

Verbesserung der Studiensituation für Studienanfänger

Klaus Weltner

Institut für Didaktik der Physik, Universität Frankfurt, Max-von-Laue-Str. 1
weltner@em.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Die Zahl der Studienanfänger in Physik aber auch in den übrigen naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Fächern ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen. Weitgehend stagniert hat dagegen die Zahl der betreuenden Professoren und Hochschulangehörigen. Insbesondere die Studienanfänger treffen daher auf eine Situation, die durch schlechtere Betreuung und abnehmende Qualität der Lernsituation gekennzeichnet ist. Hohe Abbrecherquoten in den mathematischen naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen sind seit langem üblich und neben den hohen fachlichen Leistungsanforderungen auch auf Schwierigkeiten beim Übergang von der Schulsituation auf die veränderten Randbedingungen beim Studium zurück zu führen. Abhilfe durch starke Vermehrung des wissenschaftlichen Personals ist nicht zu erwarten. Zur Unterstützung und Verbesserung der Lernsituation besonders für Studienanfänger bietet sich die Entwicklung von Studienunterstützungen und Studienanleitungen durch Leitprogramme an, die das Studium von einführenden Standardlehrbüchern unterstützen. In der Form des e-learning ist die allgemeine Nutzung möglich. Die Methodik der Leitprogramme ist für den Sonderfall „Mathematik für Physiker“ erfolgreich und wirksam seit 1975 und kann auch auf andere Fachgebiete übertragen werden.

1. Zur Studiensituation

1.1 Äußere Rahmenbedingungen

Die Zahl der Studienanfänger ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Die Ressourcen der Universität steigen demgegenüber nicht. Während Mittel für die Forschung anteilmäßig zunehmen werden, gilt dies für Lehre eher weniger. Alle seriösen Prognosen gehen davon aus, dass die Zahl der Studienanfänger in absehbaren Zeiträumen nicht abnehmen wird. Es ist im Übrigen eine ähnliche Situation wie vor 40 Jahren, als die Bildungsreform zu einer drastischen Zunahme der Studienanfänger führte. Die Situation der Studienanfänger unterscheidet sich in den einzelnen Fächern deutlich. In den Ingenieurwissenschaften, der Physik und der Mathematik brechen zwischen 35% und 45% der Studienanfänger ihr Studium in den ersten zwei Jahren ab und wechseln in andere Fächer oder geben das Studium ganz auf. Zwar sind die Gründe im Einzelnen sehr unterschiedlich, aber in einem Bereich häufen sich die Schwierigkeiten: in den einführenden Mathematikvorlesungen. Hier ist es dringend geboten über die Verbesserung der Studiensituation von Studienanfängern nachzudenken und Unterstützungen zu entwickeln.

1.2 Lernorte

Studienanfänger lernen in Lehrveranstaltungen, wie Vorlesungen, Seminaren, Übungen und Labors. Wenn über die Verbesserung der Studiensituation nachgedacht wird, steht in der Regel die Verbesserung der Lehrveranstaltungen im Vordergrund.

Studienanfänger lernen aber auch außerhalb von Lehrveranstaltungen anhand von Lehrbüchern, Skripten, eigenen Mitschriften, Internet Recherche, Übungsaufgaben. Arbeitszeit des Studenten außerhalb der Lehrveranstaltung, auch wenn

individuell sehr unterschiedlich, ist nicht unerheblich. Etwa 30-40% seiner Zeit arbeiten erfolgreiche Studenten außerhalb der Lehrveranstaltungen. Die Bedeutung und Wirksamkeit dieses Lernens wird in der öffentlichen Diskussion meist unterschätzt. Lernen ist, das lehrt der Konstruktivismus, ein aktiver Vorgang. Was der Student in einer guten Vorlesung verstanden hat, behält er nur zu einem verschwindenden Bruchteil. In das Langzeitgedächtnis wird nur eingespeichert, was mehrfach rekapituliert, benutzt und angewandt wird. Das ist nur am häuslichen Schreibtisch möglich. Auch wenn es eine Binsenweisheit ist, dass man nur mit dem eigenen Kopf lernen kann, die Konsequenzen werden oft unterschätzt. Der Ansatz, über den ich im Folgenden berichte, zielt daher vor allem darauf ab, das Lernen außerhalb von Lehrveranstaltungen zu unterstützen und damit zur Verbesserung der Studiensituation beizutragen. Dazu gehört auch, in die sachgerechte Benutzung von Lehrbüchern und schriftlichen Informationsquellen einzuführen.

