

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik

Band 1

Sammlung aktueller Beiträge aus der
physikdidaktischen Forschung

ISBN 3 - 7896 - 0090 - 3

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1989

Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.

Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.

Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage

www.solstice.de

werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Klaus Weltner

Förderung der Fähigkeit zu "Autonomem Lernen" und Physikdidaktik

1. Was haben Physikdidaktik und "Autonomes Lernen" miteinander zu tun?

Autonomes Lernen ist das selbstgeregelte Lernen außerhalb von Lehrveranstaltungen. Wir befassen uns hier mit dem - allerdings wesentlichen - Teil dieses autonomen Lernens, das anhand schriftlicher Informationsquellen erfolgt. Ein anderer Teil stützt sich auf Quellen wie Fernsehen, Vortrag, Diskussion.

1.1 Zur Bedeutung des Lernens außerhalb von Lehrveranstaltungen

Auf den ersten Blick scheint das Lernen außerhalb von Lehrveranstaltungen weder in der Schule noch in der Universität eine große Rolle zu spielen. Zumindest befaßt sich der weit überwiegende Teil aller pädagogischen und fachdidaktischen Überlegungen mit dem Lernen innerhalb von Lehrveranstaltungen. Auch die öffentliche Diskussion konzentriert sich auf die Verbesserung der Lehre in Schule und Hochschule, wobei die Vermehrung der Zahl der Lehrpersonen und Räume, die Verbesserung der didaktischen Qualität der Lehrveranstaltungen sowie die bessere Ausstattung mit Labors und Lehrmaterial im Vordergrund stehen.

Auf den zweiten Blick allerdings dürfte das Lernen außerhalb der Lehrveranstaltung eine größere Bedeutung haben. Dies deutet sich an, wenn man erfährt, daß Schüler der Oberstufe des Gymnasiums im Mittel 8-10 Stunden pro Woche anhand des Studiums von schriftlichen Unterlagen und Texten verbringen (1). Studenten arbeiten etwa die Hälfte ihrer Studienzeit außerhalb von Lehrveranstaltungen, sie studieren anhand von Büchern, Texten, Skripten, Zeitschriftenartikeln und Handbuchartikeln. Dabei gibt es natürlich Unterschiede von Person zu Person und auch von Fach zu Fach (2). Dies ist ein erheblicher Zeitaufwand. Bereits im Hinblick auf die Lehrveranstaltungen ist dieses Lernen notwendig. Sachverhalte, die nicht oder nur

unvollständig verstanden wurden, müssen häufig später außerhalb der Veranstaltung geklärt werden. Darüberhinaus muß man auch das Verstandene wiederholen, üben und benutzen, um es langfristig behalten zu können. Verstehen bedeutet keineswegs schon Behalten. Wer glaubt, was er verstanden habe, behalte er auch, erliegt einer Selbsttäuschung, die oft der Grund für spätere Lernschwierigkeiten ist. Bei Schülern entfällt etwa ein Drittel der Lernzeit außerhalb des Unterrichts auf Wiederholungen vor Arbeiten und Prüfungen.

Noch deutlicher wird die Bedeutung des autonomen Lernens im Hinblick auf die Zeit nach dem Abschluß der Schule oder des Studiums. Dann ist jeder auf seine Fähigkeit angewiesen, sein Lernen selbst zu organisieren, wenn er etwas Neues lernen will oder etwas Neues lernen muß. So ist die Erhaltung der beruflichen Qualifikation ohne ständiges Weiterlernen kaum möglich. Auch die Einarbeitung in neue Arbeitsgebiete setzt in der Regel das Lernen außerhalb von Lehrveranstaltungen voraus. Dabei ist der Erwachsene in nahezu allen Fällen anspruchsvollen Lernens auf schriftliche Unterlagen, Texte und Bücher angewiesen. Nur selten stehen audio-visuelle Lehrprogramme oder gut aufbereitetes Lernmaterial zur Verfügung. Fachbücher und Sachbücher sind die klassischen Informationsquellen, sowie Fachartikel und Aufsätze.

