

Weitere Beiträge des Modells der Internoperationen in der Systemischen Didaktik

von Harald RIEDEL, Berlin (D)

aus dem Institut für Unterricht im allgemeinbildenden Bereich des FB22 der Technischen Universität Berlin

1. Vorbemerkungen

In einem vorangegangenen Aufsatz habe ich behauptet, daß eine Reihe zuvor nicht befriedigend gelöster didaktischer Probleme geklärt werden können, wenn das Modell der Internoperationen nicht isoliert verwendet, sondern mit den Modellen zur Differenzierung von Unterrichts-Objekten und von Operations-Objekten gekoppelt wird (vgl. H. RIEDEL 1992b, S. 114 ff). Leider konnte ich dann aus Gründen des zur Verfügung stehenden Raumes nur noch darlegen, wie durch die Verbindung von Internoperationen und Unterrichts-Objekten die genaue Festlegung von Operations-Zielen vorgenommen werden kann, ohne daß der Planende in den nachfolgenden unterrichtlichen Entscheidungen unzumutbar eingengt und gegängelt wird, wie dies bei konventionellen "Lernziel"-Beschreibungen der Fall ist.

Bei der Darstellung dieser Zusammenhänge habe ich allerdings noch von einem Problem abgesehen, das sich u.a. in dem Streit zwischen Didaktikern spiegelt, die einseitig entweder einen "ergebnis-orientierten" oder einen "prozeß-orientierten" Standpunkt vertreten. Ein Operations-Ziel kennzeichnet nur das (potentielle) Ergebnis von Lernanstrengungen. Um auch den Lern-Prozeß genauer bestimmen zu können, muß das Modell der Internoperationen mit jenem zur Differenzierung von Operations-Objekten gekoppelt werden. Ich werde zeigen, daß mit dieser Verknüpfung auch der o. g. Streit bedeutungslos wird.

2. Erweiterung des Operations-Zieles zum Unterrichts-Ziel

Als ein besonders gewichtiges Argument gegen die behavioristische Festlegung von Lernzielen wurde von Beginn an ins Feld geführt, die Didaktik würde durch "Lernzielformulierungen" auf eine Stufe zurückfallen, die längst als überwunden galt. Hintergrund dieser Argumentation war, daß W. Klafki (1963) den langjährigen Streit zwischen Vertretern einer eher "formalen" oder eher "inhaltlichen" Bildung mit seinem Begriff der "kategorialen Bildung" beenden konnte. Der Grundgedanke dieses Begriffes läßt sich vereinfacht so ausdrücken: Kein "Inhalt" soll im Unterricht gelernt werden, ohne daß nicht zugleich bestimmte "formale" geistige, seelische oder körperliche Fähigkeiten des Lernenden geschult werden. Klafki zählte zu den geistigen Fähigkeiten ausdrücklich "methodische" und "technische" Qualifikationen. Dazu sind auch die allmählich zu steigernden Fähigkeiten zu rechnen, "Inhalte" auf verschieden schwierige und selbständige Weise zu erwerben, also die Qualität des Lernweges. Allerdings waren Klafkis Ausführungen hinsichtlich der Setzung von Unterrichts-Zielen so pauschal und vage, daß Lehrer aus ihnen keine Hilfen für die angemessene Formulierung von Unterrichts-Zielen ableiten konnten. So war es nicht verwunderlich, daß Klafkis Ansatz im Gefolge behavioristischer Beschreibung von Lernzielen verdrängt wurde.

In der Systemischen Didaktik nahmen wir den Klafkischen Grundgedanken wieder auf, ohne aber den Anspruch auf eine klare Zieldefinition aufzugeben. So stellten wir von Anfang an die Forderung auf, mit einem Unterrichts-Ziel mehr als nur eine am Ende des Unterrichts abprüfbare Fähigkeit zu beschreiben. Wir forderten, zusätzlich auch das Anspruchsniveau des *Lernprozesses*

zu definieren, auf dem der Lernende das jeweilige Unterrichts-Objekt erwerben soll, wobei insbesondere der Grad an *Selbständigkeit* und *Selbststeuerung* seitens des Lernenden zu kennzeichnen ist.

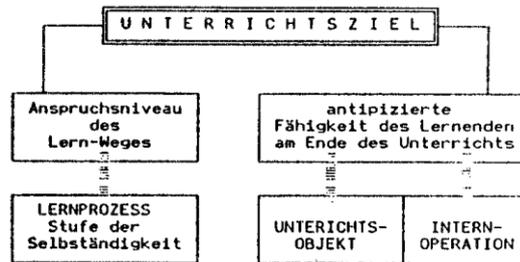


Bild 1: Grundkomponenten eines Unterrichts-Zieles

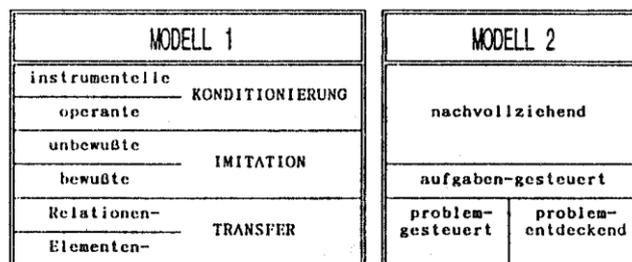


Bild 2: Zusammenhang der beiden Modelle zur Differenzierung von Lernprozessen

Im Unterschied zur Formulierung von Operations-Zielen enthält ein Unterrichts-Ziel demnach