2. Methodik der Leitprogramme

2.1 Grundgedanke

Übergeordnetes Ziel ist es, Studienanfänger anzuleiten, anhand schriftlicher Unterlagen zu studieren, und dieses Studium detailliert zu unterstützen. Dabei ergeben sich zwei Arbeitsphasen:

- eine autonome Arbeitsphase anhand des Lehrbuchtextes
- eine unterstützte Arbeitsphase anhand des Leitprogramms.

In der autonomen Arbeitsphase arbeitet der Student selbstständig. Hier ist er einerseits frei, andererseits aber auch oft unsicher und ungeschützt.

In der unterstützten Arbeitsphase wird sein Lernverhalten weitgehend von dem Leitprogramm gesteuert, hier arbeitet er angeleitet und sicher.

Die Methodik der Leitprogramme wurde realisiert für das Thema „Mathematik für Physiker“. Die Wahl dieses Themas resultierte daher, dass, wie bereits gesagt, in Physik, Mathematik und in den Ingenieurwissenschaften der Anteil der Studienabbrecher in den ersten Semestern hoch ist. Er lässt sich zu einem erheblichen Teil auf Schwierigkeiten beim Erwerb der für diese Studiengänge bereits zu Beginn notwendigen Mathematikkenntnisse zurückführen. Einerseits gibt es Defizite in den Vorkenntnissen. Andererseits ist in den ersten Studiensemestern eine gewisse Asynchronie zwischen den Inhalten der einführenden Mathematikvorlesungen und der Benutzung der Mathematik in den Anfangsvorlesungen der verschiedenen Fächer festzustellen. Daher gilt es, Defizite in den Grundvoraussetzungen auszugleichen und notwendige anwendungsorientierte Mathematikkenntnisse rasch bereitzustellen.

Entwickelt wurden so ein Lehrbuch sowie Leitprogramme dazu. (Weltner, Wiesner, Heinrich, Engelhardt, Schmidt, 1975)

2.2 Aufgaben des Leitprogramms

2.2.1 Einteilung der autonomen Arbeitsphasen

Das Leitprogramm gibt dem Studenten zunächst Arbeitsanweisungen für das Studium von Textabschnitten, die in einem Zeitraum von 20-30 Minuten bewältigt werden können. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass der Student die Fähigkeit langsam entwickeln muss, sich förderliche Arbeitsaufgaben einzuteilen und sich dabei auch nicht selbst zu überfordern. Der gesamte Kurs besteht aus etwa 120 selbstständigen autonomen Arbeitsphasen. Im Schwierigkeitsgrad sind sie zunächst einfach, steigen dann allerdings mit wachsender Übung der Studenten an.

2.2.2 Kontrolle und Festigung der Lernergebnisse

Nach der autonomen Studienphase werden im Leitprogramm die Lernergebnisse überprüft und gefestigt.

Neue Begriffe (deklaratives Wissen) werden abgefragt in beiden Richtungen:

- der Begriff muss genannt werden, wenn die Definition oder Bedeutung vorgegeben wird
- Die Bedeutung oder Definition muss angegeben werden, wenn der Begriff vorgegeben wird.

Neue Operationen werden geübt (prozedurales Wissen)

Die Aufgaben werden mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad angeordnet (Winkelmann, Erb, 2012)

Unabhängig von der analytischen Bestimmung des Schwierigkeitsgrades wurde der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben vor allem von den Benutzern in der Entwicklungsphase bestimmt. Die Studenten beurteilten alle Lehrschritte im Hinblick auf ihre Nützlichkeit und ihre Schwierigkeit.

Danach folgen Übungen, Anwendungen, Problemlösungen.

Zu den Übungen gehörten auch Notationwechsel bei denen die bei Anwendungen üblichen Notierungen benutzt wurden. Aufgaben gleichen formalen Charakters sind subjektiv schwieriger, wenn sie mit andern Bezeichnungen als der in der Mathematik geübten xyz-Schreibweise vorliegen.

