

Vorbereitung eines Experiments zur Schwierigkeitsstufung von Internoperationen

von Harald RIEDEL (Berlin)

Aus dem Institut für Unterricht im allgemeinbildenden Bereich der Technischen Universität Berlin / Humankybernetik

1. Vorbemerkung

Nicht zu Unrecht mehren sich in den letzten Jahren Stimmen gegen jene experimentellen Untersuchungen im Bereich der Unterrichtswissenschaft, die unzureichend theoretisch fundiert oder mit mangelhaften Verfahren durchgeführt werden. Bedauerlicherweise entwickelt sich aber aus dieser Kritik zunehmend eine grundsätzliche Ablehnung experimenteller Forschung. Teilweise werden schon Versuche, überhaupt generelle Gesetzmäßigkeiten in der Unterrichtswissenschaft zu formulieren und zu überprüfen, als verfehlt angeprangert. An anderer Stelle habe ich mich mit dieser Kritik auseinandergesetzt (Riedel 1984) und mit Hilfe eines differenzierten Modells der Zielbereiche, Gegenstände und Verfahren unterrichtswissenschaftlicher Forschungsanliegen dargelegt, daß das Experiment nach wie vor einen wichtigen Stellenwert innerhalb des Gesamts unterrichtswissenschaftlicher Forschungsanliegen hat, zur Überprüfung genereller Gesetzmäßigkeiten sogar unverzichtbar ist. Die Untersuchung, deren Entwicklung ich darstellen will, dient der Überprüfung einer Gesetzesaussage, die in der Systemtheoretischen Didaktik eine fundamentale Rolle spielt. Sie verfolgt somit unterrichtstheoretische Zwecke, wenngleich auch wichtige technologische Konsequenzen aus ihren Ergebnissen abzuleiten sind.

Aus mehreren Gründen (vgl. Riedel 1984, S. 384 f) kommt zur Überprüfung fundamentaler theoretischer Gesetzesaussagen allein ein FalsifikationsExperiment in Frage, um Scheinverifikationen und unnötiges Scheitern späterer aufwendigerer technologischer Feldexperimente zu vermeiden.

2. Zum Stellenwert der Internoperationen in der Unterrichtswissenschaft

Mit Recht ist zu fordern, daß Gesetzesaussagen, die experimentell überprüft werden sollen, nicht nur auf bloßen Annahmen basieren, sondern systematisch von einer umfassenden und differenzierten Theorie abgeleitet worden sind. Außerdem muß es sich aus forschungsökonomischen Gründen um grundlegende Gesetzesaussagen handeln, solche also, von denen weitere theoretische Gesetzesaussagen oder auch technologische Regeln abgeleitet werden, falls das aufwendige Verfahren der Falsifikation zur Überprüfung angewendet werden soll.

Seit Piaget spielt der Begriff des operativen Lernens eine entscheidende Rolle in der unterrichtswissenschaftlichen Diskussion. H. Aebli (1963) hat erstmals auf die Auswirkung externer Operationen auf die Fähigkeit zum internen Operieren aufmerksam gemacht und damit einen wesentlichen Einfluß auf Unterrichtstheorien und Unterrichtsmethoden ausgeübt. Eine Differenzierung der bis dahin lediglich recht global unterschiedenen Internoperationen (beispielsweise produktives gegenüber reproduktivem, mechanisches gegenüber kreativem Denken) wurde von E. König und H. Riedel (1969) in Abänderung und Differenzierung eines Modells von J.P. Guilford (1959) vorgenommen. In der von ihnen entwickelten „Systemtheoretischen Didaktik“ nehmen die „Internoperationen“ „erkennen“, „erinnern“, „speichern“, „auswerten“, „konvergent denken“ und „divergent denken“ eine besonders wichtige Stellung ein. Sie repräsentieren im theoretischen Modell eine der beiden

