungszeiten. Man erkennt, daß mit dem selbstlehrenden Material durchschnittlich mehr Zeit benötigt wird. Das Maximum der Verteilung liegt bei dieser Form des Begleitmaterials bei etwa 60 Minuten, das Gros der Adressaten, die mit der konventionellen Methode unterrichtet wurden, beendete die Übung nach 45 Minuten.

Die Bearbeitungszeit für den Endtest unterschied sich bei beiden Gruppen kaum voneinander.

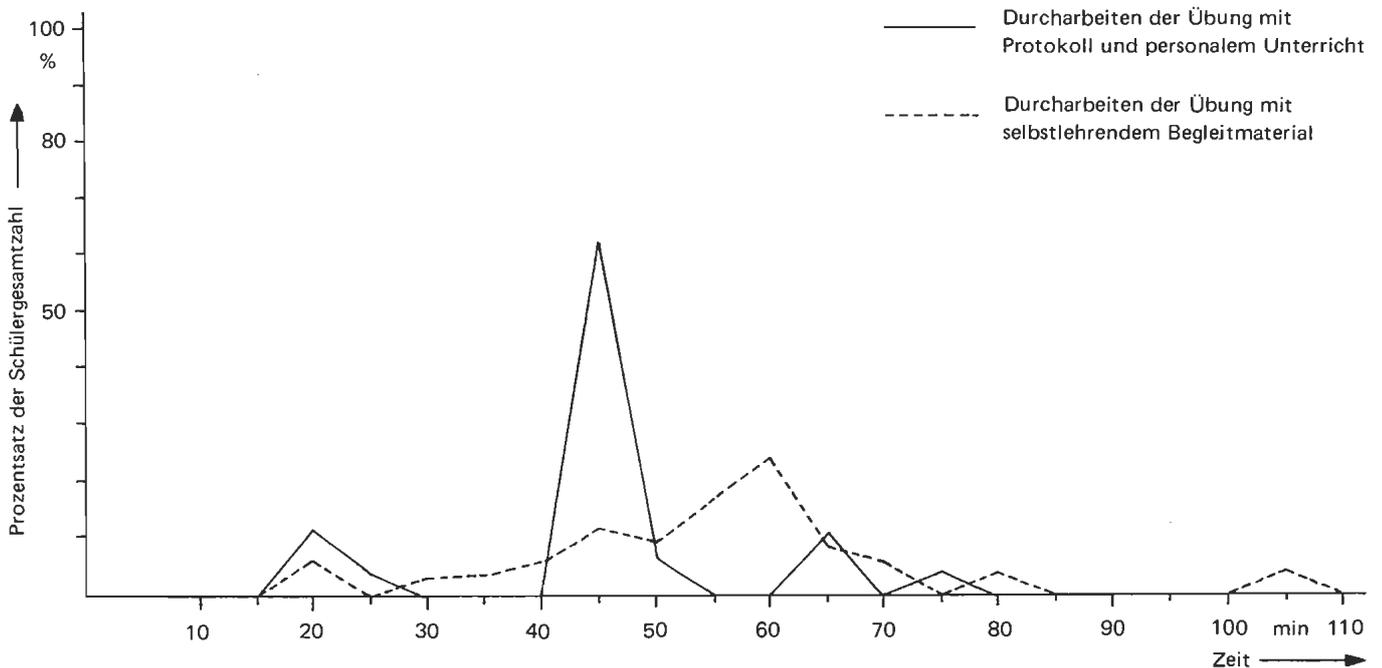


Bild 3. Durcharbeitungszeiten für eine Übung mit selbstlehrendem Begleitmaterial und mit Protokollen

Sehr unterschiedlich war bei den beiden Verfahren die Anzahl der Kontakte zwischen den Schülern und zwischen dem Lehrer und den Schülern. Während beim Durcharbeiten der Übung nach der Protokollform insgesamt 294 Kontakte (90 zwischen Schülern, je 102 Lehrer-Schüler und Schüler-Lehrer) gezählt wurden, waren es beim Durcharbeiten des selbstlehrenden Materials nur 33 Kontakte (2 zwischen Schülern, 22 Schüler-Lehrer, 9 Lehrer-Schüler).