1. die genaue Kennzeichnung des vom Lernenden am Ende des Unterrichts erworbenen Lern-Zustandes,
2. die Kennzeichnung des Anspruchs hinsichtlich der Qualität des Lern-Prozesses, durch den der Lernende zu dieser Fähigkeit gelangt.¹

3. Zur Differenzierung von Lernprozessen

Wie aus Bild 1 ersichtlich, wird zur Beschreibung eines *Unterrichts-Zieles* außer den Modellen zur Differenzierung von Unterrichts-Objekten und Internoperationen ein drittes Teilmodell erforderlich. In diese Richtung hatte sicherlich auch schon R.F. GAGNE (1969) mit seinem sehr bekannten und ebenfalls als "Taxonomie" bezeichneten eindimensionalen Modell gedacht, wengleich die Bezeichnung der folgenden "Formen" eher von der Art der Unterrichts-Objekte abgeleitet wurde:

¹ Andere Aspekte der von Klafki und seinen Vorgängern als "formal" bezeichneten Fähigkeiten sind in der Systemischen Didaktik bereits durch die gesonderte Behandlung von Einstellungen und Verhaltensweisen und der sie aufbauenden Begleitprozesse aufgenommen .

- *Signallernen - Reiz-Reaktions-Lernen – Kettenbildung - sprachliche Assoziationen - multiple Diskrimination - Begriffslernen - Regellernen - Problemlösen*

Wegen der unsystematischen Vermischung des Prozeßbereichs mit dem Objektbereich ist das Modell jedoch für die genannten Zwecke der Bestimmung von Unterrichts-Zielen ungeeignet.

Die Systemische Didaktik hält für die Aufgabe, auch die Qualität des Lernweges in die Beschreibung von Unterrichts-Zielen aufzunehmen, zwei Alternativen bereit: ein feineres Modell zur Differenzierung von Lernprozessen (vgl. KÖNIG / RIEDEL, 1975, S. 80-103) und ein gröberes, dafür aber leichter vermittelbares Modell zur Stufung von Selbständigkeit und Steuerung im Unterricht (vgl. H. RIEDEL 1990a, S. 116 f). Bild 2 zeigt lediglich eine Übersicht und den groben Zusammenhang beider Modelle.

Modell 1 differenziert die Qualität möglicher Lernwege in Abhängigkeit

- von der Eigenart, Grundform und Komplexitätsstufe des *Unterrichts-Objekts*,
- von den im Zusammenhang mit diesem Unterrichts-Objekt zu beherrschenden Internoperationen,
- vom Grad der *Bewußtheit* und der *Selbst-Steuerung* des Lernvorganges seitens des Lernenden. (Vgl. dazu KÖNIG / RIEDEL 1975, S. 80-103 und H. RIEDEL 1979, S. 32 ff.)

Es würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen, die Abhängigkeiten und die Unterschiede der verschiedenen Lernprozesse darzustellen. Um dennoch einen Eindruck von der Bedeutung ihrer Unterscheidung zu vermitteln, will ich an zwei Beispielen aufzeigen, wie sich Unterricht verändert, wenn

- dasselbe Unterrichts-Objekt
- bis zur selben Fähigkeitsstufe
- erworben wird, aber
- einmal durch *Relationentransfer*,
- ein andermal durch *bewußte Imitation*.

Zunächst ein Beispiel, dessen Inhalt heute gar keinen Platz mehr als Unterrichts-Objekt im allgemeinbildenden Unterricht hat, der aber unter dem Gesichtspunkt der Realisierung hochwertigerer Lernprozesse einen nicht zu unterschätzenden Wert hätte: das schriftliche Ziehen von Quadratwurzeln. Vor 30 Jahren beherrschten es noch Hauptschüler, heute kennt es so gut wie kein Abiturient, da Quadrattafeln, Interpolationsverfahren, Iterationsverfahren oder elektronische Rechner das Verfahren in der Praxis überflüssig gemacht haben. Stellt man einem Abiturienten heute die Aufgabe, die Quadratwurzel aus 3.249,84 ohne Hilfsmittel als Papier und Bleistift zu ziehen, so wird er die Aufgabe wahrscheinlich durch iterative Multiplikation lösen. Das ist wegen der geringen Stellenzahl des Ergebnisses (57,8) auch sinnvoll. Erhöht man aber die Stellenzahl des Radikanden, so wird die Angelegenheit zum Problem, weil das Iterationsverfahren zu aufwendig und unsicher wird. Eine bessere technische Lösung wird benötigt.

Unser Abiturient besitzt alle notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten zur selbständigen Entwicklung eines entsprechenden schriftlichen Verfahrens:

1. Er kennt die Binominalformel $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$
2. Er beherrscht die wichtigen theoretischen Grundlagen und Teiltechniken des schriftlichen Dividierens.