Angesichts der raschen Veränderung unserer Lebensverhältnisse ist heute und in Zukunft immer mehr "lebenslanges Lernen" notwendig. Damit ist auch lebenslanges Umgehen mit schriftlichen Texten, also autonomes Lernen, gemeint. Die Verlagerung von Lehrfunktionen auf Computer ändert daran wenig: Auch auf den Bildschirmen erscheinen Texte, schriftsprachliche Mitteilungen, Graphiken und Daten die gelesen und interpretiert werden müssen.

1.2 Fachunterricht und autonomes Lernen

Vor allem in den Präambeln der Lehrpläne für allgemeinbildende Schulen wird die Bedeutung des autonomen Lernens genannt. Wir finden das übergeordnete Ziel, den Schüler das "Lernen zu lehren".

Der reale Unterricht ist jedoch, beginnend mit der Mittelstufe, Fachunterricht. Die Lehrpläne der Fächer enthalten vor allem eine Aufzählung und Beschreibung fachlicher Lehrziele und Lehrinhalte.

Das gilt auch für den Physikunterricht. Dementsprechend konzentrieren sich Physiklehrer aus guten Gründen auf die Vermittlung fachlichen Wissens und fachlicher Arbeitsmethoden. Dem liegt stillschweigend die Hypothese zugrunde, daß sich im fachorientierten Unterricht die Fähigkeit zu lernen von selbst einstellt. Auch die publizierten Arbeiten aus der Physikdidaktik konzentrieren sich auf die Verbesserung des Physikunterrichtes im engeren Sinne, die Entwicklung neuer Experimente, verständlicherer Darstellungen, die Untersuchung der Schwierigkeiten beim Erwerb physikalischer Begriffe und die Erschließung neuer wissenschaftlicher und technischer Sachverhalte für den Unterricht.

Es scheint, daß wir es vor allem für eine Aufgabe des Deutschunterrichtes halten, die Fähigkeit zu entwickeln, anhand von Texten zu lernen. Eine Erläuterung und Übung von Lerntechniken und der sachgerechten Nutzung von Lehrbüchern findet sich dagegen selten im Fachunterricht.

Schüler und Studenten wünschen sich hier eine Änderung. In Befragungen dokumentieren sie ein großes Interesse an Lern- und Lesetechniken (1,3). Sie erwarten, daß ihnen Lerntechniken vermittelt und daß ihnen auch die psychologischen Hintergründe dafür erläutert werden. Sie möchten Lerntechniken nicht nur allgemein sondern vor allem in Verbindung mit dem fachlichen Lernen üben.

Die Aufgabe, das "Lernen zu lehren" ist ohne Zweifel eine übergeordnete Aufgabe der Schule, die auch im Fachunterricht und damit auch im Physikunterricht eingelöst werden muß. Daher muß sich auch die Physikdidaktik mit diesem Problem befassen.

2. Probleme bei der Vermittlung von Lerntechniken

2.1 Anerkennung des Lernens als Arbeit

Technik und Industrialisierung haben den Menschen von Arbeit entlastet. Weite Bereiche der Arbeit werden von Automaten übernommen oder erleichtert. Das vom Menschen zu leistende Arbeitsvolumen ist drastisch reduziert. Das zeigen alle Indikatoren: Lebensarbeitszeit, Jahresarbeitszeit, Wochenarbeitszeit. Dabei läßt sich eine Tätigkeit grundsätzlich nicht reduzieren oder delegieren: das Lernen. Lernzeiten für den Wissenserwerb lassen sich auch durch didaktische Hilfen nicht wesentlich verringern. Damit verschiebt

sich die Lebensleistung auf die Schul- und Ausbildungszeit und auf Lerntätigkeiten danach. Lernen kann genau wie eine berufliche Tätigkeit Befriedigung bringen und Freude machen. Dennoch sollten wir deutlich sehen, daß Lernen und heute und mehr noch in Zukunft den Charakter einer Arbeit hat und auch als Arbeit betrachtet werden muß. Gerade diese Diskrepanz zwischen zunehmender Arbeitsnotwendigkeit bei Bildung und Ausbildung und bei gleichzeitig abnehmender Arbeit in den übrigen Lebensbereichen und damit wachsendem Anspruch an Freizeit, ist der Grund für viele Probleme in Schule und Universität.