Im Übrigen bietet das Leitprogramm Individualisierungsmöglichkeiten. Studenten können bei subjektiv schwierigen Texten und Verständnisschwierigkeiten Zusatzerläuterungen wählen. Sie können weiter die Anzahl der Übungen von der Übungsnotwendigkeit und ihrem eigenen Lernfortschritt abhängig machen.

2.3. Schwierigkeitsgrad und Erhaltung der Lernmotivation

Durch die Vielzahl von Aufgaben wird ein aktives Lernverhalten initiiert. Die Aufgaben sind jeweils mit einer großen Wahrscheinlichkeit bewältigbar, ohne dabei für den Studienanfänger trivial zu sein.

Bei oberflächlicher Beurteilung scheinen die Aufgaben leicht. Sachkenner unterschätzen meist den Schwierigkeitsgrad. Für Lernende sind sie es nicht. Leitprogramme sollen den Studenten helfen, die Schwierigkeiten beim Erwerb ihrer Mathematikkenntnisse haben, die aber bereit sind, sich anzustrengen. Bei der Kontrolle und Festigung des Gelernten wird aktives Lernverhalten bei der Lösung subjektiv bewältigbarer Aufgaben initiiert. Die richtigen Lösungen werden unmittelbar zurück gemeldet und führen damit zu einer Selbstwahrnehmung eigener Lernfortschritte. Eine direkte Folge ist der Erhalt und die Stärkung der Anstrengungsbereitschaft. In anderem Zusammenhang hat Merzyn, 2012, gezeigt, dass die selbstwahrgenommene Leistung und die Wertschätzung des Faches positiv miteinander korrelieren. Bei der Bearbeitung der insgesamt 2300 Einzelaufgaben der vollständigen Leitprogramme findet somit eine kontinuierliche Förderung der Lernmotivation und der Erfolgszuversicht statt. In der konsequenten Durchführung dieses Programms sehe ich den Hauptgrund für die in der Praxis erprobte Wirksamkeit. Theoretisch ist es eine Kombination der Prinzipien des Konstruktivismus, des Behaviourismus (Holland, Skinner, 1961) und der von Frank 1962 entwickelnden kybernetischen Pädagogik. Einfacher hat es bereits Goethe beschrieben: „Lehre tut viel, aber Ermutigung vermag alles“.

3. Förderung von Lernkompetenzen

In einer grundlegenden Studie hat Woodroff bereits 1927 nachgewiesen, dass die Vermittlung und Übung von Lerntechniken am Wirksamsten ist, wenn man ihre theoretische Beschreibung mit der direkten Übung an aktuellen Lernaufgaben verknüpft. Obwohl es bei dem Leitprogramm „Mathematik für Physiker“ in erster Linie um den Aufbau von Mathematikkenntnissen geht, steht ein zweites, nahezu gleichwertiges Ziel im Vordergrund: Die Vermittlung von Lerntechniken und ihre Übung beim aktuellen Lernen. (Weltner, 1978)

3.1 Intensives Lesen

Wenn Lehrbuchabschnitte studiert werden sollen, wird der Studienanfänger angehalten, Umformungen und Ableitungen mit zu rechnen, so dass sie später rekonstruiert werden können. Dazu gehört auch das Exzerpieren neuer Begriffe und Bedeutungen. Schließlich wird er angehalten, die Aufgaben des Leitprogramms nach und nach zu übernehmen, d. h. sich selbst zu kontrollieren und Sachverhalte anhand eigener Exzerpte zu wiederholen. Wenn Aufgaben nicht gelöst werden können, wird der Student häufig durch Rückverweise angehalten, die entsprechende Textpassage erneut zu studieren und Aufgaben anhand des Textes zu lösen.

3.2 Selektives Lesen

Bei dieser Technik geht es darum, spezielle Informationen in einem Lehrbuch gezielt aufzusuchen. Dazu gehört eine sinnvolle Registerbenutzung und die Fähigkeit vieles zu überlesen und sich auf ein bestimmtes Ziel zu konzentrieren.