2.1. Vernachlässigung der Stellenwerte

2.2. Schrittweises Dividieren "von vorn nach hinten"

2.3. Differenzbildung zwischen Restwert und Produkt aus Divisor zum bisherigen Ergebnis.

3. Er weiß, daß die Quadratzahlen der natürlichen Zahlen $n \geq 4$ bereits mindestens zweistellig sind.

Fraglich dagegen (und meiner Erfahrung nach relativ unwahrscheinlich) ist,

- daß diese Informationen und Teiltechniken dem Schüler z. Z. auch bewußt sind
- und daß er sie in geeigneter Weise produzierend (mindestens konvergent denkend) auf die Problemsituation anwenden kann.

Falls beide Fragen positiv zu beantworten sind, wird unser Abiturient unter konvergent, teilweise auch divergent denkender Anwendung der genannten Vorinformationen und -techniken zu folgender "Schlußfolgerung" kommen:

- Wie aus Punkt 3 hervorgeht, muß der Radizierungsprozeß nicht auf die jeweils nächste, sondern auf die jeweils nächsten beiden Stellen angewendet werden.
- Die um die nächsten beiden Stellen erweiterte Differenz nach Abzug der Quadratzahl a^2 darf nicht sofort radiziert werden, sondern muß zunächst durch das Doppelte des bisherigen Ergebnisses $2a$ dividiert werden.
- In die Gegenmultiplikation muß der neue Wert b einbezogen werden ($2ab + b^2$).

$\sqrt{3249} =$

- Von hinten paarweise Stellen abtrennen.
- Größte Quadratzahl unterhalb des Wertes aus den beiden ersten Ziffern suchen
- Wurzel daraus ist erste Ergebnis-Ziffer
- Quadratzahl abziehen
- Wert der ersten beiden Ziffern durch doppelten Wert der bisherigen Ergebnis-Ziffern teilen
- Erhaltener Wert ist nächste Ziffer des Ergebnisses
- Diese Ziffer an den Teiler anfügen
- Diesen Wert mit dem Wert der letzten Ergebnis-Ziffer malnehmen
- Produkt abziehen und fortfahren, bis Differenz = 0

$\sqrt{3249} = 57$

Bild 3: Schriftliches Radizieren

Insgesamt könnte der Lernende also die Technik (oder eine ähnliche) entwickeln, wie sie in Bild 3 wiedergegeben ist. Der entsprechende *Lernprozeß*, durch den das Lernergebnis erzielt würde, wird als "*Relationentransfer*" bezeichnet, weil im wesentlichen Relationen, die aus anderen Zusammenhängen her bekannt sind (hier vom schriftlichen Dividieren und aus dem Binominalsatz), auf die neue Problemsituation übertragen werden müssen.

Ein weiteres, für den Erwachsenen bzw. für den Schreib-Erfahrenen viel einfacheres, für den Schreib-Anfänger aber vergleichbar schweres Unterfangen ist folgendes ²:

Im Zusammenhang mit einem Sachkundetext trat kürzlich als eine besondere Rechtschreibschwierigkeit die Verdopplung des Konsonanten "m" auf. Auf die entsprechende Frage einer Schülerin wurde durch die Gegenüberstellung der Wörter "kamen" und "Hammer" die Regel gelernt: "Wenn im Wortinneren einem "m"-Laut ein

² Eine ausführlichere Darstellung findet der Leser in KÖNIG/RIEDEL 1975, S. 80 ff.

kurzer Vokal vorangeht, wird das "m" verdoppelt". In der heutigen Unterrichtsstunde bearbeiten die Schüler einen Text, der mehrere Wörter mit "l" und "ll" enthält³

Auch hier müssen die Lernenden eine im Zusammenhang mit anderen Elementen (Wörter mit "m") erlernte Relation auf neue Elemente (Wörter mit "l") übertragen.

Gegner eines durch Relationentransfer gesteuerten Unterrichts argumentieren oft, dieser Unterricht sei unökonomisch. Die Unterrichtszeit könnte reduziert werden, wenn den Schülern zunächst die Verfahren oder Regeln zum schriftlichen Radizieren bzw. zur Verdoppelung von Konsonanten dargeboten und erläutert würden, um sie anschließend auf andere Fälle anwenden zu lassen. Wirtschaftlicher sei also ein Unterricht auf der Grundlage *bewußter Imitation* bzw. eines lediglich *aufgabengesteuerten* Lernens.

Zwar sind diese Argumente in ihrer Einseitigkeit wenig haltbar, weil sie nicht die Qualität des Lernweges und seine langfristigen Auswirkungen berücksichtigen, doch sind sie ein Hinweis darauf, daß das gedachte *Unterrichts-Ziel* nicht mit jenem übereinstimmen kann, das durch "Relationentransfer" angestrebt wird. Die Verkürzung der Unterrichtszeit ist nur ein beobachtbares Moment, hinter dem sich eine andere Wirkung des Unterrichts verbirgt. Unterschiedlich ist jeweils der Lernprozeß, also die Selbständigkeit und Schwierigkeit des Weges, auf dem das angestrebte Lernergebnis erreicht wird:

- Im einen Fall, bei starker Führung seitens des Lehrers, also bei bewußter Imitation wird die Erkenntnisgewinnung seitens des Lernenden lediglich auf die kogneszierenden Operationen Erkennen und Erinnern, bestenfalls noch auf Auswerten beschränkt.
- Im anderen Fall, beim Relationentransfer, ist der Lernende dagegen in hohem Maße auf sich gestellt und hinsichtlich produzierender Operation (hier mindestens konvergentem, wenn nicht sogar divergentem Denken) stark gefordert. Dementsprechend ist eine (langfristig auch überprüfbare) andere Wirkung des Unterrichts erzeugt.