2.2 Abnahme der Leseroutine infolge des Fernsehkonsums

Wenn heute durchschnittlich von Jugendlichen 1-3 Stunden pro Tag ferngesehen wird, bedeutet das, das entsprechend weniger zu Unterhaltungszwecken gelesen wird. Während seiner Schul- und Studentenzeit liest heute ein junger Mensch 5.000-10.000 Stunden weniger als die Elterngeneration. Damit wird der Decodierungsvorgang beim Lesen weniger geübt und automatisiert. Lesen ist heute subjektiv anstrengender als in früheren Generationen. Dies fördert nicht die Neigung, mit Büchern umzugehen und Bücher als Informationsquelle zu benutzen.

2.3 Das sozial-psychologische Dilemma der Lehrberufe

Als Lehrende sind wir befriedigt, wenn uns im Unterricht oder in der Vorlesung eine gute Erklärung glückt, und unsere Schüler oder Studenten dies anerkennen. Wir sind nicht ganz so befriedigt, wenn uns Studenten sagen, daß sie Sachverhalte, die ihnen in der Vorlesung unklar geblieben sind, nun anhand eines Buches verstanden haben. Daher konzentrieren wir uns vor allem auf guten Unterricht und gute Erklärungen, weniger darauf, zum Gebrauch von Büchern und anderen Informationsquellen anzuleiten.

Dies trifft sich mit der Neigung von Schülern und Studenten. Sie lassen sich Sachverhalte lieber erklären als sie sich selbst anhand von Büchern oder Unterlagen zu erarbeiten. Dies ist schon deshalb mühsamer, weil im Unterricht der Informationsfluß zweikanalig ist (auditiv und visuell), während er beim Lesen einkanalig ist (vi-

suell). Gerade weil Lehrer und Schüler somit eine natürliche Tendenz haben, sich auf den Unterricht zu konzentrieren, gerät das Lernen außerhalb der Lehrveranstaltung leicht aus dem Blick.

2.4. Autonomes Lernen ist eine hochkomplexe Tätigkeit

Das autonome Lernen anhand von Texten ist keine wohldefinierte geistige Tätigkeit. Der Lernende muß dabei sehr unterschiedliche Lernaktivitäten selbst organisieren wie verständiges Lesen, Integration des Gelesenen in vorhandene Wissensbereiche, Selbstkontrolle im Hinblick auf Verständnis und Behalten, Übung und Anwendung auf neue Probleme. Diese Aktivitäten hängen vor allem von drei Randbedingungen ab:

- dem Ziel des Lernens,
- den aktuellen Kenntnissen, dem Lernzustand
- der subjektiven Lesbarkeit eines Textes, der Lerngrundlage.

Wenn es das Lernziel ist, sich innerhalb einer begrenzten Zeit rasch zu informieren, sind Aktivitäten angezeigt, die zu einer raschen Orientierung führen, wie sachgerechte Nutzung von Inhaltsverzeichnis, Register und Zwischenüberschriften, selektives Lesen.