3.3 Einteilung von förderlichen Lernphasen

Erwähnt ist bereits, dass das Leitprogramm dem Studierenden begrenzte autonome Studienphasen anhand des Lehrbuchtextes zuweist. Diese Technik der Einteilung umfangreicher Studienaufgaben in begrenzte förderliche Studienabschnitte muss vom Studierenden selbstständig angewandt werden. Dazu gehört auch die Einteilung und Einhaltung von Pausen. Diese und alle übrigen Arbeitstechniken werden durch empirische Befunde der pädagogischen Psychologie erläutert. Stichworte dabei sind: Verteiltes und massiertes Lernen, Interferenz.

4. Entwicklung von Lehrbuch und Leitprogrammen „Mathematik für Physiker“

Lehrbuch und Leitprogramme wurden im praktischen Studienbetrieb in den Jahren 1972-1975 an der Universität Frankfurt erprobt. Die Lernfortschritte wurden durch Tests evaluiert, gleichzeitig aber wurde auch eine allgemeine Beurteilung der einzelnen Leitprogrammsschritte vorgenommen. Beides war die Grundlage für sorgfältige Revisionen und Verbesserungen. Eine erste Druckfassung erschien 1975 im Vieweg

Verlag. Seitdem ist die Kombination Lehrbuch und Leitprogramm ständig weiterentwickelt worden.

1994 Neue Kapitel kommen hinzu: Matrizen, Gleichungssysteme, Eigenwerte, Laplace-Transformationen, Fouriertransformationen

2002 Übernahme durch den Springer Verlag
Leitprogramme auf CD ersetzen die Buchform

2008 Neue Leitprogramme werden entwickelt: Divergenz, Rotation, Potential, Fourierreihen, Fourierintegrale, Laplace-Transformationen, Wellengleichungen

2009 Übersetzung in die englische Sprache
(Weltner, Grosjean, Weber, Schuster, 2009)

2012 Übersetzung in die französische Sprache
Leitprogramme kostenlos im Internet sowie parallel in Buchform

5. Schlußbemerkung

Die Methodik der Leitprogramme und die Entwicklung der Kombination von Leitprogrammen zu grundlegenden Lehrbüchern hat sich in der Praxis bewährt. Sie hilft bei der Kompensation von Defiziten bezüglich der Vorkenntnisse und sie kann helfen, die Lernkompetenz von Studienanfängern zu fördern.

Sie helfen auch bei der Nachbereitung und Prüfungsvorbereitung. Leitprogramme können im Internet bereitgestellt werden. Die Kombination von Lehrbuch und Leitprogramm kann Grundlage für umfangreiche selbstständige Studienphasen sein.

Die Entwicklung von Leitprogrammen für bewährte Standardlehrbücher kann in allen Disziplinen die Studiensituation für Studienanfänger verbessern. Das in Standardlehrbüchern vorliegende geistige Kapital kann durch die Entwicklung von spezifischen Leitprogrammen besser genutzt und erschlossen werden.

Literatur

[1] Weltner, Wiesner, Heinrich, Engelhardt, Schmidt: Mathematik für Physiker, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 1975

[2] Winkelmann; Jan; Erb; Roger: Schüler- und Lehrerexperimente im Optik Eingangsunterricht in Gymnasien

In: Helmuth Grötzenbach (Hrsg.): Phydid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Main 2012

[3] Merzyn, G.: Zensuren, Lernerfolg und Schülereinstellungen, MNU Heft 2, Jahrgang 65, 2012, Seite 116-119

[4] Holland and Skinner: The Analysis of Behavior McGraw-Hill, New York 1961

[5] Frank, H.: Die kybernetischen Grundlagen der Pädagogik, Baden-Baden, 1962

[6] Woodrow, H.: The effect of type of training upon transference, In: Journal of Educational Psychology, Baltimore, 1927, Band 18, S. 159-172;

[7] Weltner, K.: "Autonomes Lernen - Theorie und Praxis der Unterstützung selbstgeregelter Lernprozesse", Klett-Verlag, Stuttgart, 1978, 260 Seiten

[8] Weltner, Weber, Grosjean, Schuster: Mathematics for physicists and Engineers, Springer Verlag, Heidelberg, London, New York, 2009
Mathématique pour physiciens et ingénieurs, De Boek, Bruxelles, 2012