So zeigt sich, daß das Modell der Internoperationen bei der Festlegung von Unterrichts-Zielen innerhalb der Systemischen Didaktik in zweifacher Weise beteiligt ist⁴:

- als Komponente zur Kennzeichnung eines Operations-Zieles, also eines *Lern-Zustandes*,
- als ein Aspekt zur Beurteilung des *Lern-Prozesses*. Denn je hochwertiger der Lernprozeß, desto höher ist auch der Anspruch hinsichtlich der auf dem Lernweg zu vollziehenden Operationen.

Aus Gründen des zur Verfügung stehenden Raumes müssen die Beispiele - stellvertretend für die hier nicht aufgeführten Lernprozesse - genügen, um die *Forderung* zu untermauern, daß zur Kennzeichnung eines *Unterrichts-Ziels* neben der genauen Fixierung von *Unterrichts-Objekt* und *Internoperation* als dritte Komponente der *Lernprozeß* erforderlich ist.

³ Hier ist lediglich die Struktur einer Problemsituation dargestellt. Im konkreten Unterricht müßte diese Struktur zu einer lebensnahen und motivierenderen Problemsituation transformiert werden. (Vgl. dazu KÖNIG/RIEDEL 1975, S. 175 ff).

⁴ Grundsätzliche Überlegungen zu den Abhängigkeiten einzelner Lernprozesse von bestimmten Operationen findet der Leser in König/Riedel 1975, S. 116f. Wichtig zum Verständnis ist, daß die Operation des vorangegangenen Unterrichts-Objekts im Zusammenhang mit jenem Lernprozeß zu sehen ist, der zum Erwerb des derzeitigen Unterrichts-Objekts führen soll.

4. Die Bedeutung der Internoperationen für Lernhilfen

Im Zusammenhang mit Lernprozessen erhält das Teilmodell der Internoperationen eine weitere Bedeutung sowohl für die Planung als auch für die Realisierung des Unterrichts: Je anspruchsvoller der geplante Lernprozeß ist, desto größer wird die Wahrscheinlichkeit, daß einige Schüler nicht ohne Hilfe seitens des Lehrenden zum Ziel kommen. Unerfahrene Lehrer sehen dann meist keine andere Möglichkeit, als dem Lernenden den Lösungsweg vorzugeben, so daß er das Lernergebnis bestenfalls durch bewußte Imitation erreichen kann.

Analysiert der Lehrende jedoch mit Hilfe der Internoperationen die einzelnen "Denkschritte", die notwendig sind, um zum Lernergebnis zu gelangen, so hat er eine ausgezeichnete Basis, schrittweise Hilfen mit zunehmendem Grad an Steuerung zu entwickeln. Er kann nun das schon von H. Aebli - allerdings nur allgemein - geforderte Prinzip der "*minimalen Hilfe*" konkretisieren und differenzieren.

Am Beispiel des schriftlichen Radizierens läßt sich das Vorgehen leicht verdeutlichen: Gelingt es dem Lernenden nicht, ein Verfahren zum schriftlichen Wurzelziehen durch Relationentransfer zu entwickeln, so kann der Lehrende abgestuft eingreifen, ohne dem Lernenden das Verfahren einfach vorzugeben. In Kenntnis der unterschiedlichen Internoperationen kann er mit geeigneten Operations-Objekten schrittweise

- a) den Lernenden nacheinander an die in den Punkten 1 bis 3 aufgeführten Informationen *erinnern*, um sicherzustellen, daß dem Lernenden die zur Lösung notwendigen Informationen und Techniken vollständig bewußt sind;
- b) eine Vorbereitung hinsichtlich der operativen Bewältigung der genannten Informationen und Techniken treffen. Der Lernende wird sie mindestens konvergent denkend anwenden müssen. Stellt der Lehrende fest, daß dies dem Schüler z.Z. nicht gelingt, kann er Operations-Objekte zur Verfügung stellen, die zunächst nur das *auswertende* Anwenden einzelner oder mehrerer dieser Informationen verlangen;
- c) sofern nun noch nötig, kann er gezielte Aufgaben zum *konvergent denkenden* Anwenden der schon bekannten oder erarbeiteten Informationen erteilen.

Zwar vollzieht der Lernende nun nicht mehr den gesamten Lernprozeß völlig selbständig, aber noch immer trägt er durch produzierendes Operieren wesentlich zum Gelingen des gesamten Prozesses bei. Zum operativen Gewinn kommt eine stärkere Motivationswirkung gegenüber der bloßen Vorgabe des Lösungsweges hinzu.

