

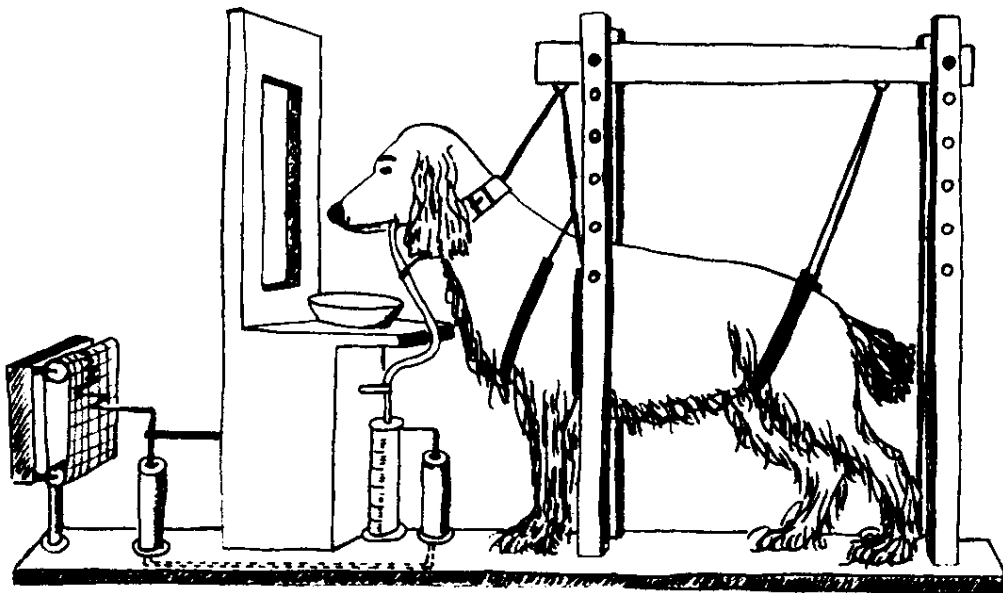
Wie kommt die Mathematik in den Kopf?

Lerntheorien als Grundlage des Mathematikunterrichts unter besonderer Berücksichtigung des Konstruktivismus

Jörg Dieter, 1998

E-Mail: jolifanto@web.de

Die Arbeit ist abrufbar unter: www.jolifanto.de



“Der Mensch kann entweder bloß dressiert, abgerichtet, mechanisch unterwiesen, oder wirklich aufgeklärt werden. Man dressiert Hunde, Pferde und man kann auch Menschen dressieren. [...] Mit dem Dressieren aber ist es noch nicht ausgerichtet, sondern es kommt vorzüglich darauf an, daß Kinder denken lernen. Das geht auf die Prinzipien hinaus, aus denen alle Handlungen entspringen.” Kant 1997: S. 22

Titelbild entnommen aus Schermer 1998: S. 25

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| 1 EINLEITUNG | 4 |
| 2 LERNEN | 5 |
| 3 VERSCHIEDENE ARTEN VON LERNTHEORIEN | 6 |
| 3.1 BEHAVIORISTISCHE LERNTHEORIEN | 6 |
| 3.2 KOGNITIVISTISCHE LERNTHEORIEN | 6 |
| 3.3 KONSTRUKTIVISTISCHE LERNTHEORIE | 7 |
| 4 BEHAVIORISTISCHE LERNTHEORIEN | 8 |
| 4.1 DIE KLASSISCHE KONDITIONIERUNG NACH PAWLOW | 8 |
| 4.2 DIE OPERANTE KONDITIONIERUNG NACH SKINNER | 8 |
| 5 KOGNITIVISTISCHE LERNTHEORIEN | 12 |
| 5.1 DIE SOZIAL-KOGNITIVE LERNTHEORIE NACH BANDURA | 12 |
| 5.2 MODELLE DER INFORMATIONSVERARBEITUNG | 13 |
| 5.2.1 Das Einspeichermodell nach Ebbinghausen | 13 |
| 5.2.2 Mehrspeichermodelle und Mehrebenenmodelle | 14 |
| 6 KONSTRUKTIVISTISCHE LERNTHEORIE | 16 |
| 6.1 ÜBERBLICK ÜBER DIE VIELFALT KONSTRUKTIVISTISCHER SICHTWEISEN..... | 16 |
| 6.2 DER RADIKALE KONSTRUKTIVISMUS | 16 |
| 6.2.1 Die Sichtweise des metaphysischen Realismus..... | 17 |
| 6.2.2 Die Sichtweise des radikaler Konstruktivismus | 18 |
| 6.2.3 Konstruierte Wirklichkeit | 19 |
| 6.2.4 Der Lernprozeß bei der Konstruktion einer Welt..... | 20 |
| 6.3 SOZIALER KONSTRUKTIVISMUS..... | 22 |
| 6.4 KONSTRUKTIVISTISCHE ANSÄTZE IN PÄDAGOGIK UND DIDAKTIK..... | 22 |
| 6.4.1 Der Glasersfeldsche Ansatz | 23 |
| 6.4.2 Der Anchored-Instruction-Ansatz | 27 |
| 6.4.3 Der Cognitive-Flexibility-Ansatz..... | 28 |
| 6.4.4 Der Cognitive-Apprenticeship-Ansatz | 28 |
| 7 SCHLUß | 29 |
| 8 LITERATURVERZEICHNIS | 30 |

1 Einleitung

Will man Mathematikunterricht planen, so benötigt man zunächst Informationen aus unterschiedlichen Bereichen:

- Man muß etwas über die Sache wissen, die unterrichtet wird.
- Man muß etwas über die Schüler und die Welt wissen, in der sie leben.
- Man muß etwas darüber wissen, wie Mathematikunterricht normalerweise abläuft und in welchen Kontext er eingebettet ist.¹

Auf Grund dieser Informationen kann man nun entscheiden, welche Ziele man mit dem Unterricht verfolgen will. Erst wenn diese Entscheidung getroffen ist, ist es sinnvoll, sich zu überlegen, auf welche Weise diese Ziele erreicht werden sollen.² Dazu benötigt man eine Vorstellung davon, wie Lernen eigentlich stattfindet - eine Lerntheorie. Im folgenden will ich einen Überblick über die wichtigsten Lerntheorien geben, die sich vor allem in diesem Jahrhundert entwickelt haben. Den Schwerpunkt will ich dabei auf die Beschreibung der konstruktivistischen Lerntheorie legen. Das hat den einfachen Grund, daß sich über die "traditionellen" Lerntheorien, deren Entwicklung weitgehend abgeschlossen ist, leicht in einschlägigen Werken wie Bower / Hilgard 1983/84 oder Schermer 1998 nachlesen läßt. Im Hinblick auf den Konstruktivismus sieht die Situation ganz anders aus. Er ist auf dem Gebiet der Pädagogik und Didaktik zur Zeit zwar in Mode und wird in zahlreichen Publikationen angesprochen, allerdings scheint beinahe jeder Autor etwas anderes zu meinen, wenn er von Konstruktivismus spricht.³ Sich einen Überblick über die verschiedenen Ansätze, die sich konstruktivistisch nennen und ihrer Bedeutung für das Lehren und Lernen zu verschaffen, ist deswegen nicht einfach. Ich möchte mit dieser Arbeit dem Leser eine Hilfe an die Hand geben, die es ihm erleichtert, sich in diesem schwierigen und momentan noch ständig ändernden Terrain zu orientieren.

Da das Thema dieser Arbeit Lerntheorien als *Grundlage* des Mathematikunterrichts sind, wird von Mathematik darin nur wenig die Rede sein. Einen direkten Bezug zwischen den verschiedenen Lerntheorien und dem Mathematikunterricht aufzuzeigen, hätte den Umfang dieser Arbeit bei weitem gesprengt. So muß jeder Leser diesen Schritt selbst leisten,⁴ ich hoffe aber dennoch, daß sich diese Arbeit für viele bei der Planung von Mathematikunterricht als nützlich erweisen wird.

¹ vgl. Ossner 1993: S. 192f

² Wobei eine Änderung der Ziele durchaus denkbar ist, wenn sich die Ziele als nicht, oder nur sehr schwer erreichbar herausstellen.

³ vgl. Gerstenmaier/Mandl 1995: S. 867 und Glasersfeld 1997: S. 310

⁴ Ich möchte in diesem Zusammenhang ein Buch erwähnen, auf das ich bei meiner Arbeit stieß, das ich aber leider nicht mehr bekommen konnte - es scheint mir im Rahmen dieses Themas große Relevanz zu besitzen: Steffe, L.P. (Ed.) a.o.: *Theories of Mathematical Learning*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum 1996.

2 Lernen

Eine allgemeine Definition des Begriffes "Lernen" zu geben ist nicht einfach, weil verschiedene lerntheoretische Traditionen unterschiedliche Dinge darunter verstehen. Unumstritten ist, daß sich beim Lernen etwas *verändert* und daß diese Veränderungen nicht auf Reifungsprozesse, Müdigkeit, Medikamenteneinnahme, strukturelle Veränderungen des Gehirns oder ähnliche Einflüsse zurückführbar sein sollen. Außerdem wird allgemein gefordert, daß die Veränderungen von einer gewissen *Dauerhaftigkeit* sind. Keine Einigkeit besteht jedoch darüber, ob lediglich bei einer Veränderung des *beobachtbaren Verhaltens* von Lernen gesprochen werden soll, oder auch bei einer nicht beobachtbaren Veränderung von *Verhaltensdispositionen*. In diesem Fall wird oft von der Veränderung hypothetischer, das Verhalten bestimmender *kognitiver Strukturen* gesprochen. Auch in der Frage, wodurch Lernen ausgelöst wird, besteht keine Einigkeit. Es gibt Lerntheorien, für die dafür eine *wiederholte Erfahrung* in einer ganz bestimmten Situation notwendig ist und andere, die die *einmalige Beobachtung* eines Geschehens dafür als ausreichend erachten.⁵ Auf diese Differenzen und ihre Konsequenzen werde ich bei der Darstellung der einzelnen Lerntheorien noch näher eingehen. Zunächst möchte ich zusammenfassend festhalten:

Unter Lernen versteht man

- **eine Veränderung von Verhalten oder von Verhaltensdispositionen**
- **diese Veränderung ist relativ dauerhaft**
- **sie ist nicht auf Reifungsprozesse, Medikamente, Müdigkeit, strukturelle Veränderungen des Gehirns oder ähnliches zurückführbar**
- **sie wird durch Interaktionen mit der Umwelt oder durch gemachte Erfahrungen ausgelöst**
- **dabei sind unter Umständen mehrere gleichartige Interaktionen bzw. Erfahrungen notwendig**

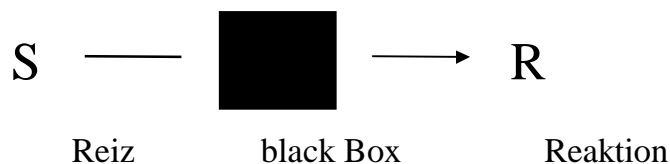
⁵ vgl. Gudjons 1995: S. 197f, Schermer 1998: S. 10ff und Zech 1996: S. 127f

3 Verschiedene Arten von Lerntheorien

Ausgehend von der Art und Weise, in der Lernen definiert wird, lassen sich die verschiedenen Lerntheorien in zwei große Gruppen einteilen.