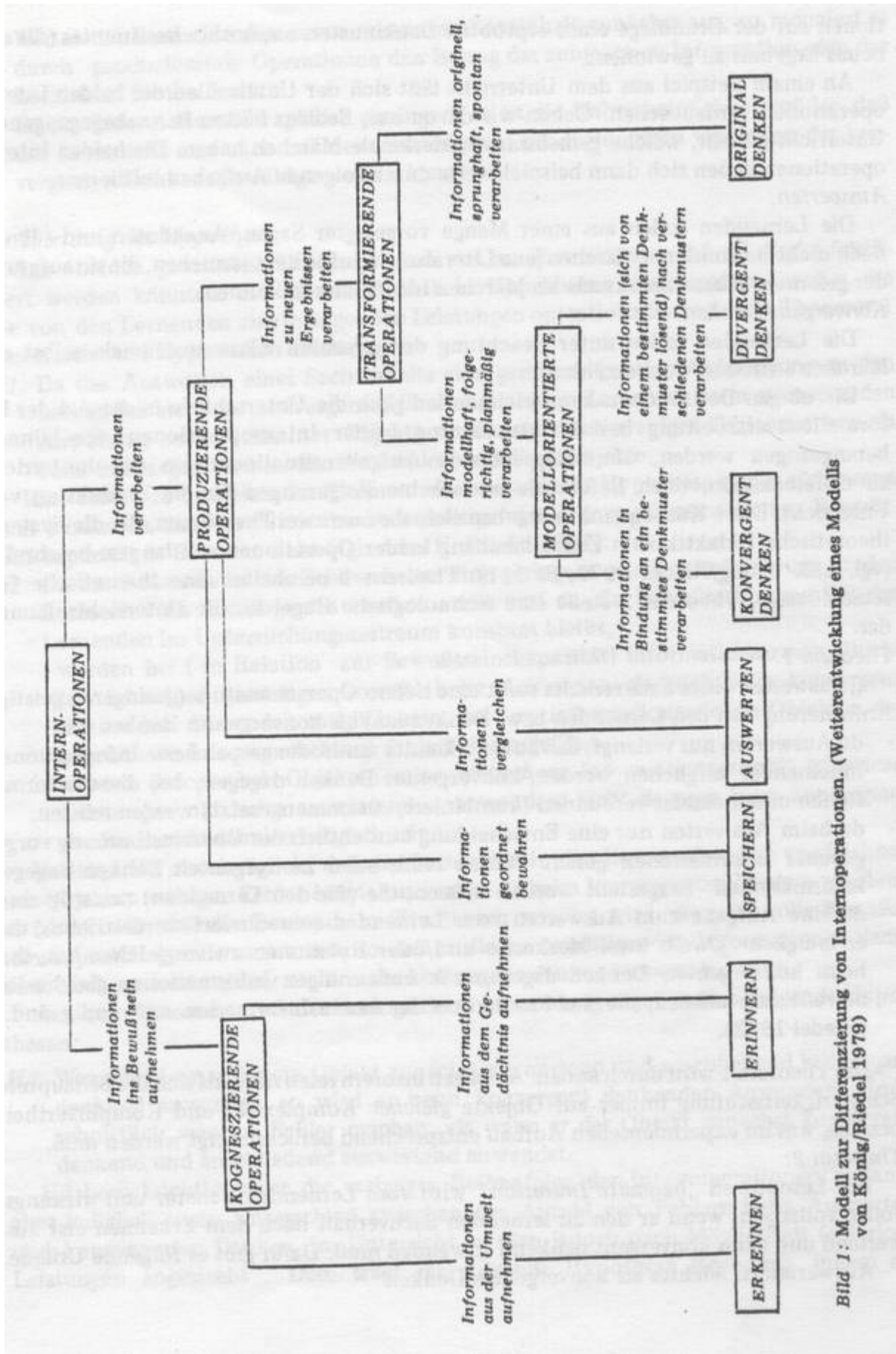


Bild 1: Modell zur Differenzierung von Internoperationen. (Weiterentwicklung eines Modells von König/Riedel 1979)