5. Der Beitrag der Internoperationen zur Differenzierung "entdeckenden Lernens"

Wie wir gesehen haben, sind Internoperationen u.a. ein Aspekt zur Bewertung von Lernprozessen.

- So wird der Lernende bei nachvollziehendem Lernen wie bei der unbewußten Imitation im Regelfall nur auf der Stufe der kogneszierenden Operationen Erkennen und Erinnern beansprucht. Das schließt nicht aus, daß er aus eigenem Antrieb auch produzierende Operationen vollzieht, nur ist dies nicht erforderlich, um das Lernergebnis zu erzielen.
- Ebenso klar ist, daß problemgesteuertes Lernen, wie es beim Elementen- und Relationentransfer abläuft, immer produzierende Operationen voraussetzt, mindestens aber konvergentes Denken.

Aus dieser Betrachtung der extrem unterschiedlichen Lernprozesse geht aber auch hervor, daß jedem einzelnen Lernprozeß nicht genau eine typische Operation zugeordnet werden kann. Lernprozesse umfassen vielmehr immer ganze *Komplexe von Internoperationen*, die an jeweils verschiedenen Teilen des Operations-Objekts vollzogen werden müssen.

Besonders deutlich ist dies beim aufgabengesteuerten Lernen (bei der *bewußten Imitation*): Der Lernprozeß beschreibt lediglich einen Rahmen, innerhalb dessen der Lernende auf unterschiedliche Weise hinsichtlich der zu leistenden Internoperationen gefordert werden kann. In einfachen Fällen werden nur kogneszierende Operationen und das Auswerten verlangt, in schwierigen Fällen alle produzierenden Operationen bis hin zum divergenten Denken.

So können die unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen des Denkens, wie sie durch die Internoperationen beschrieben werden, dazu dienen, die Anforderungen innerhalb dieses einen Lernprozesses zu differenzieren.

5.1 "Entdeckendes Lernen" auf der Grundlage des Auswertens

Durch pauschalisierende Formeln wie jene vom "entdeckenden Lernen" werden solche Differenzierungsmöglichkeiten leider verdeckt. Sicherlich ist nachvollziehendes Lernen unvereinbar mit "entdeckendem Lernen" und ebenso gewiß verlangt jeder problemgesteuerte und problemelementdeckende Unterricht "Entdeckungen". Aber welche Qualität kommt dem "Entdecken" jeweils zu? An den folgenden Beispielen soll aufgezeigt werden, auf welcher unterschiedlich anspruchsvollen Ebenen "entdeckend" gelernt werden kann.

Wird im Unterricht die Darwinsche Evolutionslehre behandelt, so ist es üblich, den Archäopteryx darzustellen. Dies geschieht in der Regel so, daß (günstigenfalls unter Heranziehung von Abbildungen einiger wichtiger Funde, z. B. aus dem Altmühltal) die Stellung des Archäopteryx zwischen Zwergdinosauriern einerseits und Vögeln andererseits erklärt wird. Aber bereits auf einer sehr einfachen Stufe aufgabengesteuerten Lernens ist es möglich, den Erkennensakt im Sinne "entdeckenden Lernens" zu intensivieren:

Man gebe den Schülern jeweils die Abbildungen der Skelette eines Zwergdinosauriers, eines Urvogels und eines Haushuhns. Durch Vergleichen der einzelnen Skelett-Teile werden die Schüler dann "entdecken" können, daß der Urvogel beispielsweise den langen Wirtelschwanz und das Becken mit dem Saurier gemein hat, dagegen bereits teilweise (zum Lauf) verwachsene Mittelfußknochen und wesentlich längere Vordergliedmaßen besitzt, wie sie das Haushuhn aufweist. Das Erkennen der für die Theorie wesentlichen Skelettmerkmale kommt hier also vorwiegend durch die produzierende Operation "Auswerten" zustande.⁵

Das Beispiel zeigt, daß "selbständiges Entdecken"

1. schon auf der Stufe aufgabengesteuerten Unterrichts stattfinden kann und nicht mit den höheren Stufen des problemgesteuerten bzw. problemelementdeckenden Unterrichts verbunden sein muß und
2. daß "Entdecken" bereits mittels der Operation "Auswerten" erfolgen kann, die in der Reihe der produzierenden Operationen sehr weit unten angesiedelt ist.

Ein weiteres Beispiel aus dem Bereich des Kunstunterrichts: Schon in der Grundschule kann man Schülern "zeigen", daß eine räumliche Wirkung beim Malen u.a. dadurch zu erzielen ist,

- daß die Objekte im Sinne perspektivischen Sehens nach hinten hin verkleinert werden,
- daß der Hintergrund diffus, der Vordergrund dagegen detailliert dargestellt wird,
- die Intensität der Farbe von vorne nach hinten abnimmt, usw..

⁵ Um dann allerdings die für die Theorie wesentliche Schlußfolgerung zu ziehen, daß der Urvogel in der Entwicklungsgeschichte eine Zwischenstufe zwischen Sauriern bzw. Reptilien und Vögeln darstellt, bedarf es zusätzlich konvergenter Denkens.