3.1 Behavioristische Lerntheorien

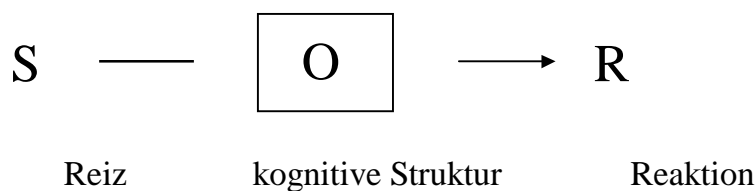
Behavioristische Lerntheorien stützen sich bei ihrer Beschreibung von Lernvorgängen auf die Dinge, die tatsächlich beobachtet werden können. Das sind die beobachtbaren *Reize*, die von außen auf den Lernenden einwirken und die beobachtbaren Verhaltensänderungen des Lernenden, seine *Reaktionen*. Was dabei im Lernenden vorgeht, wird nicht berücksichtigt, weil es nicht beobachtbar ist. Für die Behavioristen spielt sich der Lernprozeß in einer "Black Box" ab, in die man nicht hineinsehen kann. Da das englische Wort für Reiz "stimulous" und das für Reaktion "response" ist, werden die behavioristischen Lerntheorien oft auch als S-R-Theorien bezeichnet.⁶ Graphisch läßt sich ihr Grundprinzip folgendermaßen darstellen:



Als Beispiel für die behavioristischen Lerntheorien werde ich im folgenden die Theorie der klassischen Konditionierung nach Pawlow und die Theorie der operanten Konditionierung nach Skinner darstellen.

3.2 Kognitivistische Lerntheorien

Die kognitivistischen Lerntheorien gehen bei der Beschreibung und Erklärung von Lerntheorien über das Beobachtbare hinaus. Natürlich sind auch die kognitivistischen Lerntheoretiker keine Hellseher und wissen nicht, wie der Lernprozeß wirklich abläuft. Sie vertreten aber die Ansicht, daß es für ein Verständnis des Lernprozesses sinnvoll ist, eine kognitive Struktur des Lernenden anzunehmen, die sich im Lernprozeß verändert.⁷ Das obige Schema muß zur Beschreibung kognitivistischer Lerntheorien folgendermaßen abgeändert werden:



⁶ vgl. Zech 1996: S. 141f

⁷ vgl. Zech 1996: S. 142f

Die Ansichten darüber, wie diese kognitivistische Strukturen aussehen, gehen bei den verschiedenen kognitivistischen Lerntheorien auseinander. Ich werde im folgenden auf die sozial-kognitive Lerntheorie von Bandura, die eine Art Bindeglied zwischen den behavioristischen und kognitivistischen Lerntheorien darstellt, und verschiedene Informationsverarbeitungstheorien eingehen.

3.3 Konstruktivistische Lerntheorie

Eine dritte Art von Lerntheorie, die diese Zweiteilung sprengt, weil sie von einer völlig anderen philosophischen Grundlage ausgeht, bildet die konstruktivistische Lerntheorie. Sowohl behavioristische als auch kognitivistische Lerntheorien stützen sich auf die von Descartes populär gemachte Sichtweise, es gebe eine objektive, sowohl in ihrem Sein als auch in ihren Eigenschaften unabhängig vom denkenden Subjekt existierende Welt, die aber dem Subjekt dennoch zugänglich sei.⁸ Der Konstruktivismus⁹ bestreitet das; aus konstruktivistischer Sicht stehen dem Subjekt lediglich die Sinneswahrnehmungen zur Verfügung, auf Grund derer es eine Welt konstruiert. Das Konstrukt, das auf diese Weise entsteht, stellt kein Abbild der Welt dar in dem Sinne, daß es in irgendeiner Weise mit der Wirklichkeit übereinstimmt, sondern eine Anpassung an die Wirklichkeit im funktionalen Sinn.¹⁰ Geht man von dieser veränderten Grundlage aus, so erscheinen auch Lerntheorien in einem neuen Licht.

⁸ vgl. Dieter 1998: S. 88

⁹ Ich beziehe mich hier auf den radikalen Konstruktivismus nach Glasersfeld. Auf die unterschiedlichen Konstruktivistischen Denkweisen werde ich später noch eingehen.

¹⁰ vgl. Glasersfeld 1985: S. 18f

4 Behavioristische Lerntheorien

4.1 Die klassische Konditionierung nach Pawlow

Bei seinen Forschungen zur Verdauungsphysiologie entdeckte Iwan P. Pawlow (1846-1936), daß bei seinen Versuchstieren der Speichelfluß bereits einsetzte, bevor ihnen tatsächlich Futter vorgesetzt wurde. Die genauere Untersuchung dieses Phänomens führte ihn zu seiner Theorie über den bedingten Reflex, die er 1903 in Madrid auf dem Internationalen Medizinischen Kongreß vorstellte.

Nach Pawlow gibt es *unbedingte Reize*, die beruhend auf angeborenen Reiz-Reaktions-Verbindungen, zu *unbedingten Reaktionen* führen, z. B. stellt die Darbietung von Futter einen Auslöser für den Speichelfluß beim Hund dar. Wird ein *neutraler Reiz*, das heißt ein Reiz, der für sich allein nicht in der Lage ist, eine beobachtbare Reaktion auszulösen, z. B. das Läuten eine Glocke, mehrmals zusammen mit einem unbedingten Reiz dargeboten, so findet eine *Koppelung* zwischen unbedingtem und neutralem Reiz statt. Dadurch wird der neutrale Reiz zu einem *bedingten Reiz* und ist nun selbst in der Lage, den Speichelfluß beim Hund als *bedingte Reaktion* auszulösen. Schematisch läßt sich der Vorgang folgendermaßen darstellen:

| | | | |
|----------------|---|-------|---------------------------------------|
| Voraussetzung: | Unbedingter Reiz (Futter) | ====> | Unbedingte Reaktion (Speichelfluß) |
| Erwerb: | Neutraler + Unbedingter Reiz (Glocke + Futter) | ====> | Unbedingte Reaktion (Speichelfluß) |
| Ergebnis: | Bedingter (ehm. Neutraler) Reiz (Glocke) | ====> | Bedingte Reaktion (Speichelfluß) |

Es sind auch Konditionierungen höherer Ordnung möglich, bei denen eine Reaktion von einem bedingten Reiz auf einen weiteren bedingten Reiz übertragen wird, z. B. vom Läuten der Glocke auf ein Lichtsignal.

Die klassische Konditionierung wurde zunächst hauptsächlich an Tieren erforscht. Ihre Bedeutung für den humanen Bereich liegt vor allem in der Behandlung von Phobien, die mitunter durch Reizübertragungen entstehen und durch eine systematische Löschung der Koppelung geheilt werden können.¹¹ Für das Lernen im Mathematikunterricht hat die klassische Konditionierung praktisch keine Bedeutung.

4.2 Die operante Konditionierung nach Skinner

Während die pawlowsche Lerntheorie vor allem die Beziehung zwischen einem bestimmten Verhalten und den diesem Verhalten *vorausgehenden* Reizen untersuchte,

¹¹ Zum gesamten Abschnitt über die klassische Konditionierung vgl. Gudjons 1995: S. 198ff und Schermer 1998: S. 25ff

stehen bei der operanten Konditionierung nach Skinner (1904-1990) die *Folgen* eines Verhaltens im Vordergrund. Seine Untersuchungen veröffentlichte Skinner zuerst in dem 1938 erschienen Buch "The Behavior of Organisms". Bei seiner Analyse von Lernvorgängen unterscheidet er zwischen *Antwortverhalten*, das der Reaktion auf einen Reiz entspricht, wie sie im Rahmen der klassischen Konditionierung beschrieben wird und *Wirkverhalten*, den spontan auftretenden und aktiv hervorgebrachten Reaktionen eines Organismus (Skinner nennt sie *Operants*), die keinen notwendigen Bezug zu vorausgehenden Reizen erkennen lassen. Das Wirkverhalten hängt vielmehr in Häufigkeit und Intensität seines Auftretens von den auf es folgenden *Konsequenzbedingungen* ab.

Skinner untersuchte das Verhalten von Tieren, besonders von Ratten und Tauben, unter genau kontrollierten Bedingungen, wie sie z. B. mit Hilfe einer sogenannten *Skinner-Box* hergestellt werden können. Bei der Skinner-Box handelt es sich um einen Käfig, der mit einem Mechanismus zur Feststellung einer bestimmten *operanten Reaktion* und zur Darbietung eines *Verstärkers* ausgestattet ist. Dabei kann es sich beispielsweise um eine Scheibe, die das Picken einer Taube registriert und einen Futterspender handeln.

Während der Ausgangspunkt für Pawlows Untersuchungen eine angeborene Reiz-Reaktions-Verbindung war, geht Skinner von einem konkreten, beobachtbaren und *beliebigen Verhalten* aus, an dem er untersucht, wie durch *Verstärkung* oder *Bestrafung* die Wahrscheinlichkeit für das spätere Auftreten eines bestimmten Verhaltens erhöht oder vermindert werden kann. Der Schwerpunkt liegt bei Skinner also auf *der Reaktions-Konsequenz-Verbindung*, wohingegen dem Reiz, der einer Reaktion voraus geht, nur eine *Hinweisfunktion* zugebilligt wird. - Er gibt dem untersuchten Organismus lediglich einen Hinweis darauf, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Reaktion von einer bestimmten Konsequenz gefolgt sein wird.

Als *Verstärkung* bezeichnet Skinner einen Reiz, der in einer zeitlichen Beziehung zu einem bestimmten Verhalten auftritt, und die Wahrscheinlichkeit für das Wiederauftreten desselben Verhaltens erhöht, wohingegen eine Bestrafung einen Reiz darstellt, der die Wahrscheinlichkeit für das Wiederauftreten eines bestimmten Verhaltens vermindert. Außerdem unterscheidet Skinner verschiedene Arten von Verstärkern:

- *Positive Verstärker* erhöhen durch ihre Darbietung die Auftrittswahrscheinlichkeit eines Verhaltens.
- *Negative Verstärker* erhöhen durch ihre Entfernung die Auftrittswahrscheinlichkeit eines Verhaltens.
- *Primäre Verstärker* beziehen sich auf elementare, angeborene Bedürfnisse wie Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr, Schlaf, sexuellen Kontakt usw. Ihre verstärkende Wirkung ist dann am größten, wenn es dem jeweiligen Organismus an ihnen mangelt.
- Koppelt man einen neutralen Reiz so mit einem primären Verstärker, daß auch er verstärkende Wirkung erhält, so nennt man ihn einen *sekundären Verstärker*.
- Ein *generalisierter Verstärker* ist ein Verstärker, der sich gegen verschiedene primäre und sekundäre Verstärker eintauschen läßt, z. B. Geld. Während das Bedürfnis

nach einzelnen primären und sekundären Verstärkern oft relativ schnell gesättigt ist, tritt eine solche Sättigung bei generalisierten Verstärkern nicht auf.