Basisfunktionen der „einfachen Lernsituation“, die ihrerseits zentraler Bestandteil aller komplexeren Lernsituationen bis hin zur Unterrichtssituation ist (vgl. z.B. H. Riedel 1979b, S. 19 ff). Innerhalb des hochdifferenzierten Zielsystems, das die Systemtheoretische Didaktik beschreibt, spielt die Dimension der Internoperationen ebenso eine fundamentale Rolle (vgl. z.B. H. Riedel 1979a, S. 23 ff). Schließlich liefern Intern Operationen wichtige Kriterien für eine Reihe unterrichtstechnologischer Verfahren, die die Systemtheoretische Didaktik zur Planung und Realisierung von Unterricht entwickelt hat, insbesondere zur Bestimmung von geeigneten Operationsobjekten (Lernmitteln), Operationsergebnissen (Lernschritten), zur Differenzierung von Unterricht und zur eindeutigen Beschreibung von Unterrichtszielen (vgl. z.B. König/Riedel 1975 u. 1979).

Schon aus Bild 1 geht hervor, daß die Internoperationen verschiedene Schwierigkeitsstufen der Bewältigung und Verarbeitung von Informationen darstellen. Aus der Schwierigkeitsstufung ergeben sich wichtige Folgerungen für die Planung und Realisierung von Lernsituationen. So ist die Unterscheidung der Operationen „auswerten“ und „konvergent denken“ von besonderer Bedeutung für jene Teilmenge von Lernprozessen, die die Systemtheoretische Didaktik als „bewußte Imitation“ (im Gegensatz zu den anspruchsvolleren Prozessen des „Relationen und Elemententransfers“) bezeichnet. Für diese einfacheren aber den Schulunterricht weitgehend bestimmenden Lernprozesse fordert die Systemtheoretische Didaktik u.a., auf das Erkennen eines Sachverhalts nicht sofort das konvergent oder divergent denkende Anwenden folgen zu lassen, wie es im Schulunterricht meist üblich ist, sondern eine Lernphase einzuschieben, die zunächst das Auswerten der erkannten Informationen verlangt, bevor sie in anspruchsvolleren Operationen angewendet werden muß. Diese Forderung geht letztlich auf die Aussage zurück, daß „auswerten“ eine leichtere Internoperation darstellt als „konvergent denken“ (eine differenziertere Begründung findet der Leser in König/ Riedel 1979a, S. 23ff).

3. Ableitung der zu überprüfenden Theoreme

Bild 1 zeigt, daß beide Internoperationen zu den für Unterrichtsprozesse besonders wesentlichen „produzierenden Operationen“ gehören. Ihr Unterschied geht aus den folgenden Definitionen (vgl. z. B. H. Riedel, S. 24) hervor:

Auswerten: Die Lernenden wenden erkannte und/oder erinnerte Informationen vergleichend an, um sie auf gegenseitige Entsprechungen bzw. Unterschiede zu untersuchen. **Konvergent Denken:** Die Lernenden wenden erkannte und/oder erinnerte Informationen auf der Grundlage eines erprobten Denkmusters an, um ein bestimmtes (für sie) neues Ergebnis zu gewinnen.

An einem Beispiel aus dem Unterricht läßt sich der Unterschied der beiden Internoperationen verdeutlichen. Gehen wir davon aus, Schüler hätten in vorangegangenem Unterricht gelernt, welche gemeinsamen Merkmale Märchen haben. Die beiden Internoperationen ließen sich dann beispielsweise durch folgende Aufgaben initiieren:

Auswerten:

Die Lernenden sollen aus einer Menge vorgelegter Sagen, Anekdoten und - ihnen noch nicht bekannten - Märchen jene Literaturprodukte herausssuchen, die sie aufgrund der gelernten Klassenmerkmale als Märchen identifizieren können.

Konvergent Denken:

Die Lernenden sollen unter Beachtung der gelernten Klassenmerkmale selbst ein Märchen schreiben oder erzählen.