Verbesserung der Studiensituation für Studienanfänger

Klaus Weltner

Institut für Didaktik der Physik, Universität Frankfurt, Max-von-Laue-Str. 1
weltner@em.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Die Zahl der Studienanfänger in Physik aber auch in den übrigen naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Fächern ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen. Weitgehend stagniert hat dagegen die Zahl der betreuenden Professoren und Hochschulangehörigen. Insbesondere die Studienanfänger treffen daher auf eine Situation, die durch schlechtere Betreuung und abnehmende Qualität der Lernsituation gekennzeichnet ist. Hohe Abbrecherquoten in den mathematischen naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen sind seit langem üblich und neben den hohen fachlichen Leistungsanforderungen auch auf Schwierigkeiten beim Übergang von der Schulsituation auf die veränderten Randbedingungen beim Studium zurück zu führen. Abhilfe durch starke Vermehrung des wissenschaftlichen Personals ist nicht zu erwarten. Zur Unterstützung und Verbesserung der Lernsituation besonders für Studienanfänger bietet sich die Entwicklung von Studienunterstützungen und Studienanleitungen durch Leitprogramme an, die das Studium von einführenden Standardlehrbüchern unterstützen. In der Form des e-Learnings ist die allgemeine Nutzung möglich. Die Methodik der Leitprogramme ist für den Sonderfall „Mathematik für Physiker“ erfolgreich und wirksam seit 1975 und kann auch auf andere Fachgebiete übertragen werden.

1. Zur Studiensituation

1.1 Äußere Rahmenbedingungen

Die Zahl der Studienanfänger ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Die Ressourcen der Universität steigen demgegenüber nicht. Während Mittel für die Forschung anteilmäßig zunehmen werden, gilt dies für Lehre eher weniger. Alle seriösen Prognosen gehen davon aus, dass die Zahl der Studienanfänger in absehbaren Zeiträumen nicht abnehmen wird. Es ist im Übrigen eine ähnliche Situation wie vor 40 Jahren, als die Bildungsreform zu einer drastischen Zunahme der Studienanfänger führte. Die Situation der Studienanfänger unterscheidet sich in den einzelnen Fächern deutlich. In den Ingenieurwissenschaften, der Physik und der Mathematik brechen zwischen 35% und 45% der Studienanfänger ihr Studium in den ersten zwei Jahren ab und wechseln in andere Fächer oder geben das Studium ganz auf. Zwar sind die Gründe im Einzelnen sehr unterschiedlich, aber in einem Bereich häufen sich die Schwierigkeiten: in den einführenden Mathematikvorlesungen. Hier ist es dringend geboten über die Verbesserung der Studiensituation von Studienanfängern nachzudenken und Unterstützungen zu entwickeln.

1.2 Lernorte

Studienanfänger lernen in Lehrveranstaltungen, wie Vorlesungen, Seminaren, Übungen und Labors. Wenn über die Verbesserung der Studiensituation nachgedacht wird, steht in der Regel die Verbesserung der Lehrveranstaltungen im Vordergrund.

Studienanfänger lernen aber auch außerhalb von Lehrveranstaltungen anhand von Lehrbüchern, Skripten, eigenen Mitschriften, Internet Recherche, Übungsaufgaben. Arbeitszeit des Studenten außerhalb der Lehrveranstaltung, auch wenn

individuell sehr unterschiedlich, ist nicht unerheblich. Etwa 30-40% seiner Zeit arbeiten erfolgreiche Studenten außerhalb der Lehrveranstaltungen. Die Bedeutung und Wirksamkeit dieses Lernens wird in der öffentlichen Diskussion meist unterschätzt. Lernen ist, das lehrt der Konstruktivismus, ein aktiver Vorgang. Was der Student in einer guten Vorlesung verstanden hat, behält er nur zu einem verschwindenden Bruchteil. In das Langzeitgedächtnis wird nur eingespeichert, was mehrfach rekapituliert, benutzt und angewandt wird. Das ist nur am häuslichen Schreibtisch möglich. Auch wenn es eine Binsenweisheit ist, dass man nur mit dem eigenen Kopf lernen kann, die Konsequenzen werden oft unterschätzt. Der Ansatz, über den ich im Folgenden berichte, zielt daher vor allem darauf ab, das Lernen außerhalb von Lehrveranstaltungen zu unterstützen und damit zur Verbesserung der Studiensituation beizutragen. Dazu gehört auch, in die sachgerechte Benutzung von Lehrbüchern und schriftlichen Informationsquellen einzuführen.