Ist es das Lernziel, einen umfangreichen und zusammenhängenden Wissensbereich aufzubauen wie beispielsweise Kenntnisse der Halbleitertechnik, Grundlagen des Strahlungsschutzes, eine neue Programmiersprache zu erwerben u.a., so muß er einen Text gründlich studieren. Lernaktivitäten sind dann: verständiges Lesen, Identifizieren und Lernen neuer Begriffe, Memorieren neuer Begriffe, Mitrechnen von Umformungen, Exzerpieren und sachgerechtes Wiederholen, Einteilung der Arbeit in förderliche Arbeitsabschnitte, die Aufstellung und Einhaltung von Arbeitsplänen sowie die Erhaltung der eigenen Motivation und Lernbereitschaft durch Techniken der Selbstverstärkung, also selbstverordneter Belohnungen beim Erreichen bestimmter Arbeitsetappen. Welche dieser Aktivitäten in der aktuellen Situation notwendig und sachgerecht ist, hängt dabei vom Lernzustand ab, und daher gewinnt die Beurteilung und Kontrolle des eigenen Lernfortschrittes und Lernzustandes eine zentrale Bedeutung.

Die Fähigkeit, autonom zu lernen, besteht also darin, über eine Vielzahl von Lerntechniken zu verfügen und diese in Abhängigkeit von Lernziel, Lernzustand und Lerngrundlage sachgerecht zu verwenden. Diese Fähigkeit wird sicher nicht leicht und nicht nebenbei aufzubauen sein.

3. Förderung der Fähigkeit "Autonom zu lernen"

3.1 Förderung in Lehrveranstaltungen der Schule und Hochschule

Auf das Lernen außerhalb der Lehrveranstaltung kann durchaus innerhalb der Lehrveranstaltung eingewirkt werden. Diese Einwirkung ist immer indirekt, und in ihrer Wirkung begrenzt. Dazu werden hier nur kurze Stichworte gegeben, die an anderem Ort weiter ausgeführt sind (4, 5, 6).

a) Lernanregung und Anschaffungsempfehlung:

Die Anschaffung von Lehrbüchern, Sachbüchern und Nachschlagewerken kann immer wieder angeregt und empfohlen werden. Solche Anregungen sind in der Schule besonders wirksam, wenn die Schüler vor Weihnachten Wunschzettel schreiben dürfen.

b) Nutzung des Schulbuchs als Informationsquelle:

Auftauchende Fragen in der Lehrveranstaltung sollten bewußt nicht immer vom Lehrenden beantwortet werden, sondern diese Fragen können die Schüler und Studenten oft anhand ihrer Bücher klären. Auch wenn dies mehr Zeit kostet, lernen sie so die Informationsbeschaffung, die Benutzung von Inhaltsverzeichnis und Register.

c) Nutzung von Nachschlagewerken:

Unbekannte oder neue Begriffe sollten immer anhand eines Lexikons oder Sachbuches geklärt werden. So einfach es ist, unbekannte Begriffe so zu klären, so schwer ist es, sich dies zur Gewohnheit werden zu lassen.

d) Vermittlung von Lerntechniken durch Lernübungen anhand von Schulbüchern:

Als Hausaufgabe können Lernaufgaben gestellt werden, die sich auf einen bestimmten Abschnitt des Schulbuches beziehen. Dabei ist etwas für die Schüler Neues zu lernen. Hier neigen Schüler dazu,

den Text mehrmals hintereinander zu lesen. Daher müssen für diese Lernaufgabe Anweisungen und Zielvorgaben gegeben werden. Der Schüler muß lernen, Stichworte herauszuschreiben und anhand der Stichworte einen Sachverhalt zu rekapitulieren. Dazu gehörende Übungen sind, Zwischenüberschriften zu finden, kurze Zusammenfassungen aufzuschreiben, Skizzen zu machen und Diagramme zu lesen. Im Unterricht werden dann die Lernresultate überprüft, diskutiert und vertieft.

3.2 Förderung von Lerntechniken außerhalb der Lehrveranstaltung

Der eigentliche Ort zur Unterstützung und Förderung des autonomen Lernens ist die Lernsituation außerhalb der Lehrveranstaltung. Es ist das Lernen vor Ort, anhand eines Lehrbuches oder Skriptes fern vom Lehrenden. Hier stellen sich zwei Aufgaben: Unterstützung des autonomen Lernens und Förderung der Fähigkeit autonom zu lernen.