Wirkungsträchtiger wird diese Erkennensphase jedoch sein, wenn den Schülern die Möglichkeit geboten wird, die genannten Gesetzmäßigkeiten durch Auswerten selbst zu "entdecken". Das kann anhand verschiedener Bilder (aus Meisterhand) geschehen, die jeweils zu einer, später auch mehreren der beschriebenen Darstellungstechniken zusammengestellt wurden.

Beide Beispiele deuten den Wert des im Unterricht so häufig vernachlässigten Auswertens nur an, dessen regelmäßige Nutzung folgende Vorzüge aufweist: Sie führt

- zu "selbständigerem" Lernen,
- zu "tieferem" Verständnis,
- zu sichererer Speicherung des Gelernten und
- zur Erhöhung der Fähigkeit zum konvergenten und divergenten Anwenden⁶,
- zur Gewöhnung an eine sorgfältige Steuerung der Aufmerksamkeit auf Einzelheiten eines Objekts,
- zu einem eher sach- als lehrerbezogenen Lernen

5.2 "Entdeckendes Lernen" auf der Grundlage konvergenten Denkens

Aufgabengesteuertes Lernen wird auf eine höhere Qualitätsstufe gehoben, wenn die gestellten Aufgaben mindestens den konvergent denkenden Umgang mit den Operations-Objekten oder wenigstens mit Teilen derselben erfordern.

Beispiel: Es ist üblich, Schülern im technisch-naturwissenschaftlichen Elementarunterricht anhand von geeigneten Versuchen (meist Röhrenmodellen) die Funktion der Schwerkraftheizung vorzuführen. Die Schüler beziehen dann die zu lernenden Informationen direkt aus den Operations-Objekten, den Versuchen. Allerdings ist der Anteil produzierender Operationen dabei meist sehr gering. Sollen die Schüler die Information auf einem relativ hohen Anspruchsniveau "entdecken", so böte sich folgender Weg an:

Zunächst erkennen die Lernenden anhand entsprechender Versuche, die sie selbst durchführen:

- *Erwärme ich Wasser, so dehnt es sich aus.*
- *Wenn ich Wasser in einem vollständig gefüllten Gefäß erwärme, so läuft ein Teil des Wassers über den Gefäßrand.*
In der nun folgenden schwierigeren Phase des Unterrichts wird den Schülern folgendes zugemutet: Vor ihnen stehen zwei gleichgroße Glasgefäße, die mit gleich viel Wasser gefüllt sind. Durch Tasten können die Lernenden feststellen, daß das Wasser im ersten Gefäß recht kalt, im zweiten Gefäß sehr warm ist. Sie werden nun aufgefordert, Vermutungen über das Gewicht des kalten und des erwärmten Wassers zu äußern.

Je nach Entwicklungsstufe und Lernzustand werden die Schüler mehr oder weniger in der Lage sein (ohne den Begriff des "spezifischen Gewichts" zu kennen), durch konvergent denkendes Anwenden der zuvor gelernten Informationen zu "entdecken", daß das erwärmte Wasser (spezifisch) leichter ist.

Wird erst nach dieser Phase der Versuch mit dem in einem Röhrenmodell kreisenden Wasser durchgeführt, so werden die meisten Schüler auch in der Lage sein, durch auswertendes und konvergent denkendes Anwenden der soeben gelernten Informationen die Ursache für die Wärmeströmung "selbständig" zu "entdecken". Man beachte den völlig anderen Stellenwert, den nun das Röhrenmodell als Operations-Objekt für das Erkennen des Sachverhalts besitzt!

Das "Entdecken" vollzieht sich hier wie in den Beispielen aus Kapitel 5.1 aufgabengesteuert im Sinne bewußter Imitation, denn den Lernenden wird der Weg vorgegeben, auf dem sie die Erkenntnis gewinnen. Dennoch dürfte deutlich sein, daß der Unterricht im Vergleich zu den vorangegangenen Beispielen weitaus anspruchsvoller ist .

⁶ Erklärungen dafür, daß Auswerten als Basis-Operation genutzt werden kann, um darauf aufbauend zu höheren Operationen zu befähigen, findet der Lesern in H. RIEDEL 1999 – 2, S. 111 - 123

Kommen wir nochmals auf die im 4. Kapitel behandelte Frage minimaler Hilfestellung zurück: Sollte ein Schüler durch den geschilderten Unterricht überfordert werden, so könnte zunächst das Erinnern an die zuvor durchgeführten Versuche helfen. Reicht dies nicht, so ist die nochmalige Konfrontation mit den entsprechenden Operations-Objekten, möglicherweise dann die wiederholende Durchführung dieser Versuche hilfreich. Noch immer hätte der Lernende die Chance, die neue Information durch konvergentes Denken zu "entdecken". Bei negativem Ergebnis ist nun der Rückgriff auf Operations-Objekte angezeigt, die zur Erkenntnisgewinnung zunächst nur das auswertende Anwenden erfordern. Erst als letzte Hilfe sollte die "Erklärung" der zu erlernenden Relationen durch den Lehrer erfolgen ⁷.