- *Materielle Verstärker* bestehen in der Vergabe von Dingen, die ein bestimmtes Verhalten fördern.
- *Soziale Verstärker* drücken sich z. B. in Lob und Anerkennung aus, durch die ein Verhalten ebenfalls gefördert werden kann.
- Von *verdeckten Verstärkern* spricht man, wenn eine Handlung “sich selbst belohnt”, z. B. das Lösen einer Aufgabe in sich lustvoll ist, so daß keine sichtbare Verstärkung erfolgen muß.
- *Informative Verstärker* geben Rückmeldung darüber, ob ein vorgegebenes Ziel erreicht wurde, z. B. die korrekte Lösung einer Aufgabe.

Die Wirkung von Verstärkern kann gesteigert werden, wenn sie im Rahmen eines systematischen *Verstärkungsplanes* zum Einsatz kommen, in dem die Häufigkeit einer Verstärkung und die Bedingungen unter denen sie stattfindet, genau festgelegt wird. Außerdem läßt sich eine Verstärkung an einen bestimmten Stimulus koppeln, wenn ein Verhalten nur unter ganz bestimmten Bedingungen belohnt wird, z. B. während eine bestimmte Musik läuft. In diesem Fall spricht man von *Stimuluskontrolle*.

Das Gegenstück zur Verstärkung bildet, wie bereits erwähnt, die *Bestrafung*, bei der durch einen aversiven Reiz oder durch den Entzug von positiven Verstärkern ein bestimmtes Verhalten unterdrückt wird. Ähnlich wie bei den Verstärkern, lassen sich auch bei den Bestrafungen verschiedene Kategorien unterscheiden, auf die ich hier nicht näher eingehen will. Sie werden ausführlich bei Schermer 1998: S. 67ff behandelt.

1954 veröffentlichte Skinner das Buch “The Science of Learning and the Art of Teaching”. Darin kritisiert er die an den Schulen gängige Praxis in verschiedenen Punkten:

- Die Lehrer verwenden hauptsächlich negative Verstärker.
- Die Rolle der Schüler ist zu passiv.
- Zwischen einer vom Schüler erbrachten Leistung und der darauf folgenden Rückmeldung vergeht zu viel Zeit.
- Die unterschiedliche Lernfähigkeit der Schüler wird nicht ausreichend berücksichtigt.

Zur Lösung dieser Probleme schlägt Skinner den von ihm konzipierten *programmierten Unterricht* vor, der sich auf die operante Konditionierung stützt. Den Kern des programmierten Unterrichts bilden *lineare Lernprogramme*, in denen der Stoff in kleinen, aufeinander aufbauenden Schritten dargeboten wird. Zu jeder Informationseinheit wird eine Frage gestellt, die die Schüler durch das kleinschrittige Vorgehen fast immer beantworten können.

Der programmierte Unterricht konnte sich zwar nicht durchsetzen, trug aber zur Verbesserung der Unterrichtsmaterialien bei, führte zu einer stärkeren Beachtung der Eigenleistungen der Schüler und dem Bestreben, den Schülern verlässliche und regelmä-

ßige Rückmeldungen über ihr Verhalten zu bieten. Heutzutage fließen einige Grundsätze des programmierten Unterrichts in die Gestaltung von Lernsoftware ein.¹²

Das Scheitern des programmierten Unterrichts lag vermutlich nicht zuletzt daran, daß er seiner Konzeption nach nur Teilbereiche des schulischen Lernens und vor allem des Lernens im Mathematikunterricht abdecken konnte. Mit seiner Hilfe lassen sich effektiv die Begrifflichkeiten und grundlegenden Zusammenhänge eines neuen Stoffgebietes sowie schematische Lösungsmethoden für Standardaufgaben einführen. Ein tiefgehendes Verständnis des Stoffes oder die Fähigkeit, selbständig auch komplexe Probleme zu lösen, läßt sich mit dem kleinschrittigen Vorgehen des programmierten Unterrichts jedoch nicht vermitteln.

¹² Zum gesamten Abschnitt über die operante Konditionierung vgl. Gudjons 1995: S. 200ff und Schermer 1998: S. 53ff

5 Kognitivistische Lerntheorien

5.1 Die sozial-kognitive Lerntheorie nach Bandura

Pawlow und Skinner ließen nur beobachtbares Verhalten als Grundlage einer Lerntheorie zu und stützten sich in ihren Untersuchungen hauptsächlich auf Tierversuche. Bandura hingegen, der ausschließlich Humanstudien betreibt, bezieht auch die "Innenwelt" des Menschen, seine kognitiven Strukturen, mit in seine Lerntheorie ein. Er sagt zwar nichts darüber aus, wie diese kognitiven Strukturen aussehen, schreibt dem Menschen jedoch eine Reihe von Fähigkeiten zu, die sich aus ihnen ergeben:

- Der Mensch ist fähig zum *Gebrauch von Symbolen*. Dadurch ist es z. B. möglich, daß einmal gemachte Erfahrungen im Bewußtsein festgehalten werden und auch ohne einübendes Verhalten neue Erfahrungen gemacht werden können.
- Er ist fähig zu *vorausschauendem Denken*. Das dadurch mögliche Abschätzen der Folgen einer bestimmten Handlung trägt viel zur Motivation bei und hat damit großen Einfluß auf das augenblickliche Verhalten.
- Er ist fähig, stellvertretend, *durch Beobachtung*, zu lernen.
- Er ist fähig, sein Verhalten nach eigenen Standards zu bewerten und es dadurch *selbst zu regulieren*.
- Er ist fähig zur *Selbstreflexion*, d.h. er kann über sich und seine Erfahrungen nachdenken und damit die eigene Kompetenz und Möglichkeit auf die Wirklichkeit Einfluß zu nehmen abschätzen.

Es gelang Bandura das Lernen durch Beobachtung experimentell nachzuweisen. So konnte er in einem Versuch, in dem verschiedenen Gruppen von Kindern Filme gezeigt wurden, in denen aggressives Verhalten positive, negative oder neutrale Konsequenzen nach sich zog, zeigen, daß die Kinder der Gruppe, in der das aggressive Verhalten belohnt wurde, in einer ähnlichen Situation häufiger aggressiv reagierten als die Kinder der anderen Gruppen.

Die Beobachtung eines Modells kann zu ganz verschiedenen Ergebnissen führen: zur Aneignung neuer Verhaltensmuster, zur Hemmung oder Enthemmung bereits bestehender Verhaltensmuster, zur Veränderung des emotionalen Erregungsniveaus in bestimmten Situationen und zur Fokussierung der Aufmerksamkeit auf bestimmte Reize, denen zuvor keine Beachtung geschenkt wurde. Darüber hinaus nennt Bandura zwei Sonderformen des Lernens am Model: die *abstrakte Modellierung* und die *kreative Modellierung*. Bei der abstrakten Modellierung werden allgemeine Regeln und Prinzipien, die einem Modellverhalten zu Grunde liegen auf neue Anwendungszusammenhänge übertragen, während bei der kreativen Modellierung die Beobachtungen mehrerer Modelle miteinander verbunden werden.

Bandura unterscheidet in seiner Theorie ausdrücklich zwischen *Verhaltensaneignung* und *Verhaltensausführung*. Das bedeutet, daß im Gegensatz zu den Theorien von Pawlow und Skinner ein gelerntes Verhalten, nicht unbedingt auch sofort gezeigt werden muß. Es kann als potentielle Verhaltensweise gespeichert werden, die nur unter ganz

bestimmten Bedingungen auch ausgeführt wird. Zu diesen Bedingungen gehören für Bandura nicht nur äußere Reize und Verstärker, sondern auch *die Wirksamkeits- und Erfolgserwartungen* des Individuums und seine Fähigkeit zur *Selbstregulation*. Mit Hilfe der Selbstregulation kann sich das Individuum von den Umweltbedingungen unabhängig machen, indem es sein eigenes Verhalten beobachtet, bewertet und darauf mit *selbsterzeugten Konsequenzen* reagiert. Diese können z. B. in selbstgewählten Belohnungen für bestimmte Leistungen bestehen, oder einfach in dem guten Gefühl, daß man sein Bestes gegeben hat.¹³

Die sozial-kognitivistische Lerntheorie Banduras ist sicherlich besser geeignet, das Lehren und Lernen in der Schule zu beschreiben als die behavioristischen Lerntheorien. Es kommt oft genug vor, daß der Lehrer etwas an der Tafel erklärt und erwartet, daß die Schüler allein dadurch lernen, daß sie ihm zuschauen und zuhören. Eine Erwartung, die nach den Modellen von Pawlow und Skinner nicht gerechtfertigt wäre, mit Banduras Modell aber erklärt werden kann. Richtlinien für die Gestaltung des Mathematikunterrichts lassen sich aus Banduras Lerntheorie jedoch kaum ableiten.

5.2 Modelle der Informationsverarbeitung

Bei den Lerntheorien, die Denken und Lernen als das Ergebnis eines *Informationsverarbeitungsprozesses* ansehen, spielen die *kognitiven Strukturen* nicht nur eine Nebenrolle wie bei Bandura, - sie stehen im Mittelpunkt. Hans E. Fischer faßt das Wesentliche der verschiedenen informationsverarbeitenden Theorien prägnant zusammen: “Die Gruppe, die ich als ‘Informationstheoretiker’ benannt habe, geht davon aus, daß mit einer vorgegebenen (veränderbaren) Struktur des denkenden Systems von außen eingegebene Informationen verarbeitet werden. Dies soll dadurch geschehen, daß die eingegebenen Informationen mit bereits vorhandenem, gespeichertem Wissen verglichen und gemeinsam mit diesem zu neuem Wissen verarbeitet und zur Verhaltenssteuerung benutzt wird. Der Verarbeitungsprozeß selbst wird ‘Denken’ genannt, während ‘Lernen’ sich auf den Prozeß der Veränderung der zur Verarbeitung notwendigen (kognitiven) Struktur bezieht. Um von außen eingehende Informationen verarbeiten zu können, müssen verschiedene Elemente, mit denen die eingegebene Information verglichen werden soll, bereits im System gespeichert sein.”¹⁴

5.2.1 Das Einspeichermodell nach Ebbinghausen

Ebbinghausen (1850-1909) beschäftigte sich wohl als einer der ersten mit Informationsverarbeitungsmodellen. Dabei konzentrierte er sich vor allem auf die Erforschung des Gedächtnisses, wobei er einen einheitlichen, nicht unterteilten oder spezialisierten Gedächtnisspeicher annahm. Man spricht in diesem Zusammenhang deswegen auch von *Einspeichermodell*. Um den Zusammenhang zwischen *Einprägungszeitpunkt* und *Erinnerungszeitpunkt* bei verschiedenen *Stoffmengen* zu erforschen, führte Ebbinghaus-

¹³ Zum gesamten Abschnitt über die sozial-kognitive Lerntheorie vgl. Gudjons 1995: S. 202f und Schermer 1998: S. 83ff

¹⁴ Fischer 1990: S. 36f

sen zahlreiche Versuche mit größtenteils “künstlichem” Lernmaterial durch wobei er auch die Umweltbedingungen variierte.¹⁵

5.2.2 Mehrspeichermodelle und Mehrebenenmodelle

In den sechziger Jahren wurde das Gedächtnismodell nach Ebbinghausen durch komplexere Gedächtnismodelle ersetzt. Dabei rückte auch der Aspekt der Informationsverarbeitung stärker in den Vordergrund und es sind deutliche Parallelen zur Disziplin der Informatik festzustellen, die sich zur selben Zeit stark entwickelte. Die *Mehrspeichermodelle* postulierten mehrere Gedächtnisspeicher, die von eingehenden Informationen der Reihe nach durchlaufen werden müssen, z. B. ein *Ultrakurzzeitgedächtnis* oder *sensorisches Register*, ein *Kurzzeitgedächtnis* und ein *Langzeitgedächtnis*, denen jeweils verschiedene Eigenschaften bezüglich der *Menge* der verarbeitbaren Information, der *Dauer der Verfügbarkeit* der Information und der *Art ihrer Kodierung* zugeschrieben wurden.¹⁶

Zur gleichen Zeit entwickelte sich der sogenannte *Mehrebenenansatz*. Dabei werden unterschiedliche Gedächtnisleistungen nicht auf verschiedene Arten von Speichern zurückgeführt, sondern auf verschiedene Arten der *Reizkodierung*. Dabei wurde zwischen drei *Verarbeitungsebenen* unterschieden:

- Die *flache* Verarbeitung berücksichtigte nur *sensorische* und *physikalische* Merkmale.
- Die *mittlere* Verarbeitung berücksichtigte hauptsächlich die *phonemischen* Eigenschaften eines Reizes.
- Die *tiefe* Verarbeitung berücksichtigte den *Bedeutungsinhalt* eines Reizes.