3.2.1 Unterstützung des autonomen Lernens durch Leitprogramme

Vorbemerkung: Meine eigene Motivation bei der Entwicklung des Konzepts der Leitprogramme geht auf einen Zielkonflikt zurück. Vor 20 Jahren befaßte ich mich intensiv mit dem damals modernen programmierten Unterricht, entwickelte mit Mitarbeitern Lehrprogramme und untersuchte ihre Wirksamkeit in Schulen. Dabei stellten wir fest, daß Schüler anhand der Lehrprogramme sehr wirksam lernen können, ja, daß dabei sogar ihre Fähigkeit zu verständigem Lesen signifikant zunimmt (7). Ein Grund für die Wirkung der Lehrprogramme war, daß das Programm die Regelung der Lernaktivität in optimaler Weise übernimmt. Und hier beginnt der Zielkonflikt. Das übergeordnete Ziel der Schule ist es, im Schüler die Fähigkeit zur Regelung der Lernaktivitäten zu entwickeln. Dann muß es für dieses Ziel kontraproduktiv sein, ihm gerade diese Regelung zu entziehen. Die Lösung dieses Zielkonfliktes lag in einer Verbindung selbst-geregelter Lernphasen anhand von Büchern mit unterstützten Lernphasen. Dann wechselt der Lernende zwischen zwei Lernmoden:

- autonomen Lernphasen anhand eines Lehrbuches
- unterstützten Lernphasen anhand eines Leitprogrammes.

Damit erfolgt eine Funktionstrennung zwischen dem Buch als der primären Informationsgrundlage und dem Leitprogramm.

Vor der Lernphase anhand des Lehrbuches hat das Leitprogramm folgende Funktion: Einteilung in förderliche Arbeitsabschnitte, dies sind zu Beginn 1 oder 2 Seiten, bei zunehmender Lernkompetenz werden es 4-8 Seiten. Hinweis auf anzuwendende Arbeitstechniken, wie der Auftrag neue Begriffe zu exzerpieren, Rechnungen im Text selbständig nachzurechnen, Zeichnungen zu kopieren u.a.

Nach der autonomen Lernphase hat das Leitprogramm andere Funktionen: Überprüfung des Lernzustandes durch Abfrage der neu eingeführten Begriffe und ihrer Bedeutungen; Wiederholungen; Übungen mit abgestuftem und ansteigendem Schwierigkeitsgrad, um das Gelernte zu üben und das Behalten zu sichern und Anwendungen vorzubereiten; Bereitstellung von Zusatzerklärungen und Hilfsprogrammen bei individuellen Lernschwierigkeiten.

Das Charakteristikum der Leitprogramme ist die Einteilung in kleine Lehrschnitte, wie bei der programmierten Instruktion. Daher der Name. Diese Lehrschnitte können in der Regel erfolgreich bearbeitet werden, dadurch nimmt der Lernende seine Lernfortschritte wahr. Diese Erfolgserlebnisse erhalten seine Lernbereitschaft, stärken sein Selbstvertrauen und geben ihm Sicherheit.

Zu Beginn ist die zeitliche Dauer der autonomen Lernphasen anhand des Lehrbuches gering und die Dauer der Arbeit am Leitprogramm groß. Mit zunehmender Lernkompetenz werden die Hilfen zurückgezogen. Am Ende überwiegt die Arbeit am Lehrbuch. Ein derartiges Leitprogramm ist für das Lehrbuch "Mathematik für Physiker" (8) entwickelt und in mehreren hochschuldidaktischen Studien untersucht worden. Die Ergebnisse sind dokumentiert (3) und belegen, daß Studienanfänger mit diesen Hilfen umfangreiche Lernaufgaben bewältigen können.