2. Methodik der Leitprogramme

2.1 Grundgedanke

Übergeordnetes Ziel ist es, Studienanfänger anzuleiten, anhand schriftlicher Unterlagen zu studieren, und dieses Studium detailliert zu unterstützen. Dabei ergeben sich zwei Arbeitsphasen:

- eine autonome Arbeitsphase anhand des Lehrbuchtexes
- eine unterstützte Arbeitsphase anhand des Leitprogramms.

In der autonomen Arbeitsphase arbeitet der Student selbstständig. Hier ist er einerseits frei, andererseits aber auch oft unsicher und ungeschützt.

In der unterstützten Arbeitsphase wird sein Lernverhalten weitgehend von dem Leitprogramm gesteuert, hier arbeitet er angeleitet und sicher.

Die Methodik der Leitprogramme wurde realisiert für das Thema „Mathematik für Physiker“. Die Wahl dieses Themas resultierte daher, dass, wie bereits gesagt, in Physik, Mathematik und in den Ingenieurwissenschaften der Anteil der Studienabbrecher in den ersten Semestern hoch ist. Er lässt sich zu einem erheblichen Teil auf Schwierigkeiten beim Erwerb der für diese Studiengänge bereits zu Beginn notwendigen Mathematikkenntnisse zurückführen. Einerseits gibt es Defizite in den Vorkenntnissen. Andererseits ist in den ersten Studiensemestern eine gewisse Asynchronie zwischen den Inhalten der einführenden Mathematikvorlesungen und der Benutzung der Mathematik in den Anfangsvorlesungen der verschiedenen Fächer festzustellen. Daher gilt es, Defizite in den Grundvoraussetzungen auszugleichen und notwendige anwendungsorientierte Mathematikkenntnisse rasch bereitzustellen.

Entwickelt wurden so ein Lehrbuch sowie Leitprogramme dazu. (Weltner, Wiesner, Heinrich, Engelhardt, Schmidt, 1975)

2.2 Aufgaben des Leitprogramms

2.2.1 Einteilung der autonomen Arbeitsphasen

Das Leitprogramm gibt dem Studenten zunächst Arbeitsanweisungen für das Studium von Textabschnitten, die in einem Zeitraum von 20-30 Minuten bewältigt werden können. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass der Student die Fähigkeit langsam entwickeln muss, sich förderliche Arbeitsaufgaben einzuteilen und sich dabei auch nicht selbst zu überfordern. Der gesamte Kurs besteht aus etwa 120 selbstständigen autonomen Arbeitsphasen. Im Schwierigkeitsgrad sind sie zunächst einfach, steigen dann allerdings mit wachsender Übung der Studenten an.

2.2.2 Kontrolle und Festigung der Lernergebnisse

Nach der autonomen Studienphase werden im Leitprogramm die Lernergebnisse überprüft und gefestigt.

Neue Begriffe (deklaratives Wissen) werden abgefragt in beiden Richtungen:

- der Begriff muss genannt werden, wenn die Definition oder Bedeutung vorgegeben wird
- Die Bedeutung oder Definition muss angegeben werden, wenn der Begriff vorgegeben wird.

Neue Operationen werden geübt (prozedurales Wissen)

Die Aufgaben werden mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad angeordnet (Winkelmann, Erb, 2012)

Unabhängig von der analytischen Bestimmung des Schwierigkeitsgrades wurde der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben vor allem von den Benutzern in der Entwicklungsphase bestimmt. Die Studenten beurteilten alle Lehrschritte im Hinblick auf ihre Nützlichkeit und ihre Schwierigkeit.

Danach folgen Übungen, Anwendungen, Problemlösungen.

Zu den Übungen gehörten auch Notationwechsel bei denen die bei Anwendungen üblichen Notierungen benutzt wurden. Aufgaben gleichen formalen Charakters sind subjektiv schwieriger, wenn sie mit andern Bezeichnungen als der in der Mathematik geübten xyz-Schreibweise vorliegen.