Die obigen Definitionen kennzeichnen lediglich die Unterschiede in der Art der Informationsverarbeitung bei der Ausführung beider Internoperationen. Sie können herangezogen werden, um entsprechende Aufgabensituationen im Schulunterricht zu differenzieren, doch liefern sie noch keine Folgerungen für die Produktion von Unterricht. Diese Konsequenzen ergeben sich aber aus zwei Theoremen, die die Systemtheoretische Didaktik zum Zusammenhang beider Operationen seit langem beschreibt (vgl. z.B.

König/Riedel 1979, S. 111). Theorem 1 beinhaltet eine theoretische Gesetzaussage, Theorem 2 stellt eine technologische Regel für die Unterrichtsplanung dar.

Theorem 1:

- „Auswerten eines Sachverhalts stellt eine tiefere Operationsstufe (geringere „geistige Anforderung“ an den Lernenden bzw. Denkenden) als konvergentes Denken dar,
- Auswerten nur verlangt, daß zuvor erkannte und/oder gespeicherte Informationen miteinander verglichen werden, konvergentes Denken dagegen, daß diese Informationen miteinander verbunden (kombiniert, zusammengesetzt) werden müssen,
- da beim Auswerten nur eine Entscheidung hinsichtlich der Übereinstimmung vorgegebener Informationen gefällt werden muß, beim konvergenten Denken dagegen Informationen hergestellt werden müssen, die (für den Lernenden) neuartig sind,
- da eine Aufgabe zum Auswerten vom Lernenden so reduziert werden kann, daß er lediglich jeweils zwei Merkmale und/oder Relationen zu vergleichen hat, ihm beim konvergenten Denken dagegen alle notwendigen Informationen gleichzeitig bewußt sein müssen, die zur Produktion der neuen Information notwendig sind.“ (Riedel 1982).

Das Theorem 1 wird durch andere Aussagen insofern relativiert, als sich die behauptete Schwierigkeitsstufung immer auf Objekte gleicher Komplexität und Kompliziertheit bezieht, was im experimentellen Aufbau entsprechend berücksichtigt werden muß.

Theorem 2:

Der Lernprozeß „bewußte Imitation“ wird vom Lernenden sicherer und wirkungsvoller vollzogen, wenn er den zu lernenden Sachverhalt nach dem Erkennen erst auswertend und dann konvergent denkend anwenden muß. Dafür gibt es folgende Gründe:

- Auswerten ist leichter als konvergentes Denken
- Wertet der Lernende den zuvor erkannten Lerninhalt zunächst aus, so reduziert er durch produzierende Operationen den Betrag der subjektiven Information, den der Lerninhalt für ihn besitzt.
- Ist der Informationsbetrag aber verringert, so ist die Wahrscheinlichkeit größer, daß der Lerninhalt nun auch mit der schwierigeren produzierenden Operation des konvergenten Denkens bewältigt werden kann.

4. Ableitung der Hypothesen

Die beiden genannten Theoreme sind viel zu abstrakt, als daß sie direkt falsifiziert werden könnten. Sie müssen deshalb in Hypothesen transformiert werden, die die von den Lernenden zu erbringenden Leistungen operationalisieren. Aus Theorem 1 lassen sich zwei Hypothesen ableiten:

H1: Da das Auswerten eines Sachverhalts eine geringere geistige Anforderung an den Lernenden stellt als konvergentes Denken, wird ein Lernender beim auswertenden Anwenden zuvor erkannter Objekte durchschnittlich weniger Fehler machen als beim konvergent denkenden Anwenden derselben Objekte.