4.1. Endtestergebnisse

Interessant ist das Fehlerdiagramm (Bild 4). Während bis zur Aufgabe 7 keine auffälligen Unterschiede zwischen den Gruppen erkennbar werden, zeigt sich bei der Aufgabe 8 eine beträchtliche Abweichung. Diese Aufgabe verlangte vom Schüler die Reproduktion des Schaltungsaufbaus und die Ermittlung von auch in der Übung verlangten Meßwerten, forderte also den gesamten Übungshergang noch einmal in konzentrierter Form ab. In der Aufgabe 4, die ebenfalls deutliche Unterschiede bei der Fehleranzahl zeigt, wurde die Fertigkeit beim Umgang mit Meßgeräten vorausgesetzt. Die Schüler konnten sich beim programmierten Begleitmaterial möglicherweise besser auf die meßtechnischen Aufgaben konzentrieren.

4.2. Interview

Beim Interview der Teilnehmer mit selbstlehrendem Material ergab sich u. a.:

26 % der Befragten bevorzugen die Protokollform,
74 % das selbstlehrende Begleitmaterial.

Im Interview wurden die Versuchspersonen aufgefordert, das Begleitmaterial in Form einer Schulnote zu beurteilen. Dabei ergaben sich als Mittelwerte

für die Protokollform die Note 3,1,
für das selbstlehrende Material die Note 2,5.

In freiformulierten Antworten konnten die Schüler Begründungen für ihre Zustimmung oder Ablehnung zum Begleitmaterial artikulieren. Insbesondere die negativen Stellungnahmen kennzeichnen die Schwächen der beiden Methoden. Während beim selbstlehrenden Material eine typische Äußerung lautete:

„Man erhält keine zusätzlichen Informationen als die aus den selbstlehrenden Programmen, wobei einige Fragen an den Lehrer oft zum besseren Verständnis führen“,
also der Kontakt zum Lehrer als zusätzliche Informationsquelle betont wird, legen die Gegner der Protokollform Wert auf selbständiges Arbeiten und empfinden die Eingriffe des Lehrers als störend:

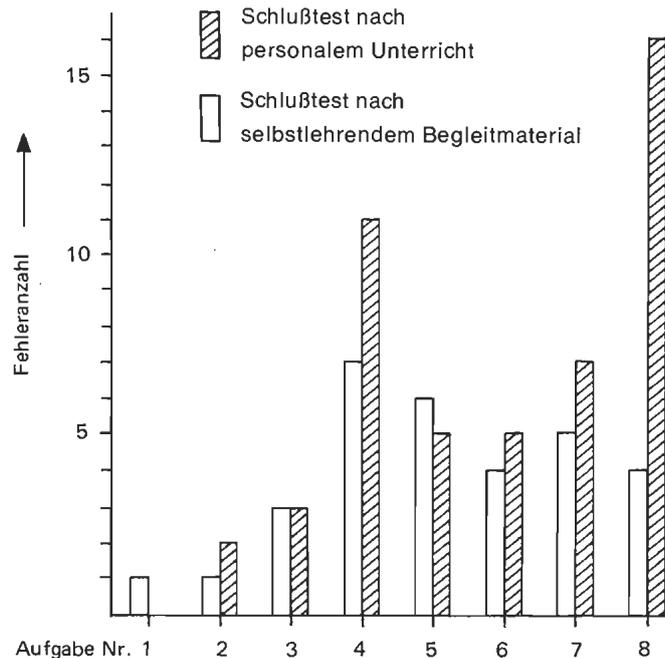


Bild 4. Anzahl der Fehler im Endtest bei verschiedenen Aufgaben

„Beim selbstlehrenden Begleitmaterial wird der Schüler doch angeregt, immer wieder nachzulesen, während bei der anderen Form gleich der Lehrer gefragt wird, und das finde ich doch ziemlich billig. Im Durchschnitt wird der Lehrer mindestens zwei- bis dreimal von jedem befragt, und das stört den Unterricht doch immer wieder“.

Es bleibt abzuwarten, ob die Zustimmung der Schüler, auch nach wiederholtem Arbeiten mit selbstlehrendem Material erhalten bleibt, wenn der Reiz des Neuen nicht mehr gegeben ist. Die ersten Versuche ermutigen jedoch dazu, den eingeschlagenen Weg fortzusetzen. Objektivierter Experimentalunterricht könnte als relativ autonomes Einzellehrsystem helfen, den spürbaren Mangel qualifizierter Ausbilder zu mindern, und er könnte als Teil eines komplexen Großlehrsystems dazu beitragen, neue Einsichten über die Funktion von Experimentalunterricht bei der Verfolgung unterschiedlicher Lernzielklassen zu gewinnen.