5.3 "Entdeckendes Lernen" auf der Grundlage divergenten Denkens

Das folgende Beispiel, in dem der Lernende zuvor erworbene Informationen mindestens divergent denkend anwenden muß, um Neues selbständig zu erkennen, veranschaulicht bereits einen Fall "*problemgesteuerten Unterrichts*"

Der Leser möge überprüfen, ob er in der Lage ist, das folgende Problem zu lösen. Die dazu notwendigen Informationen hat er sicher während seiner Schulzeit gelernt: Noch zu Beginn dieses Jahrhunderts, als optische Peilgeräte viel zu teuer waren, um Grundstücke rechteckig abzustecken, benutzten Maurer ein einfaches, aber sehr genaues Hilfsmittel zur Konstruktion von rechten Winkeln auf dem Baugelände. Im wesentlichen bestand dieses Hilfsmittel aus einer Schnur, die der Maurer stets in seiner Tasche bei sich tragen konnte. Stellen Sie sich vor, Sie wollten am Strand ein Volleyballturnier veranstalten und daher ein möglichst genau rechteckiges Spielfeld herstellen. Versuchen Sie ein Verfahren zu finden, bei dem auch Sie lediglich mit einer Schnur auskommen!

Meine Erfahrung zeigt, daß die Mehrzahl von Didaktik-Studenten dieses Problem nicht lösen können, obwohl sie alle dazu notwendigen Informationen in der Schule gelernt haben: Den Satz des Pythagoras (oder auch den des Thales) und die Tatsache, daß sich mit dem Zahlentripel 3, 4 und 5 ein rechtwinkliges Dreieck konstruieren läßt ($3^2 + 4^2 = 5^2$). Selbst wenn sich Studenten an diese Informationen erinnern bzw. entsprechend dem Prinzip der minimalen Hilfe daran erinnert werden, scheitern die meisten.

Die Lösung: Im beliebigen Abstand knüpft man zwei Knoten in die Schnur. Man benutzt diese Strecke als Maßeinheit, um dann jeweils Strecken von 3 Einheiten, 4 Einheiten und 5 Einheiten nacheinander mit jeweils einem großen Knoten A, B, C und D zu markieren. Werden A und D aufeinandergelegt, dann die Schnur an den Knoten B und C auseinandergezogen, so entsteht ein rechtwinkliges Dreieck.

Das Verfahren zu "entdecken", erfordert allerdings *divergentes Denken*. Betrachtet man diese Aufgabenstellung allein unter dem Gesichtspunkt, den neuen mathematischen Lehrsatz einzuführen, so mag der notwendige Aufwand als unangemessen hoch beurteilt werden. Dann wird aber nicht berücksichtigt, daß durch die Notwendigkeit zum divergenten Denken bereits die höchste im Unterricht direkt initiierbare Operationsstufe erreicht wird. ⁸

5.4 Kritik am Begriff des "Entdeckenden Lernens"

Die in den Kapiteln 5.1 bis 5.3 dargestellten Beispiele sollten verdeutlichen, daß mit pauschalisierenden Begriffen viele Möglichkeiten der Unterrichtsgestaltung verborgen bleiben, die bei Verwendung differenzierender Modelle und deren Kombination aufgedeckt werden können. So

⁷ Die Abfolge der Schritte sollte durchaus auch als Leitfaden zur Regelung von Lernprozessen im objektivierten Unterricht, insbesondere beim rechnerunterstützten Unterricht gelten.

⁸ Im übrigen zeigen unterrichtstechnologische Experimente, die wir zur Wirkung von Problemstellungen durchführten, daß der zeitliche Aufwand im Vergleich zum aufgabengesteuerten Unterricht nur wenig höher liegt, außerdem, daß der problemgesteuerte Unterricht wirksamer hinsichtlich der Fähigkeit der Lernenden ist, die erworbenen Informationen produzierend anzuwenden. (Vgl. H. Riedel 1987, I. BREYER u.a. 1987 sowie I. BREYER u. H. RIEDEL 1988).

muß an der gängigen Vorstellung vom "entdeckenden Lernen" vor allem folgende Kritik geübt werden:

1. Verknüpft man das Modell der Internoperationen mit jenem zur Differenzierung von **Operations-Objekten**, so erhält man die Möglichkeit, die unterschiedlichen Anforderungen der unter der Formel vom "Entdeckenden Lernen" zusammengefaßten Unterrichtsformen gegeneinander abzugrenzen, je nachdem ob das Entdecken auf der Grundlage auswertender, konvergent denkender oder divergent denkender Handlungen geschieht. Damit wird deutlich, daß der Begriff des "Entdeckenden Lernens" nicht mehr aussagt, als allgemein den Wert der produzierenden Operationen gegenüber den kogneszierenden zu betonen. Das ist zwar sinnvoll, aber nicht ausreichend, um einen Unterricht zu gestalten, der auch Schülern verschiedener Voraussetzungen gerecht wird.
2. Schwerwiegender ist der folgende Gesichtspunkt: Mit dem Begriff des "entdeckenden Lernens" wird zwar zu Recht der Wert produzierender Operationen am Operations-Objekt in den Vordergrund gestellt. Dabei geht es aber immer nur um das selbständige **Erkennen** neuer Sachverhalte. Vollkommen außer Betracht bleibt, was nach dem Erkennen einer Sache zu geschehen hat, um den Lernenden zu befähigen, das Erlernte auch nutzbringend anzuwenden.