Eine schärfere und eine das Theorem eher belastende Hypothese ergibt sich, wenn man zusätzlich das Verhältnis der zu bewältigenden Informationsmenge zur Bewußtseinskapazität in Betracht zieht (vgl. dazu H. Riedel 1967):

H2: Da das Auswerten eines Sachverhalts eine geringere geistige Anforderung an den Lernenden als konvergentes Denken stellt und da die Bewußtseinskapazität des Lernenden im Untersuchungszeitraum konstant bleibt,

- werden bei (in Relation zur Bewußtseinskapazität) informationsarmen Objekten fehlerlose Leistungen sowohl beim Auswerten als auch beim konvergent denkenden Anwenden möglich sein, bei zu informationsreichen Objekten dagegen beide Internoperationen fehlerhaft ausgeführt,

- werden jedoch bei Objekten mit „kritischem Informationsgehalt“ fehlerlose Leistungen nur beim auswertenden Anwenden, nicht dagegen beim konvergent denkenden Anwenden möglich sein.

Verlangt H1 also lediglich, daß die Lernenden in der Untersuchung an vergleichbaren Objekten weniger Fehler beim Auswerten als beim konvergenten Denken machen, so fordert H2, daß der Lernende in Situationen versetzt wird, die seine volle Bewußtseinskapazität gerade ausnutzen, so daß er die zu bewältigenden Informationen dann zwar noch auswerten, aber nicht mehr konvergent denkend anwenden kann.

Aus den Theoremen zur technologischen Anwendung ergeben sich folgende Hypothesen:

H3: Wenn ein Lernender ein Objekt zunächst auswertend und anschließend konvergent denkend anwendet, so wird er beim konvergent denkenden Anwenden durchschnittlich weniger Fehler machen, als wenn er das Objekt zunächst konvergent denkend und anschließend auswertend anwendet.

H3 berücksichtigt zwar die verlangte Reihenfolge der Internoperationen, verlangt aber lediglich einen Unterschied zwischen der Anzahl von Fehlern beim Auswerten und konvergenten Denken. Im Unterricht werden jedoch nach Möglichkeit fehlerlose Leistung lediglich zwischen fehlerlosen und fehlerhaften Leistungen unterscheidet:

H4: Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Lernender beim konvergent denkenden Anwenden eines Objekts keine Fehler macht, wird größer, wenn er das Objekt nach der Erkennensphase zunächst auswertend und anschließend konvergent denkend anwenden muß.

5. Zur systematischen Variation der Variablen

Mit dem Modell unterschiedlich komplexer Lernsituationen (von der einfachen Lernsituation bis hin zur Unterrichtssituation) besitzt die Systemtheoretische Didaktik ein differenziertes Instrumentarium zur Bestimmung der für unterrichtswissenschaftliche Untersuchungen wesentlichen Variablen (vgl. dazu H. Riedel 1979b, S. 19-46). Grundsätzlich müßte gefordert werden, daß alle im Modell der Unterrichtssituation erfaßten Teilfunktionen als Variablen erfaßt werden. Da unser Experiment jedoch nicht vorrangig technologischen und praktischen Zielsetzungen dienen soll (dementsprechend nicht Lernzustände durch Unterrichtssituationen verändern will), sondern unter „nur“ theoretischer Zielsetzung unterschiedliche Lernzustände festgestellt werden sollen, entfallen für diese Untersuchung alle jene Teilfunktionen für die Definition und Variation von Variablen, die ausschließlich in der Unterrichtssituation enthalten sind (Sollwertübertragung und Sollwertübermittlung). Auch die Regelung als wichtigste Teilfunktion der „geregelten Lernsituation“ darf unberücksichtigt bleiben, da die Versuchsperson, nicht aber der Versuchsleiter die zeitliche Ausdehnung des Experiments bestimmen sollte.

Damit verbleiben an Variablen, die für das Experiment wesentlich sind, nur jene, die die „gesteuerte Lernsituation“ konstituieren: Operationen, Lernprozesse, Interaktionen, Unterrichtsobjekte, Operationsobjekte (zur direkten Initiation), Hilfs-Operationsobjekte (zur indirekten Initiation), Lehrende, Hilfsmittel und organisatorische Maßnahmen.