Im Übrigen bietet das Leitprogramm Individualisierungsmöglichkeiten. Studenten können bei subjektiv schwierigen Texten und Verständnisschwierigkeiten Zusatzerläuterungen wählen. Sie können weiter die Anzahl der Übungen von der Übungsnotwendigkeit und ihrem eigenen Lernfortschritt abhängig machen.

2.3. Schwierigkeitsgrad und Erhaltung der Lernmotivation

Durch die Vielzahl von Aufgaben wird ein aktives Lernverhalten initiiert. Die Aufgaben sind jeweils mit einer großen Wahrscheinlichkeit bewältigbar, ohne dabei für den Studienanfänger trivial zu sein.

Bei oberflächlicher Beurteilung scheinen die Aufgaben leicht. Sachkenner unterschätzen meist den Schwierigkeitsgrad. Für Lernende sind sie es nicht. Leitprogramme sollen den Studenten helfen, die Schwierigkeiten beim Erwerb ihrer Mathematikkenntnisse haben, die aber bereit sind, sich anzustrengen. Bei der Kontrolle und Festigung des Gelernten wird aktives Lernverhalten bei der Lösung subjektiv bewältigbarer Aufgaben initiiert. Die richtigen Lösungen werden unmittelbar zurück gemeldet und führen damit zu einer Selbstwahrnehmung eigener Lernfortschritte. Eine direkte Folge ist der Erhalt und die Stärkung der Anstrengungsbereitschaft. In anderem Zusammenhang hat Merzyn, 2012, gezeigt, dass die selbstwahrgenommene Leistung und die Wertschätzung des Faches positiv miteinander korrelieren. Bei der Bearbeitung der insgesamt 2300 Einzelaufgaben der vollständigen Leitprogramme findet somit eine kontinuierliche Förderung der Lernmotivation und der Erfolgsoversicht statt. In der konsequenten Durchführung dieses Programms sehe ich den Hauptgrund für die in der Praxis erprobte Wirksamkeit. Theoretisch ist es eine Kombination der Prinzipien des Konstruktivismus, des Behaviourismus (Holland, Skinner, 1961) und der von Frank 1962 entwickelnden kybernetischen Pädagogik. Einfacher hat es bereits Goethe beschrieben: „Lehre tut viel, aber Ermutigung vermag alles“.

3. Förderung von Lernkompetenzen

In einer grundlegenden Studie hat Woodroff bereits 1927 nachgewiesen, dass die Vermittlung und Übung von Lerntechniken am Wirksamsten ist, wenn man ihre theoretische Beschreibung mit der direkten Übung an aktuellen Lernaufgaben verknüpft. Obwohl es bei dem Leitprogramm „Mathematik für Physiker“ in erster Linie um den Aufbau von Mathematikkenntnissen geht, steht ein zweites, nahezu gleichwertiges Ziel im Vordergrund: Die Vermittlung von Lerntechniken und ihre Übung beim aktuellen Lernen. (Weltner, 1978)

3.1 Intensives Lesen

Wenn Lehrbuchabschnitte studiert werden sollen, wird der Studienanfänger angehalten, Umformungen und Ableitungen mit zu rechnen, so dass sie später rekonstruiert werden können. Dazu gehört auch das Exzerpieren neuer Begriffe und Bedeutungen. Schließlich wird er angehalten, die Aufgaben des Leitprogramms nach und nach zu übernehmen, d. h. sich selbst zu kontrollieren und Sachverhalte anhand eigener Exzerpte zu wiederholen. Wenn Aufgaben nicht gelöst werden können, wird der Student häufig durch Rückverweise angehalten, die entsprechende Textpassage erneut zu studieren und Aufgaben anhand des Textes zu lösen.

3.2 Selektives Lesen

Bei dieser Technik geht es darum, spezielle Informationen in einem Lehrbuch gezielt aufzusuchen. Dazu gehört eine sinnvolle Registerbenutzung und die Fähigkeit vieles zu überlesen und sich auf ein bestimmtes Ziel zu konzentrieren.