Konkurrierte der Mehrebenenansatz zunächst mit dem Mehrspeicheransatz, so ist man heute immer mehr um eine Synthese beider Systeme bemüht.¹⁷

Gemeinsam ist nach Fischer all diesen Modellen: “daß Stimulusereignisse im Gedächtnis zusammen mit irgendeiner ihnen anhaftenden Beschreibung des Zusammenhangs mit dem zugehörigen Objekt registriert werden”¹⁸. Daraus lassen sich nach Fischer zwei Grundsätze ableiten:

- Die Wahrnehmungsobjekte “steuern das Verhalten des Wahrnehmenden in der Interaktion.”¹⁹
- Die kognitiven Strukturen, die beim Lernen aufgebaut werden, sind “irgendwie geardete Abbildungen von Realitätsausschnitten.”²⁰

Die Informationsverarbeitungsmodelle werden im Bereich der Didaktik nach wie vor häufig zur Erklärung von Lernvorgängen herangezogen. Eine Didaktik, die ihren Schwerpunkt in diesem Bereich setzt, beschäftigt sich meistens mit der Erforschung von Gedächtnisleistungen bei unterschiedlicher Gestaltung von Lernstoff und Um-

¹⁵ vgl. Schermer 1998: S. 103ff

¹⁶ vgl. Schermer 1998: S. 118ff

¹⁷ vgl. Schermer 1998: S. 136ff

¹⁸ Fischer 1990: S. 38

¹⁹ Fischer 1990: S. 38

²⁰ Fischer 1990: S. 38

weltbedingungen. Wenn es im Unterricht tatsächlich um Gedächtnisleistungen, wie zum Beispiel beim Lernen von Vokabeln geht, so haben die Informationsverarbeitungstheorien einige interessante Anregungen zu bieten. Geht es aber darum, einen Sachverhalt nicht nur zu memorieren, sondern wirklich zu verstehen, dann gelangen die reinen Informationsverarbeitungsmodelle recht schnell an ihre Grenzen.²¹

Auf Grundlage der Informationsverarbeitungsmodelle entwickelten sich verschiedene stark schulbezogene Lerntheorien, die zum Teil erheblich über die bloßen Informationsverarbeitungsmodelle hinausgehen, z. B. die von *Robert M. Gagné*, der die hierarchische Ordnung von acht verschiedenen Lerntypen annimmt, die von *David P. Ausubel*, für den vor allem die Verknüpfung neuen Lernstoffs mit bereits vorhandenen Strukturen wichtig ist und von *Jeromy S. Bruner*, der das *entdeckende Lernen* in den Vordergrund stellt. Auf diese Theorien hier im einzelnen einzugehen würde den Rahmen, dieser Arbeit sprengen - ich verweise deshalb an dieser Stelle auf die einschlägige Literatur.²²

²¹ vgl. Fischer 1990: S. 38

²² vgl. Gudjons 1995: S. 203ff. - Primärliteratur zu den genannten Autoren: Ausubel, D. P.: Psychologie des Unterrichts. Bd. 1 u. 2. Weinheim: 1974. - Bruner, J. S.: Entwurf einer Unterrichtstheorie. Berlin: 1974. - Gagné, R. M.: Die Bedingungen des menschlichen Lernens. Hannover: 1969. (zu den Quellen vgl. Gudjons 1995: S. 212)

6 Konstruktivistische Lerntheorie²³

6.1 Überblick über die Vielfalt konstruktivistischer Sichtweisen

Wie ich eingangs bereits erwähnte, scheint es momentan eine richtige Konstruktivismusmode zu geben. In der Neurobiologie, der Wahrnehmungspsychologie, der Soziologie, der Philosophie und nicht zuletzt in Pädagogik und Didaktik, überall ist der Konstruktivismus in aller Munde. Schaut man sich jedoch die Publikationen zum Thema Konstruktivismus im einzelnen an, erkennt man, daß das, was gemeint ist, wenn von Konstruktivismus geredet wird, bei weitem nicht immer dasselbe ist. Diese verschiedenen Verwendungsweisen des Begriffes muß man berücksichtigen, wenn man sich mit diese Thematik beschäftigen will, ohne heillos verwirrt zu werden.

- Zum ersten gibt es den *radikalen* Konstruktivismus, der sich hauptsächlich als Erkenntnistheorie versteht, und sich mit dem Verhältnis von Wissen und Wirklichkeit beschäftigt.²⁴
- Zum zweiten gibt es den “neuen” Konstruktivismus in Soziologie und Psychologie, der sich fragt, wie wir unser Wissen in Abhängigkeit von unserer kulturellen Situation aufbauen. Inzwischen hat sich für diese Richtung auch der Eigenname *sozialer* Konstruktivismus eingebürgert.²⁵
- Und schließlich gibt es konstruktivistische Ansätze in der *Didaktik* und *Pädagogik*, die sich mit der Frage beschäftigen, wie dieser Aufbau von Wissen gefördert werden kann.²⁶

Dabei ist zu beobachten, daß diejenigen, die einer konstruktivistischen Erkenntnistheorie anhängen, zwangsläufig auch in Fragen des Wissensaufbaus und der Didaktik konstruktivistisch denken. Vertreter des soziologischen oder psychologischen Konstruktivismus und einer konstruktivistischen Didaktik sind hingegen oftmals einem traditionellen Wissenschaftsverständnis verpflichtet und greifen mitunter die “radikalen” Konstruktivisten scharf an. Im Gegenzug kritisieren die “radikalen” Konstruktivisten die “sozialen” teilweise wegen der Halbherzigkeit ihres Ansatzes und wegen des Zurückfallens in ontologisch geprägte Sichtweisen.²⁷

6.2 Der radikale Konstruktivismus

Bei meiner Darstellung des *radikalen Konstruktivismus* werde ich mich vor allem auf die Arbeiten von Ernst von Glasersfeld, einem der prominentesten Vertreter der konstruktivistischen Denkweise beziehen.²⁸ Laut Glasersfeld soll der radikale Konstrukti-

²³ Zum gesamten Abschnitt über die konstruktivistische Lerntheorie vgl. Dieter 1998: S. 86ff, ich übernehme teilweise meine eigenen Formulierungen ohne sie als Zitat besonders zu kennzeichnen.

²⁴ vgl. Gerstenmaier/Mandl, 1995: S. 868

²⁵ vgl. Gerstenmaier/Mandl, 1995: S. 868

²⁶ vgl. Gerstenmaier/Mandl, 1995: S. 868

²⁷ vgl. Glasersfeld 1997: S. 311ff

²⁸ Seine Prominenz läßt sich unter anderem an der großen Zahl in den letzten Jahren erschienener Aufsätze zu konstruktivistischen Themen erkennen, die auf von Glasersfeld Bezug nehmen. Was die von Glasersfeld ausgearbeitete Form des Konstruktivismus auszeichnet, werde ich weiter unten noch erläutern.

vismus "ein Modell des rationalen Wissens sein, nicht eine Metaphysik, die eine reale Welt zu beschreiben versucht."²⁹ Das macht es notwendig, sich mit der Bedeutung des Begriffes *Wissen* und seinem Verhältnis zum Begriff der *Wirklichkeit* zu beschäftigen. Was bedeutet es eigentlich zu sagen, daß man etwas über die Wirklichkeit weiß? Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene Antworten auf diese Fragen.

6.2.1 Die Sichtweise des metaphysischen Realismus

Die erste besteht darin zu sagen, daß Wissen immer Wissen von einer objektiven, unabhängig vom Wissenden existierenden Wirklichkeit ist. Dieses Wissen ist dann *wahr*, wenn es die Wirklichkeit abbildet, in dem Sinne, daß es in bestimmten Eigenschaften mit der Wirklichkeit übereinstimmt, bzw. in irgendeiner Weise gleichförmig mit ihr ist.³⁰

Diese Sichtweise ist verführerisch einfach, und hat lange Zeit in der einen oder andern Form die Erkenntnisphilosophie beherrscht. Aber: "Dadurch, daß die Antwort auf die Frage, was Wissen ist, vorweggenommen wird, schafft die herkömmliche Erkenntnislehre ein ebenso unvermeidliches wie unlösbares Dilemma. Wenn Erkenntnis und Wissen eine Beschreibung oder Abbild der Welt *an sich* sein sollen, dann brauchen wir ein Kriterium, auf Grund dessen wir beurteilen könnten, wann unsere Beschreibungen oder Abbilder 'richtig' oder 'wahr' sind."³¹ Um entscheiden zu können, ob zwei Dinge in irgendwelchen Eigenschaften übereinstimmen, müssen wir sie vergleichen. Das ist aber in diesem Fall nicht möglich, da uns die Wirklichkeit selbst, mit der der Vergleich hier stattfinden müßte, nicht zugänglich ist. Zugänglich ist uns lediglich das, was wir von der Wirklichkeit wahrnehmen, bzw. unsere Erinnerung an das, was wir zuvor von der Wirklichkeit wahrgenommen haben. Die Wahrnehmung eines Apfels zum Beispiel, können wir "nur mit anderen Wahrnehmungen vergleichen, niemals aber mit dem Apfel selbst, so wie er wäre, bevor wir ihn wahrnehmen."³²

Der eben erläuterte und kritisierte Standpunkt zum Verhältnis von Wissen und Wirklichkeit wird von Glasersfeld als *metaphysischer Realismus* bezeichnet. "Ein metaphysischer Realist ist also jeder, der darauf besteht, daß wir etwas nur dann 'Wahrheit' nennen dürfen, wenn es mit einer als absolut unabhängig konzipierten, 'objektiven' Wirklichkeit übereinstimmt."³³ Diese Sichtweise spiegelt sich in dem Bestreben der Wissenschaft wieder, unveränderliche Naturgesetze zu entdecken und diese immer mehr abzusichern, damit sie dem Anspruch, "echte" Wahrheiten zu sein, gerecht werden.³⁴ Die verschiedenen behavioristischen und kognitivistischen lerntheoretischen Ansätze, die ich in dieser Arbeit erläutert habe, bauen auf dieser Sichtweise auf.