So zeigt die Erfahrung, daß sich selbst erfahrene Lehrer damit zufrieden geben, wenn ihre Schüler "entdeckend" ein neues Unterrichts-Objekt erkannt haben. Sie sind der irrigen Meinung, die Ausführung produzierender Operationen an den Operations-Objekten während des Erkenntnisprozesses bewirke auch schon die Fähigkeit der Lernenden zu späterer Anwendung. Dieser Irrtum entspringt der nicht vorhandenen Unterscheidung von Operations- und Unterrichts-Objekten. "*Entdeckendes Lernen*" wird ungewollt darauf beschränkt, Unterrichts-Objekte lediglich erkennen zu lassen. Die Notwendigkeit ihres produzierenden Anwendens wird sträflich vernachlässigt, ohne daß die Einseitigkeit und Einschränkung auf dieser Ebene bewußt wird.

Koppelt man das Modell der *Internoperationen* nicht nur mit dem Modell zur Differenzierung von *Operations-Objekten*, sondern gleichzeitig auch mit jenem zur Unterscheidung von *Unterrichts-Objekten*, so wird diese schädliche Vernachlässigung sichtbar.

6. Zusammenfassung

Im vorangegangenen Aufsatz war ich davon ausgegangen, daß das Modell der Internoperationen lediglich ein Teilmodell des umfassenderen Modells der Systemischen Didaktik ist und nicht isoliert von anderen Teilmodellen verwendet werden sollte, um Verkürzungen zu vermeiden.

In beiden Artikeln war es nicht möglich, alle Funktionen darzustellen, die das Modell der Internoperationen innerhalb des Gesamt-Modells ausfüllen kann. Anhand der gewählten Beispiele sollte aber verdeutlicht werden, welche Einsichten und Konstruktionsmöglichkeiten allein aus der Verknüpfung dieses Teilmodells mit jenen zur Differenzierung von Operations- und Unterrichts-Objekten gewonnen werden können.

So dient das Modell der Internoperationen u. a.

1. in Kombination mit UNTERRICHTS-OBJEKTEN zur genaueren Kennzeichnung von *Operations-Zielen* (Lern-Ergebnissen),
2. in Kombination mit OPERATIONS-OBJEKTEN
 - 2.1 zur *Differenzierung* und Initiierung unterschiedlich anspruchsvoller Formen "*Entdeckenden Lernens*" beim aufgabengesteuerten und problemgesteuerten Unterricht,
 - 2.2 zur Beurteilung und *Behebung von Denk- und Lernschwierigkeiten* beim Vollzug problemgesteuerten oder problemorientierten Lernens und damit zur Realisierung des Prinzips der "*minimalen Hilfe*",
3. in Kombination mit UNTERRICHTS-OBJEKTEN und OPERATIONS-OBJEKTEN zur genauen Kennzeichnung von Unterrichts-Zielen, in denen nicht nur die angestrebten Lernzustände, sondern auch die Qualität des *Lernprozesses* beschrieben wird.

Schrifttum

- BREYER, I., H. RIEDEL: Vergleichsuntersuchung zur Wirkung von Problemstellungen. grkg/H. 29, 2, 1988, S. 53-62.
- BREYER, I., H. RIEDEL, F. REICHARD: Experiment über die Wirkung von Problemstellungen zu Beginn des Unterrichts. grkg/H. 28, GAGNE, R., M.: Die Bedingungen des menschlichen Lernens. Schroedel, Hannover 1969
- KLAFKI, E.: Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Beltz 1963.
- K(tm)NIG, E. und RIEDEL, H.: Unterrichtsplanung I - Konstruktionsgrundlagen und -kriterien. Beltz. Praxis. Weinheim und Basel, 1975
- RIEDEL, H.: Standort und Anwendung der Systemtheoretischen Didaktik. Kösel. München, 1979.
- RIEDEL, H.: Vorüberlegungen zur Revision des Modells der Internoperationen. grkg / H. 3, 31, 1990. S. 111-122.
- RIEDEL, H.: Das Modell der Internoperationen als Baustein innerhalb der Systemischen Didaktik. grkg / H. 2, , 1992b, S.
- RIEDEL, H.: Neufassung des Modells zur Differenzierung von Operations-Objekten. grkg / H. 2, , 1992, S 65 - 79

Knapptext

Durch die Verbindung zweier Teilmodelle der Systemischen Didaktik, dem zur Differenzierung von Internoperationen und jenem zur Differenzierung von Operations-Objekten, ist es möglich, Unterrichtsziele zu formulieren, die nicht nur den am Ende des Unterrichts erwarteten Lern-Zustand, sondern auch den Lern-Prozess kennzeichnen, durch den der gewünschte Lern-Zustand erreicht werden soll. Des weiteren erlaubt die Kombination der genannten Modelle eine Differenzierung und Kritik des pauschalen Begriffs vom "entdeckenden Lernen"