3.3 Einteilung von förderlichen Lernphasen

Erwähnt ist bereits, dass das Leitprogramm dem Studierenden begrenzte autonome Studienphasen anhand des Lehrbuchtextes zuweist. Diese Technik der Einteilung umfangreicher Studienaufgaben in begrenzte förderliche Studienabschnitte muss vom Studierenden selbstständig angewandt werden. Dazu gehört auch die Einteilung und Einhaltung von Pausen. Diese und alle übrigen Arbeitstechniken werden durch empirische Befunde der pädagogischen Psychologie erläutert. Stichworte dabei sind: Verteiltes und massiertes Lernen, Interferenz.

4. Entwicklung von Lehrbuch und Leitprogrammen „Mathematik für Physiker“

Lehrbuch und Leitprogramme wurden im praktischen Studienbetrieb in den Jahren 1972-1975 an der Universität Frankfurt erprobt. Die Lernfortschritte wurden durch Tests evaluiert, gleichzeitig aber wurde auch eine allgemeine Beurteilung der einzelnen Leitprogrammsschritte vorgenommen. Beides war die Grundlage für sorgfältige Revisionen und Verbesserungen. Eine erste Druckfassung erschien 1975 im Vieweg

Verlag. Seitdem ist die Kombination Lehrbuch und Leitprogramm ständig weiterentwickelt worden.

1994 Neue Kapitel kommen hinzu: Matrizen, Gleichungssysteme, Eigenwerte, Laplace-Transformationen, Fouriertransformationen

2002 Übernahme durch den Springer Verlag
Leitprogramme auf CD ersetzen die Buchform

2008 Neue Leitprogramme werden entwickelt: Divergenz, Rotation, Potential, Fourierreihen, Fourierintegrale, Laplace-Transformationen, Wellengleichungen

2009 Übersetzung in die englische Sprache
(Weltner, Grosjean, Weber, Schuster, 2009)

2012 Übersetzung in die französische Sprache
Leitprogramme kostenlos im Internet sowie parallel in Buchform

5. Schlußbemerkung

Die Methodik der Leitprogramme und die Entwicklung der Kombination von Leitprogrammen zu grundlegenden Lehrbüchern hat sich in der Praxis bewährt. Sie hilft bei der Kompensation von Defiziten bezüglich der Vorkenntnisse und sie kann helfen, die Lernkompetenz von Studienanfängern zu fördern.

Sie helfen auch bei der Nachbereitung und Prüfungsvorbereitung. Leitprogramme können im Internet bereitgestellt werden. Die Kombination von Lehrbuch und Leitprogramm kann Grundlage für umfangreiche selbstständige Studienphasen sein.

Die Entwicklung von Leitprogrammen für bewährte Standardlehrbücher kann in allen Disziplinen die Studiensituation für Studienanfänger verbessern. Das in Standardlehrbüchern vorliegende geistige Kapital kann durch die Entwicklung von spezifischen Leitprogramme besser genutzt und erschlossen werden.

Literatur

[1] Weltner, Wiesner, Heinrich, Engelhardt, Schmidt: Mathematik für Physiker, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 1975

[2] Winkelmann; Jan: Erb; Roger: Schüler- und Lehrerexperimente im Optik Eingangsunterricht in Gymnasien

In: Helmuth Grötzenbauch (Hrsg.): Phydid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Main 2012

[3] Merzyn, G.: Zensuren, Lernerfolg und Schülereinstellungen, MNU Heft 2, Jahrgang 65, 2012, Seite 116-119

[4] Holland and Skinner: The Analysis of Behavior McGraw-Hill, New York 1961

[5] Frank, H.: Die kybernetischen Grundlagen der Pädagogik, Baden-Baden, 1962

[6] Woodrow, H.: The effect of type of training upon transference, In: Journal of Educational Psychology, Baltimore, 1927, Band 18, S. 159-172;

[7] Weltner, K.: "Autonomes Lernen - Theorie und Praxis der Unterstützung selbstgeregelter Lernprozesse", Klett-Verlag, Stuttgart, 1978, 260 Seiten

[8] Weltner, Weber, Grosjean, Schuster: Mathematics for physicists and Engineers, Springer Verlag, Heidelberg, London, New York, 2009
Mathematique pour physiciens et ingenieurs, De Bock, Bruxelles, 2012