²⁹ Glasersfeld 1997: S. 57

³⁰ vgl. Glasersfeld 1985: S. 18f

³¹ Glasersfeld 1985: S. 25. Hervorhebung dort.

³² Glasersfeld 1985: S. 25

³³ Glasersfeld 1985: S. 18

³⁴ vgl. Glasersfeld 1985: S. 19

6.2.2 Die Sichtweise des radikalen Konstruktivismus

Die andere Antwort auf die Frage nach dem Verhältnis von Wissen und Wirklichkeit bietet der radikale Konstruktivismus an. Er sieht Wissen nicht als ein *Abbild* der Wirklichkeit in irgendeiner Form an, sondern als eine *Anpassung im funktionalen Sinn*. Um diesen Unterschied zu illustrieren, zieht von Glasersfeld die beiden Verben "stimmen" und "passen" heran. Sagt man von etwas, daß es *stimmt*, so impliziert dies eine *Übereinstimmung*, eine Gleichartigkeit mit irgendetwas anderem in bestimmten Eigenschaften. Sagt man hingegen von etwas, daß es *paßt*, so bedeutet das, daß es in der Lage ist, eine bestimmte Funktion zu erfüllen.³⁵ "Ein Schlüssel 'paßt', wenn er das Schloß aufsperrt. Das Passen beschreibt die Fähigkeit des Schlüssels, nicht aber das Schloß. Von den Berufseinbrechern wissen wir nur zu gut, daß es eine Menge Schlüssel gibt, die anders geformt sind als unsere, aber unsere Türen nichtsdestoweniger aufsperrten."³⁶

Die Verwendung des Wortes *passen* legt es nahe, die Evolutionstheorie als Vergleich heranzuziehen, in der der Begriff der *Anpassung* eine zentrale Rolle spielt. Allerdings sollte man Anpassung hierbei nicht als etwas verstehen, was verschiedene Abstufungen besitzt, in dem Sinne, daß es schlecht, besser und am besten Angepaßte gibt: "in einer Theorie, in der Überleben das einzige Kriterium der Auswahl der Arten ist, gibt es nur zwei Möglichkeiten: entweder paßt eine Art in ihre Umwelt, oder sie paßt nicht; d.h. sie überlebt, oder sie stirbt aus. Nur ein außenstehender Beobachter, der ausdrücklich andere, zusätzliche Kriterien einführt, als das bloße Überleben - etwa Ökonomie, Einfachheit oder Eleganz der Überlebensweise - könnte auf Grund dieser zusätzlichen Wertungsskala von 'besserem' oder 'schlechterem' Überleben sprechen; aber in dem theoretischen Modell, dessen Funktion ja ausdrücklich *nur* auf der Überlebensfähigkeit der Arten beruht, lassen zusätzliche Urteile sich grundsätzlich nicht begründen."³⁷ Versteht man die Evolutionstheorie in diesem Sinne, so wird die Parallele zur radikal-konstruktivistischen Erkenntnistheorie deutlich: "Wie die Umwelt den Lebewesen (organischen Strukturen) Schranken setzt und Varianten vernichtet, die den so umgrenzten Raum der Lebensmöglichkeiten überschreiten, so bildet die Erlebenswelt, sei es im Alltag oder im Laboratorium, den Prüfstein für unsere Ideen (kognitive Strukturen). Das gilt für die ersten Regelmäßigkeiten, die der Säugling in seiner noch kaum differenzierten Erfahrung etabliert, es gilt für die Regeln, mit deren Hilfe Erwachsene das tägliche Leben zu meistern trachten, und es gilt für die Hypothesen, Theorien und die sogenannten 'Naturgesetze', die der Wissenschaftler formuliert in seinem Bemühen, der weitest möglichen Erfahrungswelt dauerhafte Stabilität und Ordnung abzugewinnen."³⁸

Dabei läßt sich weder zwischen der Umwelt und den Lebewesen, noch zwischen der Erlebniswelt und den kognitiven Strukturen, die darin entstehen, eine Kausalverbindung herstellen, in dem Sinne, daß man von der Wirkung: den Lebewesen bzw. kognitiven Strukturen direkte Rückschlüsse auf die Ursache: die Umwelt bzw. Erlebniswelt ziehen könnte. Die Umwelt und Erlebniswelt zeigen sich niemals positiv, sondern im-

³⁵ vgl. Glasersfeld 1985: S. 20

³⁶ Glasersfeld 1985: S. 20

³⁷ Glasersfeld 1985: S. 20. Hervorhebung dort. Zu diesem Verständnis der Evolutionstheorie vergleiche außerdem: Maturana / Varela 1987: S. 103ff

³⁸ Glasersfeld 1985: S. 21

mer nur negativ durch die Beschränkungen, die sie setzen. “Ganz allgemein betrachtet, ist unser Wissen brauchbar, relevant, lebensfähig (oder wie immer wir die positive Seite der Wertungsskala nennen wollen)³⁹, wenn es der Erfahrungswelt standhält und uns befähigt, Vorhersagen zu machen und gewisse Phänomene (d.h. Erscheinungen, Erlebnisse) zu bewerkstelligen oder zu verhindern. Wenn es diesen Dienst nicht erweist, wird es fragwürdig, unverlässlich, unbrauchbar und schließlich als Aberglaube entwertet. [...] Wenn nun so eine kognitive Struktur etwa bis heute standgehalten hat, so beweist das nicht mehr und nicht weniger, als eben, daß sie unter den Umständen, die wir erlebt und dadurch bestimmt haben, das geleistet hat, was wir von ihr erwarteten. Logisch betrachtet, heißt das aber keineswegs, daß wir nun wissen wie die objektive Welt beschaffen ist; es heißt lediglich, daß wir *einen* gangbaren Weg zu einem Ziel wissen, das wir unter von uns bestimmten Umständen in unserer Erlebniswelt gewählt haben. Es sagt uns nichts - und kann uns nichts darüber sagen - wieviele andere Wege es da geben mag und wie das Erlebnis, das wir als Ziel betrachten, mit einer Welt jenseits unserer Erfahrung zusammenhängt.”⁴⁰

6.2.3 Konstruierte Wirklichkeit

Da der Radikale Konstruktivismus sowohl eine *abbildhafte Beziehung* als auch eine *Ursache-Wirkung-Beziehung* zwischen Wirklichkeit und Wissen ablehnt, muß er sich die Frage stellen lassen, wie es dann kommt, “daß wir doch eine in vielen Beziehungen außerordentlich stabile und verlässliche Welt erleben, in der es dauerhafte Dinge gibt, ständige Verhältnisse und Regeln von Ursache und Wirkung, die uns gute Dienste erweisen?”⁴¹

Die Antwort des radikalen Konstruktivismus ist einfach: weil wir die Welt die wir erleben selbst in dieser Weise konstruiert haben. Worauf sich natürlich sofort die Frage ergibt, wie diese Konstruktion einer Welt vor sich gehen soll. “Die Erkenntnislehre wird so zu einer Untersuchung der Art und Weise, wie der Intellekt operiert, um aus dem Fluß des Erlebens eine einigermaßen dauerhafte, *regelmäßige* Welt zu konstruieren.”⁴² Bei dem Versuch ein Modell zu erstellen, das in der Lage ist, die Art und Weise, in der wir unsere Welt konstruieren, zu erklären, stützt sich Glasersfeld vor allem auf die Arbeit von *Jean Piaget*. Piaget war ursprünglich Biologe, seine Forschungen über die Entwicklung kognitiver Prozesse bei Kindern erlangten aber auch große Bedeutung für die Pädagogik und gründeten auf einer philosophischen Sichtweise, die der von Glasersfeld sehr nahestand.⁴³ So schrieb Piaget 1968: “Was bleibt ist Konstruktion als solche, und es gibt keinen Grund, warum es unvernünftig sein sollte zu denken, daß das eigentliche Wesen der Wirklichkeit darin besteht, ständig neu konstruiert zu werden und nicht in einer Ansammlung vorgefertigter Strukturen.”⁴⁴ Glasersfeld charakterisiert die Arbeit von Piaget so: “Das zentrale Ziel seiner Arbeit war

³⁹ In der konstruktivistischen Literatur hat sich in diesem Zusammenhang inzwischen der Begriff “viabel” eingebürgert. Vgl. z.B. Glasersfeld 1997: S. 55

⁴⁰ Glasersfeld 1985: S. 22f

⁴¹ Glasersfeld 1985: S. 26

⁴² Glasersfeld 1985: S. 30. Hervorhebung dort.

⁴³ vgl. Glasersfeld 1997: S. 98ff

⁴⁴ Piaget, Jean: *Le structuralisme* (1. Auflage 1968) 4. Auflage. Paris 1970. S. 57f. Z.n. Glasersfeld 1997: S. 104

sein ganzes Leben lang der Aufbau eines viablen Modells, das zeigen könnte, wie wir ein relativ stabiles, geordnetes Bild unserer Welt aus dem Strom unserer Erfahrung gewinnen.“⁴⁵

Ich möchte im folgenden nur einige herausgelöste Elemente eines solchen Modelles darstellen. Sie zeigen zum einen, daß viele Dinge, die wir bisher für Eigenschaften einer objektiven, unabhängig von uns existierenden Welt hielten, durchaus unsere eigenen Konstruktionen sein können und zum anderen wie sich grundlegende Lernprozesse aus konstruktivistischer Sicht darstellen. Vergleicht man nämlich das Vorhaben, zu zeigen, wie ein relativ stabiles, geordnetes Bild der Welt aus dem Strom der Erfahrungen des Individuums gewonnen werden kann, mit der Definition von Lernen, wie ich sie im Abschnitt “2 Lernen” dieser Arbeit entwickelt habe, so zeigt sich, daß es sich dabei um nichts anderes als den Versuch, eine allgemeine Lerntheorie zu entwerfen, handelt. Eine Lerntheorie allerdings, die den Lernprozeß nicht von außen betrachtet, wie die behavioristischen und kognitivistischen Lerntheorien, sondern aus der Sicht eines hypothetischen Lernenden, dem als Grundlage des Lernens zunächst nichts anderes zur Verfügung steht als eine ungeordnete Folge von Erfahrungen.

6.2.4 Der Lernprozeß bei der Konstruktion einer Welt

In seinem an Piaget orientierten Modell geht Glasersfeld davon aus, daß ein kognitiver Organismus seine Erlebnisse bewertet. Als angenehm bewertete Erlebnisse versucht er zu wiederholen und als unangenehm bewertete Zustände versucht er zu vermeiden. Dadurch wird das Handeln eines solchen Organismus *zielgerichtet*, es hat einen *Zweck*.⁴⁶ Glasersfeld meint damit keinen Zweck, der sich darauf bezieht, bestimmte Ziele in einer äußeren Welt zu erreichen, sondern das bewußte oder unbewußte Bestreben eines wahrnehmenden Systems, angenehme Zustände zu stabilisieren. Die kognitiven Konstruktionen eines Organismus, die Vorstellungen, die er von der Welt hat, beurteilt er danach, wie gut sie diesem Zweck dienen.⁴⁷

“Der Begriff der Zweckdienlichkeit [...] setzt seinerseits die Annahme voraus, daß es möglich ist, in der Erlebniswelt Regelmäßigkeiten festzulegen.”⁴⁸ Wäre es nicht möglich, durch die Wiederholung bestimmter Verhaltensweisen im Anbetracht bestimmter Wahrnehmungen, wiederholt bestimmte weitere Wahrnehmungen zu provozieren, so wäre sowohl Wahrnehmung als auch jedes darauf beruhende Verhalten sinnlos.