3.2.2. Förderung der Fähigkeit autonom zu lernen

a) Implizite Förderung durch Gewohnheitsbildung

Das Leitprogramm gewöhnt den Lernenden an autonomes Lernen anhand zunächst kleiner, dann größerer Textabschnitte. Die Gewöhnung an ein intensives Studium der Textabschnitte wird durch die Technik der Rückverweise gefördert. Wenn nach dem Abschluß der autonomen Lernphase ein Lerndefizit vorliegt, wird der Lernende auf die

entsprechende Passage des Lehrbuchs zurückverwiesen. Dies wird mit einer neuen Aufgabenstellung verbunden, um sachgerechtes Lernverhalten zu aktivieren. Beispiel:

Sie haben noch Schwierigkeiten bei der Bildung des totalen Differentials. Studieren Sie den Abschnitt 12.4 im Lehrbuch noch einmal. Rechnen Sie das Beispiel im Text nach. Bilden Sie dann anhand der Rechenvorschrift im Text das totale Differential für die Funktion $z = x^2 * y + y^2 * x$

Mit Rückverweisen wird erreicht, daß der Lernende die autonome Lernphase als zentrale Arbeitsphase erkennt und sich an sachgerechte Lerntechniken gewöhnt.

b) Explizite Förderung durch Vermittlung von Arbeitstechniken

In seiner klassischen Studie fand Woodrow (9), daß die Erläuterung von Lerntechniken in Kombination mit der Übung dieser Techniken zu besseren Lernergebnissen führt als reine Erläuterung oder reine Übung allein. Das durch Leitprogramme unterstützte Lernen ist Übung und Gewöhnung an das Lernen. Darüberhinaus müssen die Lerntechniken erläutert und bewußt gemacht werden. Heute nennen dies die Psychologen Meta-Lernen oder Meta-Kognition.

Im Leitprogramm werden zu diesem Zweck unterschiedliche Lerntechniken erläutert: Einteilung des Lernens in förderliche Arbeitsabschnitte, Festlegung von Zwischenzielen, Wiederholungstechniken, Selbstkontrolltechniken, Exzerpieren, Memorieren, aktives und passives Lernen u.a. Schließlich werden experimental-psychologische Befunde mitgeteilt, mit denen bestimmte Lern- und Wiederholungstechniken begründet werden können. Diese Lerntechniken werden anhand regulärer Aufgaben geübt.

Befragungen von Studienanfängern, die ein volles Semester lang mit derartigen Leitprogrammen arbeiteten, zeigen, daß die Studenten in ihrer überwiegenden Mehrheit die Erläuterung und Übung von Arbeitstechniken im Zusammenhang mit dem fachlichen Lernen begrüßen. Sie erklären, daß sie die Lerntechniken auch beim Studium anderer Lehrbücher voll oder zumindest teilweise anwenden (3).

Die hier beschriebenen Leitprogramme sind in Buchform entwickelt (10). Eine Chance für die Zukunft liegt jedoch in der Benutzung der modernen Technik des Kleincomputers. Gerade die Verbindung des klassischen Mediums Lehrbuch mit dem modernen Medium "PC" eröffnet neue bisher nur zum Teil erprobte Möglichkeiten, das autonome Lernen anhand von Lehrbüchern zu unterstützen und die Fähigkeit zu fördern, autonom das heißt selbstbestimmt und selbstgeregelt zu lernen.

4. Zusammenfassung

Das scheinbar altmodische Lernen anhand von Texten ist nach wie vor eine wichtige Grundlage differenzierten Wissenserwerbs und intellektueller Unabhängigkeit. Das gilt zunächst für das autonome Lernen außerhalb der Lehrveranstaltungen von Schule und Universität, das gilt aber auch vor allem für die Zeit danach.

Das übergeordnete Ziel das "Lernen zu lehren" ist eine Aufgabe, die im Fachunterricht d.h. auch im Physikunterricht realisiert werden muß. Daher hat sich auch die Physikdidaktik mit diesem Problem zu befassen. Die Fähigkeit zu autonomem Lernen kann im Unterricht gefördert werden, sie kann auch durch die Entwicklung von Studienunterstützungen wie Leitprogrammen zu Standardlehrbüchern gefördert werden.