Wie ist es dem Organismus nun möglich, Regelmäßigkeiten in seiner Erlebniswelt festzustellen? Damit zwei Erlebnisse in irgendeiner Form als gleichartig bewertet werden können, muß ein Vergleich gemacht werden. Die Fähigkeit, einen Vergleich zu machen, setzt schon einiges voraus, zum Beispiel die Fähigkeit, sich ein früheres Er-

⁴⁵ Glasersfeld 1997: S. 104

⁴⁶ vgl. Glasersfeld 1985: S. 31. Maturana und Varela verzichten in ihrem Buch “Der Baum der Erkenntnis” auf diese Hypothese. Sie kommen aber zu ganz ähnlichen Ergebnissen wie Glasersfeld indem sie die Entwicklung kognitiver Strukturen allein auf den Evolutionsprozeß zurückführen. (vgl. Maturana und Varela 1987)

⁴⁷ Glasersfeld 1985: S. 31

⁴⁸ Glasersfeld 1985: S. 31

lebnis zu vergegenwärtigen.⁴⁹ Das Ergebnis eines Vergleichs, die Gleichartigkeit oder Ungleichartigkeit, kann auf verschiedene Weisen interpretiert werden. Einmal in Sinne von Äquivalenz, mit der Vorstellung, daß die Wahrnehmung zweier voneinander unabhängiger identischer Objekte, bzw. zweier verschiedener Objekte vorliegt. Und einmal im Sinne von individueller Identität, mit der Vorstellung, daß zwei Wahrnehmungen des selben Objektes zu unterschiedlichen Zeiten vorliegen, wobei das Objekt entweder gleich geblieben ist oder sich verändert hat. “Wie Piaget gezeigt hat, sind die Begriffe der Äquivalenz und der individuellen Identität keineswegs apriorisch angeboren, sondern werden von jedem ‘normalen’ Kind innerhalb der ersten zwei Lebensjahre aufgebaut [...]”⁵⁰ Die Vorstellung von dauerhaften Objekten geht also auf die aktive Tätigkeit eines Subjekts zurück, das zwei Wahrnehmungskomplexe miteinander vergleicht und das Ergebnis dieses Vergleiches auf eine bestimmte Art und Weise interpretiert.⁵¹

Der Einfluß des Subjektes beschränkt sich aber nicht darauf, zwischen möglichen Interpretationen zu entscheiden. Schon die Kriterien, nach denen überhaupt über die Gleichheit oder Ungleichheit zweier Wahrnehmungskomplexe entschieden wird, werden vom Subjekt selbst bestimmt. Bei einem Vergleich werden niemals alle Eigenschaften eines Wahrnehmungskomplexes berücksichtigt, sonst würden wir vermutlich nie zu dem Ergebnis der Gleichheit kommen. Gleichheit ist deswegen immer die Gleichheit der Eigenschaften eines Wahrnehmungskomplexes, die das Subjekt als relevant interpretiert.⁵² “Das heißt, ein Erlebnis, das zum Beispiel aus den Elementen a, b und c besteht, kann einem Erlebnis aus a, b, c und x gleichgesetzt werden, solange x nicht in Betracht gezogen wird. Das ist das Prinzip der *Assimilation*. [...] Die Situation ändert sich jedoch, wenn ein Gegenstand, der zwar a, b, und c aufweist, sich in irgendeiner Weise anders verhält, als es von a-b-c-Gegenständen auf Grund bisheriger Erfahrung erwartet wird. Das bewirkt eine Störung (*Perturbation*), die nun dazu führen kann, daß andere Bestandteile oder Eigenschaften in Betracht gezogen werden. Sobald das geschieht, ist die Möglichkeit geschaffen, den störenden (und darum in der gegebenen Situation unannehmbaren) Gegenstand auf Grund einer Eigenschaft x von den annehmbaren Gegenständen zu unterscheiden.”⁵³ Das ist das Prinzip der *Akkommodation*.⁵⁴

Glaserfeld zeigt in Anlehnung an Piaget auch, wie weitere Vorstellungen, z. B. die Vorstellungen von Raum und Zeit, durch das Subjekt aktiv konstruiert werden können und fährt dann fort damit, die Möglichkeit zur Konstruktion immer “höherer” Begriffe darzustellen.⁵⁵ Ich möchte mich hier jedoch auf die Prinzipien der Assimilation und der Akkommodation beschränken, die aus konstruktivistischer Sicht die Grundlage für alles Lernen bilden.

⁴⁹ Ich möchte hier nicht auf alle Einzelheiten eingehen, weil das den Rahmen meiner Arbeit sprengen würde. Vgl. hierzu den Abschnitt “Die Konstruktion der Erfahrungswirklichkeit” bei Glaserfeld 1997: S. 106ff, in dem er sich auf Piagets “La construction du réel chez l’enfant” (Neuchâtel 1937) bezieht.

⁵⁰ Glaserfeld 1985: S. 32

⁵¹ vgl. Glaserfeld 1985: S. 31ff

⁵² vgl. Glaserfeld 1985: S. 34

⁵³ Glaserfeld 1985: S. 34. Hervorhebungen dort. Mehr zum Vorgang der Assimilation findet sich bei Glaserfeld 1997: S. 113ff

⁵⁴ vgl. Glaserfeld 1997: S. 117ff

⁵⁵ vgl. Glaserfeld 1997

Bei seiner Darstellung des radikalen Konstruktivismus argumentiert Glaserfeld philosophisch: angesichts der offensichtlichen Mängel des metaphysischen Realismus bietet der radikale Konstruktivismus ein alternatives Modell an, das erklären kann, wie unser Wissen von der Wirklichkeit zustande kommt. Wissen ist dabei nichts, was passiv mit einer metaphysischen Wirklichkeit übereinstimmt, sondern wird in einem aktiven Prozeß vom Subjekt konstruiert. Nach seinen eigenen Kriterien kann der radikale Konstruktivismus natürlich auch von diesem Modell nicht sagen, daß es wahr ist, sondern lediglich, daß es brauchbar ist, in dem Sinne, daß es in der Lage ist, zu erklären, wie Wesen zu Erkenntnis gelangen.

6.3 Sozialer Konstruktivismus

Der *soziale Konstruktivismus* stellt nicht den Anspruch, eine Erkenntnistheorie zu sein, wie der radikale Konstruktivismus. "Es handelt sich eher um Modellannahmen über die Alltagswelt, über abweichendes Verhalten oder über bestimmte Arten von Sozialbeziehungen, deren Gemeinsamkeit in ihrer Konstruktivität besteht."⁵⁶ Der soziale Konstruktivismus geht dabei davon aus, daß die Alltagswirklichkeit, die der Mensch erlebt, durch die Kommunikationsprozesse innerhalb einer Gesellschaft erzeugt wird. Als wichtigstem Kommunikationsmittel des Menschen kommt deswegen der Sprache innerhalb der Theorie des sozialen Konstruktivismus zentrale Bedeutung zu. Wenn wir sprechen, so ist das Gesprochene ein Ergebnis unserer Art, die Welt zu erleben; wenn andere hören was wir sagen, kann es die Wirklichkeit, in der sie leben, verändern. In dieser Weise ist Sprache sowohl "Produkt als auch Produzent menschlicher Wirklichkeit."⁵⁷ Innerhalb des sozialen Konstruktivismus gibt es zahlreiche Schulen, die fast alle auf die Arbeit der Soziologen Berger und Luckmann zurückgehen; bei Gerstmaier und Mandl werden sie näher erörtert.⁵⁸ Eine Lerntheorie auf Grundlage des sozialen Konstruktivismus ist mir nicht bekannt und ich erwähne ihn hier lediglich um dem Leser eine Orientierung über die verschiedenen konstruktivistischen Sichtweisen zu ermöglichen.

6.4 Konstruktivistische Ansätze in Pädagogik und Didaktik

In jüngerer Zeit wurde immer wieder versucht, sowohl aus dem radikalen als auch aus dem sozialen Konstruktivismus Richtlinien für die Pädagogik und Didaktik abzuleiten. Dabei steht in der Regel die Einsicht im Mittelpunkt, daß Lernende ihr Wissen konstruieren, indem sie Erfahrungen in Abhängigkeit von ihrem Vorwissen interpretieren und je nach Interpretation ihre bisherigen Wissenskonstrukte entweder ergänzen oder verändern. Daraus läßt sich ganz allgemein ableiten, daß:

- Neue Informationen an bestehende Erfahrungen oder an Vorwissen der Schüler anknüpfen müssen, damit sie sinnvoll mit schon bestehenden Wissenskonstrukten verknüpft werden können.

⁵⁶ Gerstmaier/Mandl 1995: S. 870

⁵⁷ Meixner 1997: S. 20

⁵⁸ vgl. Gerstmaier/Mandl, 1995: S. 870ff

- Verschiedene Lernende die selben Objekte oder Lerninhalte verschieden wahrnehmen und interpretieren können.
- Informationen, die keinen Bezug zu einem von den Lernenden als wichtig eingestuften Kontext haben, kaum in die bisherigen Wissenskonstruktionen integriert werden.
- Die Entwicklung metakognitiver Fähigkeiten die Voraussetzung für die Entwicklung der Fähigkeit eines selbständigen und effektiven Lernens ist.⁵⁹

Welche konkreten didaktischen und methodischen Konsequenzen sich jedoch aus diesen Einsichten ableiten lassen, darüber besteht keine Einigkeit. Ich möchte im Folgenden ausführlich auf den relativ offenen Ansatz von Glasersfeld eingehen, der sich nahtlos an meine Darstellung des radikalen Konstruktivismus anfügt, die auch hauptsächlich auf Glasersfeld zurück ging. Danach möchte ich mit wenigen Worten noch einige andere Ansätze vorstellen, um die Bandbreite der aus dem Konstruktivismus abgeleiteten Konsequenzen aufzuzeigen.