Leitprogramme zu Lehrbüchern verfolgen zwei Ziele: die Unterstützung des autonomen Lernens vor Ort und die Förderung der Fähigkeit zum autonomen Lernen.

In der Entwicklung von Lernunterstützungen für Schulbücher und auch für akademische Lehrbücher eröffnet sich ein weites Feld für fachdidaktische Entwicklungsarbeit.

Literatur und Anmerkungen

- (1) HOFFMANN, K.W., KANIG, G., WELTNER, K.: Lernen außerhalb von Lehrveranstaltungen. Frankfurt a.M. 1979, Projektbericht. Institut für Didaktik der Physik, Universität Frankfurt.
- (2) Hochschulbarometer - Befragung von Studierenden. Die Studie wurde von Infratest-Sozialforschung München durchgeführt und ist über das BMBW, 53 Bonn 12 zu beziehen.

- (3) WELTNER,K.: Autonomes Lernen - Theorie und Praxis der Unterstützung selbstgeregelten Lernens in Schule und Hochschule, Klett-Verlag, Stuttgart 1978.
- (4) HOFFMANN,K.; KANIG,G.; WELTNER,K.: Lernen anhand von naturwissenschaftlichen Texten. In: Naturwissenschaften im Unterricht (Physik/Chemie), 1981, S.233-237.
- (5) HANSTEIN,V.: Zur Beeinflussung des Lernens nach Physikschulbuchtexten mit Hilfe von Zielvorgaben. In: Mikelskis (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie, Alsbach 1983, S.167-169.
- (6) SCHULTE,W.: Verbesserung des Lernerfolgs beim Physiklernen aus Schulbuchtexten durch Anwendung von Instruktionen. In: Mikelskis (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie, Alsbach 1983, S.170-173.
- (7) WELTNER,K.; ZORN,R.: Über den Zusammenhang zwischen Lesefähigkeit und Bearbeitung von Lehrprogrammen. In: Roth (Hrsg.): Beiträge zur empirischen Unterrichtsforschung, Hannover, 1969, S.112-120.
- (8) WELTNER,K.: Mathematik für Physiker, 2 Bände Lehrbuch, 3 Bände Leitprogramm. Vieweg Verlag Braunschweig, 8.Auflage 1989. Lehrbuch und Leitprogramme sind übersetzt und für die Bedürfnisse englischer Studenten adaptiert: WELTNER; GROSJEAN; SCHUSTER; WEBER: Mathematic for Engineers and Scientists, Textbook and Study Guide, Thornes, Cheltenham, 1986. Lehrbuch und Leitprogramme wurden zunächst für die Bedürfnisse von Lehramtsstudenten mit dem Fach Physik entwickelt. Inzwischen werden sie überall dort benutzt, wo Studienanfänger aller Naturwissenschaften sich mathematische Kenntnisse für Anwendungszwecke rasch und sicher aneignen wollen oder müssen. Sie haben auch eine Brückenfunktion für den Übergang von der Schule zur Hochschule, um fehlende Mathematikvorkenntnisse selbständig auszugleichen. Der Inhalt beginnt mit Kenntnissen, die in der Schule erworben sein sollten.
- (9) WOODROW,H.: 1927: The effect of type of training upon Transference. In: Journal of Educational Psychology, Baltimore, Vol.18, p.159-172.
- (10) Ursprünglich wurden die Leitprogramme ab 1972 als Vorläufer für Computerunterstützten Unterricht entwickelt, um rasch Erfahrungen mit dieser Methodik zu gewinnen. Die spätere Übertragung einzelner Lektionen auf Großrechnergesteuerte Systeme im Rahmen eines vom BMW geförderten Projektes 1977-1980 führten zwar zu brauchbaren Programmen aber untragbaren Betriebskosten. Die Buchform der Leitprogramme dagegen hat sich am freien Markt bewährt.