6.4.1 Der Glasersfeldsche Ansatz

In seinem Buch “Radikaler Konstruktivismus” widmet Glasersfeld der “Förderung des begrifflichen Konstruierens bei Schülern” ein ganzes Kapitel.⁶⁰ Darin hebt er zunächst noch einmal den grundlegenden Unterschied zwischen dem Konstruktivismus und anderen Erkenntnistheorien im Bezug auf die Wissensermittlung in der Schule hervor: “Aus traditioneller Sicht gelten Schulen als Einrichtungen, die wertfreie, objektive Erkenntnis an ihre Schüler vermitteln sollen. Für Konstruktivisten gibt es nichts dieser Art, denn sie betrachten alles Wissen als instrumental. Als erstes sollten daher den Lernenden die Gründe vermittelt werden, warum bestimmte Weisen des Handelns und Denkens als wünschenswert betrachtet werden. Daraus folgt notwendig die Erklärung der spezifischen Zusammenhänge, in denen das zu erwerbende Wissen angeblich funktionieren soll.”⁶¹

Eben aus dieser Betrachtung allen Wissens als instrumental, geht hervor, daß es nicht *die* einzig richtige konstruktivistische Lehrmethode geben kann. Es lassen sich jedoch durchaus einige Vorgehensweisen ausmachen, die aus konstruktivistischer Sicht fruchtlos oder sogar kontraproduktiv sind. Glasersfeld meint hiermit vor allem die Lehrmethoden, die sich auf das behavioristische Paradigma stützen: “Wir verdanken der Bewegung des Behaviorismus, daß der Weg der rationalen Aufklärung praktisch eliminiert worden ist. Durch die ausschließliche Konzentration auf Stimuli der Umwelt und ihre ‘Verstärkung’ [reinforcement] hat der Behaviorismus höchst wirksam alles Bemühen um das Denken ausgelöscht. Leistung wurde zum alleinigen Ziel. Als Ergebnis haben wir nach wie vor Tests, die von den Schülern nicht mehr verlangen, als das zu reproduzieren, was sie vom Lehrer gehört oder im Schulbuch gelesen haben. Diese Tests prüfen das Gedächtnis und das Auswendiglernen, nicht aber das Verstehen.”⁶²

⁵⁹ vgl. Gerstmaier/Mandl 1995: S. 874f

⁶⁰ vgl. Glasersfeld 1997: S. 283

⁶¹ Glasersfeld 1997: S. 284

⁶² Glasersfeld 1997: S. 286f

Im folgenden setzt sich von Glasersfeld kritisch mit den Schlüsselbegriffen der behavioristischen Lerntheorien des *Stimulus* (Reiz) und der *Verstärkung* auseinander, wie ich sie in den Abschnitten “4.1 Die klassische Konditionierung nach Pawlow” und “4.2 Die operante Konditionierung nach Skinner” dieser Arbeit erläutert habe.

Zumindest nach der Theorie der klassischen Konditionierung besteht zwischen Reiz und Reaktion eine Ursache-Wirkung-Beziehung, außerdem werden nur solche Reize anerkannt, die von einem unabhängigen “objektiven” Beobachter wahrgenommen werden können. Dadurch kommt es zu einer Vernachlässigung der inneren Bezugswerte, die aus konstruktivistischer Sicht die Grundlage jeden Verhaltens bilden, hier löst ein Perzep “nur dann eine Aktion aus, wenn es eine Abweichung von einem jener Bezugswerte erzeugt, die das Gleichgewicht des Organismus steuern.”⁶³ Je nachdem, in welcher Verfassung sich ein Subjekt befindet, kann der gleiche Reiz so zu ganz verschiedenen Reaktionen führen; da die Verfassung des Subjekts jedoch nicht beobachtet werden kann, muß dieser Umstand von den behavioristischen Lerntheorien unberücksichtigt bleiben. Auch die Annahme der behavioristischen Lerntheorien, “daß der Stimulus, den ein Beobachter in seinem Wahrnehmungsfeld isoliert, identisch ist, mit dem, was für einen beobachteten Organismus als Stimulus funktioniert”, ist in diesem Zusammenhang zweifelhaft und Glasersfeld bemerkt in Hinblick auf das Lernen in der Schule: “Diese Unterschiede können in der Arbeit mit Kindern oder Schülern, die noch nicht mit den Wahrnehmungs- und Denkgewohnheiten sowie mit den Einschränkungen bestimmter Disziplinen vertraut sind, ernsthafte Hindernisse bilden. Allzu oft wird eine ‘Tatsache’ oder eine Beziehung, die dem Lehrer völlig offensichtlich zu sein scheint, von Schülern nicht einmal wahrgenommen.”⁶⁴

Am Umgang mit Verstärkern in der behavioristischen Lerntheorie, z. B. bei Skinner, und in der Folge auch in der Schule, kritisiert Glasersfeld vor allem die ausschließliche Konzentration auf beobachtbare *externe Verstärker*. Eine externe Motivation bewirkt nach Glasersfeld zwar den Versuch, das belohnte sichtbare Verhalten wiederholt nach außen zu zeigen, aber keine Bemühungen, etwas wirklich zu verstehen. Als Alternative zur externen Verstärkung sieht Glasersfeld die *interne Verstärkung*⁶⁵, die sich jedoch nicht beobachten läßt:⁶⁶ “Der Anreiz, neue Probleme zu bewältigen, entspringt mit großer Wahrscheinlichkeit der lustvollen Befriedigung, die durch die erfolgreiche Lösung von Problemen in der Vergangenheit hervorgerufen wurde. [...] Die Einsicht, daß ein Ergebnis richtig ist, das Verständnis der Logik des Verfahrens, mit dem es erzielt wurde, gibt den Schülern das Gefühl, daß sie tatsächlich eine Fähigkeit und ein Können besitzen - und das schafft viel mehr Zuversicht und Leistungswille als alle externe Verstärkung.”⁶⁷

Im folgenden wendet sich Glasersfeld Problemen zu, die mit *der sprachlichen Kommunikation* in Zusammenhang stehen. Glasersfeld weist hier vor allem darauf hin, daß

⁶³ Glasersfeld 1997: S. 287

⁶⁴ Glasersfeld 1997: S. 288

⁶⁵ Sie entspricht ungefähr dem, was Bandura “Selbstregulation nannte. Vgl. den Abschnitt “5.1 Die sozial-kognitive Lerntheorie nach Bandura” dieser Arbeit.

⁶⁶ vgl. Glasersfeld 1997: S. 288ff

⁶⁷ Glasersfeld 1997: S. 291

aus konstruktivistischer Sicht Sprache nicht in der Lage ist, Wissen zu übertragen, sondern lediglich das begriffliche Konstruieren des Zuhörers einzuschränken und zu orientieren. Gerade bei der Einführung von neuen Begriffen ist es deswegen notwendig, daß der Lehrer sich bewußt macht, daß die Schüler unter Umständen etwas ganz anderes verstehen, als er meint.⁶⁸ “Der Lehrer kann den Schülern nicht sagen, welche Begriffe sie konstruieren und wie sie das tun sollen, er kann sie aber durch einen klugen Sprachgebrauch daran hindern, in Richtungen zu konstruieren, die er für sinnlos hält, in die sie aber, wie er aus seiner Erfahrung weiß, oft gehen würden.”⁶⁹ Walter Jung beschreibt den Prozeß der allmählichen Annäherung des Sprachverhaltens von Schülern an das des Lehrers, der durch das Aufzeigen von Schwächen und Widersprüchen in bestimmten Verwendungsweisen der Begriffe ermöglicht wird, sehr eindrucksvoll in seinem Aufsatz “Sprache und Physiklernen” am Beispiel des physikalischen Begriffes der Bewegung.⁷⁰

Ähnliches wie über die Sprache läßt sich aus Glasersfelds Sicht auch über andere *Lehrmittel* sagen, die im Unterricht verwendet werden. Diese enthalten oder erzeugen die abstrakten Begriffe und Relationen, die mit ihrer Hilfe vermittelt werden sollen, nicht direkt. Dennoch können sie, genau wie Sprache auch im Unterricht sehr nützlich sein. Dazu ist es aber notwendig, jedem einzelnen Schüler die Möglichkeit zu geben, sich in einer Weise mit den Unterrichtsmaterialien auseinander zu setzen, die es ihm erlaubt, mit Hilfe von Reflektion und Abstraktion die entsprechenden mentalen Konstrukte selbst aufzubauen. Das bedeutet z. B., daß man den Schülern ermöglicht eigene Theorien zu entwickeln und diese mit den Lehrmittel zu konfrontieren.⁷¹ Eine ausführliche Beschreibung eines solchen Umgangs mit Lehrmitteln findet sich z. B. in dem Aufsatz von Reinders Duit: “Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung”.⁷²

Um Sprache und auch Lehrmittel im Unterricht sinnvoll einsetzen zu können, benötigt der Lehrer Hypothesen darüber, welche kognitiven Konstrukte bei den Schülern schon vorhanden sind. Glasersfeld erläutert dies an einem Beispiel aus der Physik:⁷³ “Untersuchungen zum Physikunterricht [...] haben gezeigt, daß Schüler eine Anzahl von Theorien zur Bewegung von Autos, Geschossen und Bällen in diversen Spielen haben. Auch wenn diese Alltagstheorien insgesamt mit den Erklärungen der Physiker unvereinbar sind, so enthalten sie doch [...] ‘korrekte’ Elemente, die den Schülern in ihrem täglichen Leben durchaus von Nutzen sind. Wenn man ihnen sagt, daß sie ihre Vorstellungen verändern müssen, weil sie nicht wahr sind, dann kann dies zwar eine oberflächliche Zustimmung erzwingen, wird jedoch kaum Verstehen herbeiführen.”⁷⁴ Damit eine Akkomodation stattfinden kann, ist es meist nötig, Situationen aufzuzeigen, in denen eine Theorie versagt, oder mit anderen Theorien, die wichtiger erscheinen in Widerspruch gerät. - Duit nennt dies das Erzeugen eines *kognitiven Konfliktes*. Aber auch wenn Widersprüche zu einer “lieb gewonnenen” Theorie auftreten, wird oft noch lange an ihr festgehalten, sowohl von Schülern als auch von

⁶⁸ vgl. Glasersfeld 1997: S. 291ff

⁶⁹ Glasersfeld 1997: S. 295

⁷⁰ vgl. Jung 1983: S. 335-339

⁷¹ vgl. Glasersfeld 1997: S. 296f

⁷² vgl. Duit 1995: S. 905-923

⁷³ vgl. Glasersfeld S. 300f. Ähnliche Beispiele finden sich auch in dem von mir erwähnten Text von Duit 1995.

⁷⁴ Glasersfeld 1997: S. 301

lange an ihr festgehalten, sowohl von Schülern als auch von Wissenschaftlern, man denke hier nur an die Versuche, das heliozentrische Weltbild trotz zahlreicher widersprechender Beobachtungen aufrecht zu erhalten. Duit geht deswegen in diesem Punkt weiter als Glasersfeld, der die Erzeugung eines kognitiven Konfliktes in den Vordergrund stellt, und nennt vier Bedingungen für Konzeptuellen Wandel:

- *Unzufriedenheit* mit bisherigen Vorstellungen, z. B. wegen eines kogn. Konfliktes.
- Vorhandensein einer alternativen Vorstellung, die *verständlich*
- und *einleuchtend* ist.
- *“Fruchtbarkeit”* der Vorstellung in Bezug auf weitere Forschungsvorhaben.⁷⁵

Eine weitere Möglichkeit das Bilden kognitiver Strukturen zu fördern, ist die Anregung eines *reflexiven Gespräches* durch den Lehrer: “Wenn wir von der Vorstellung ausgehen, daß Begriffe nur abstrahiert und gebildet werden können, indem das aktive Subjekt eine Erfahrungssituation und die dadurch hervorgerufenen mentalen Operationen reflektiv betrachtet, dann sehen wir sofort, daß das Gespräch über die Situation die Reflexion fördert. Um verbal zu beschreiben, was wir wahrnehmen, tun oder denken, müssen wir bewußt die Elemente und Beziehungen unterscheiden und kennzeichnen, die wir benutzen. Dies führt sehr oft dazu, Aufmerksamkeit auf Merkmale unserer Konstruktion zu lenken, die bislang unbemerkt geblieben waren, und es ist keineswegs ungewöhnlich, daß eines dieser Merkmale, wenn es formuliert wird, zur Einsicht führt, daß eine Schlußfolgerung, die wir aus der Situation abgeleitet hatten, nicht länger haltbar ist.”⁷⁶ Um ein reflexives Gespräch, das nicht “von selbst” aus dem Unterrichtskontext entsteht zu initiieren, weist Glasersfeld auf verschiedene Möglichkeiten hin. Er nennt hier sowohl den Schüler an der Tafel, der eine Aufgabe löst und währenddessen erklärt, was er tut und warum, als auch bestimmte Formen der Gruppenarbeit, bei denen die Schüler sich gegenseitig erklären, was sie getan haben. In diesem Zusammenhang weist er auf ein über mehrere Jahre laufendes Lehrexperiment in Mathematik hin, dessen Teilnehmer nach Anschluß überdurchschnittliche Prüfungsergebnisse erreichten.⁷⁷ Im Zusammenhang eines reflexiven Gespräches, sind Fehler nichts Schlechtes, im Gegenteil; sie können, sowohl für den, der sie macht, als auch für die anderen Beteiligten zu den fruchtbarsten Auslösern neuer Lernprozesse werden, jedoch nur in einer Atmosphäre der Offenheit, in der sie nicht von Anfang an geächtet und verdammt werden.

Damit ist Glasersfeld mit seinen Vorschlägen zur “Förderung des Begrifflichen Konstruierens bei Schülern” auch schon am Ende. Konkrete Rezepte und Handlungsdirektiven fehlen und das ist aus konstruktivistischer Sicht gesehen auch ganz folgerichtig - es gibt immer mehrere Möglichkeiten, ein Ziel zu erreichen. Dennoch denke ich, daß Glasersfeld mit seinen Ideen dem Lehrer die Möglichkeit gibt, das Unterrichtsgeschehen aus einer ganz neuen Perspektive zu sehen. Um das zu verdeutlichen, möchte ich die wichtigsten Punkte noch einmal zusammenfassen:

⁷⁵ vgl. Duit 1995: S. 913ff und Glasersfeld 1997: S. 300ff

⁷⁶ Glasersfeld 1997: S. 303

⁷⁷ vgl. Wood, T; Cobb, P. und Yackel, E.: Purdue Problem Centered Mathematics Project: Summary. West Lafayette, Indiana: School of Education, Purdue University. 1993. - erwähnt bei Glasersfeld 1997: S. 305.

- Wissen ist nicht *wahr*, wenn es mit einer unabhängigen und absoluten Wirklichkeit übereinstimmt, sondern *passend*, wenn es in der Lage ist, einen bestimmten Zweck zu erfüllen.
- Da Wissen immer auf einen *Zweck* ausgerichtet ist, kann es nur im Kontext dieses Zweckes sinnvoll vermittelt werden.
- Der lerntheoretische Hintergrund, den die behavioristischen Lerntheorien bereitstellen, erweist sich in diesem Zusammenhang als unzureichend oder sogar kontraproduktiv.
- *Sprache* ist nicht in der Lage, Wissen zu übertragen, sondern lediglich das begriffliche Konstruieren des Zuhörers einzuschränken und zu orientieren.
- Auch *Lehrmittel* können kein Wissen übertragen, jedoch dennoch zum Aufbau kognitiver Strukturen beitragen.
- Zum sinnvollen Einsatz von Sprache und Lehrmitteln ist es notwendig, Hypothesen über bereits vorhandenen *Vorstellungen der Schüler* anzustellen.
- Auf Grund dieser Hypothesen werden bewußt *kognitive Konflikte* arrangiert, die den Schüler helfen, die Vorstellungen, die sich als nicht adäquat erweisen, zu ändern.
- Die Herausbildung alternativer Vorstellungen kann durch das Anregen *reflektiver Gespräche* unterstützt werden.

Dies alles läßt sich schließlich nochmals zusammenfassen, zu dem einen Satz, mit dem Glasersfelds Buch enden läßt: “Die Kunst des Lehrens hat wenig mit der Übertragung von Wissen zu tun, ihr Grundlegendes Ziel muß darin bestehen, die Kunst des Lernens auszubilden.”⁷⁸

Im Gegensatz zum eben vorgestellten Ansatz von Glasersfeld, haben die folgenden drei Ansätze relativ klare Vorstellungen davon, wie ein auf konstruktivistischer Grundlage basierender Unterricht aussehen sollte. Jeder dieser Ansätze stellt dabei ganz bestimmte Elemente konstruktivistischen Denkens in den Vordergrund.

6.4.2 Der Anchored-Instruction-Ansatz

Der *Anchored-Instruction-Ansatz* betont vor allem die Wichtigkeit *eines kognitiven Ankers*, “der Interesse erzeugt, den Lernenden die Identifizierung und Definition von Problemen erlaubt, sowie die Aufmerksamkeit der Lernenden auf das Wahrnehmen und Verstehen dieser Probleme lenkt.”⁷⁹ Aus diesem Grund wird großen Wert auf eine authentische Lernumgebung, explorierendes Lernen und die Anwendung neu erworbenen Wissens in verschiedenen Kontexten gelegt.⁸⁰ “So wird gleichzeitig Wissen über die Anwendung von Wissen erworben und damit die Flexibilität von Wissen unterstützt.”⁸¹

⁷⁸ Glasersfeld 1997: S. 309

⁷⁹ Gerstmaier/Mandl 1995: S. 875

⁸⁰ vgl. Gerstmaier/Mandl 1995: S. 875f

⁸¹ Gerstmaier/Mandl 1995: S. 876

6.4.3 Der Cognitive-Flexibility-Ansatz

Für den *Cognitive-Flexibility-Ansatz* spielt die Betrachtung der zu lernenden Inhalte aus *verschiedenen Perspektiven* eine große Rolle. Dadurch sollen flexible Wissenskonstrukte aufgebaut werden, die sich in Problemsituationen auch entsprechend flexibel anwenden lassen.⁸²

6.4.4 Der Cognitive-Apprenticeship-Ansatz

Beim Anchored-Instruction- und beim Cognitive-Flexibility-Ansatz wird großen Wert auf die Gestaltung einer geeigneten Lernumgebung und das selbstgesteuerte Lernen des Schülers in dieser Umgebung gelegt. Ganz andere Schwerpunkte setzt der *Cognitive-Apprenticeship-Ansatz*. Er geht davon aus, daß Wissen am besten durch *die direkte Interaktion mit Experten* innerhalb *authentischer Problemsituationen* aufgebaut wird. Deshalb bietet er dem Lernenden solche Problemsituationen an, die er schrittweise mit immer weniger Hilfe des Experten selbst lösen kann.⁸³

Mir persönlich scheinen alle drei Ansätze zu eng, zu festgelegt zu sein, um der Sichtweise des radikalen Konstruktivismus wirklich gerecht werden zu können, deshalb möchte ich an dieser Stelle auch nicht näher auf sie eingehen.

⁸² vgl. Gerstmaier/Mandl 1995: S. 876f

⁸³ vgl. Gerstmaier/Mandl 1995: S. 877f

7 Schluß

Ich habe versucht, in dieser Arbeit einen Überblick über verschiedene Lerntheorien als Grundlage des Mathematikunterrichts zu geben, dabei lag mir die konstruktivistische Lerntheorie besonders am Herz.

Wenn man sie nicht verkürzt und trivialisiert, wie das leider, besonders in der pädagogischen und didaktischen Literatur immer wieder geschieht, so birgt sie meiner Ansicht nach ein großes Potential für eine Neubewertung und Neugestaltung von Unterricht. Dies ist jedoch nicht durch von außen kommende Veränderungsvorschläge oder "Unterrichtsrezepte" möglich, sondern nur, wenn sich der einzelne Lehrer wirklich auf die konstruktivistische Perspektive einlassen kann und bereit ist, das Unterrichtsgeschehen von dieser Warte aus neu zu bewerten.

Ich hoffe, daß diese Arbeit dazu ein wenig beitragen wird.

8 Literaturverzeichnis

Bower, G. H. und Hilgard, E. R.: Theorien des Lernens. Band 1. Stuttgart: Klett-Cotta 1993.

Bower, G. H. und Hilgard, E. R.: Theorien des Lernens. Band 2. Stuttgart: Klett-Cotta 1994.

Dieter, Jörg: Mathematik und Wirklichkeit. Von den Wurzeln der Mathematik zu einer Didaktik des Sachrechnens. Wissenschaftliche Hausarbeit als Bestandteil der Prüfung zum ersten Staatsexamen an der Pädagogischen Hochschule Weingarten. Weingarten: 1998.

Duit, Reinders: Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. In: Zeitschrift für Pädagogik, 41. Jg. 1995, Nr. 6, S. 905-923.

Fischer, Hans E.: Konstruktivismus und Didaktik der Physik. In: physica didactica 1990, Nr. 3/4, S. 33-65.

Gerstenmaier, Jochen und Mandel, Heinz: Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. In: Zeitschrift für Pädagogik, 41. Jg. 1995, Nr. 6, S. 867-887.

Glaserfeld, Ernst v.: Einführung in den radikalen Konstruktivismus. In: Watzlawick, Paul (Hg.): Die erfundene Wirklichkeit. Wie wissen wir, was wir zu wissen glauben? Beiträge zum Konstruktivismus. München; Zürich: Piper 1985. S. 16-38.

Glaserfeld, Ernst von: Radikaler Konstruktivismus. Ideen, Ergebnisse, Probleme. Frankfurt a. M.: Suhrkamp 1997.

Gudjons, Herbert: Pädagogisches Grundwissen. Überblick - Kompendium - Studienbuch. 3. Auflage. Bad Heilbrunn: Klinkardt 1995.

Jung, Walter: Sprache und Physiklernen. Zur Beschreibung von Bewegung. W. Bleichroth zum 60. Geburtstag. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie, 31. Jg. 1983, Nr. 10, S. 335-339.

Kant, Immanuel: Über die Erziehung. Mitschrift einer Vorlesung, gehalten im Wintersemester 1776/77. München: dtv 1997.

Maturana, Humberto R. und Varela, Francisco J.: Der Baum der Erkenntnis. Die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens. München: Goldmann 1987.

Meixner, Johanna: Konstruktivismus und die Vermittlung produktiven Wissens. Neuwied; Kriftel/Ts.; Berlin: Luchterland 1997.

Ossner, Jakob: Praktische Wissenschaft. In: Bremerich-Vos, Albert (Hg.): Handlungsfeld Deutschunterricht im Kontext. Festschrift für Hubert Ivo. Frankfurt a.M.: Diesterweg 1993. S. 186-199.

Schermer, Franz F.: Lernen und Gedächtnis. 2., überarbeitete Auflage. Stuttgart; Berlin; Köln: Kohlhammer 1998.

Zech, Friedrich: Grundkurs Mathematikdidaktik. Theoretische und praktische Anleitung für das Lehren und Lernen von Mathematik. 8., völlig neu bearbeitete Auflage. Weinheim; Basel: Beltz 1996.