Da wir zunächst beabsichtigt hatten, entsprechend den Hypothesen H1 bis H4 lediglich die Intern-Operationen „auswerten“ und „konvergent denken“ systematisch zu variieren, hätten alle anderen Variablen konstant gehalten werden können. Im Laufe der Vorversuche, insbesondere im Zusammenhang mit den Bemühungen, den Anfangszustand der Lernenden hinsichtlich ihrer Fähigkeit zum Auswerten und konvergenten Denken festzustellen, erkannten wir, daß die zusätzliche Variation der Lernenden (von der 1. bis zur 4. Klasse) sowie der Unterrichtsobjekte und Operationsobjekte (über fünf Schwierigkeitsstufen) wünschenswert war. Insofern sind die Hypothesen H1 bis H4 so zu verstehen, daß sie Gültigkeit unabhängig von der Klassenstufe (1 bis 4) und vom Schwierigkeitsgrad der Unterrichtsobjekte sowie der Operationsobjekte beanspruchen.

5.1 Konstanthaltung von 7 Variablen

Die (1) Funktion des Lehrenden wird in allen Experimenten von derselben Person als Versuchsleiter realisiert*. Alle (2) Interaktionshandlungen (einschließlich wichtiger Externoperationen) werden im Laufe der Vorversuche erprobt, dann schriftlich fixiert und auf dieser Grundlage vom Versuchsleiter realisiert. Die Versuche werden in der Form von Einzelexperimenten durchgeführt. (3) Indirekte Initiationen, (4) Organisatorische Maßnahmen und (5) Hilfsmittel werden in den Vorversuchen erprobt, schriftlich fixiert und demgemäß konstant gehalten. Der von den Versuchspersonen zu vollziehende (6) Lernprozeß ist in jedem Fall „bewußte Imitation“.

Die Auswertung der Vorversuche ergab, daß der Vergleichbarkeit jener (7) Externoperationen, die die Lernenden bei den Aufgaben einerseits zum Auswerten, andererseits zum konvergenten Denken auszuführen hatten, im Hauptversuch besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden mußte. Vor allem bei den jüngeren Schülern der 1. Klasse beeinträchtigte die Art der auszuführenden Externoperationen die Ergebnisse wesentlich. Für sie war es weitaus reizvoller, - bei den Aufgaben zum konvergenten Denken - farbige Stecknadeln in ein Styroporbrett zu stechen, um die Lage von Spiegelpunkten zu kennzeichnen, als - bei den Auswertaufgaben - an den vorgelegten Operationsobjekten lediglich mit Zeigestäbchen zu hantieren und/oder ihre Denkergebnisse zu verbalisieren. Neben der höheren Reizintensität der Operationsobjekte spielte auch das höhere Maß an Möglichkeiten zur (Selbst-)Kontrolle eine Rolle.

5.2 Zur systematischen Variation von Variablen

5.2.1 Variation des Anfangszustandes

Wie schon erwähnt, wurden Schüler der 1. bis 4. Klasse untersucht. Die Klassenstufe aber ist kein Kriterium für den Anfangszustand der Lernenden. Da die Versuchspersonen jedoch zwei verschiedenen Versuchsgruppen A und B zugeteilt werden sollten, mußte der Anfangszustand so genau wie möglich festgelegt werden, um eine Parallelisierung vornehmen zu können. Nun hatte die schon erwähnte Felduntersuchung gezeigt, daß die in unterrichtswissenschaftlichen Untersuchungen üblichen Merkmale wie Intelligenzquotient, allgemeine und besondere Schulleistungen, Einschätzung durch den Lehrer usw. nicht als Zuordnungskriterien ausreichend geeignet sind. In unserer Untersuchung ging es um den Schwierigkeitsgrad der Internoperationen „auswerten“ und „konvergent denken“. Nun mußte jedoch davon ausgegangen werden, daß die Versuchspersonen nicht nur unterschiedliche Anfangszustände hinsichtlich des Unterrichtsobjekts „Symmetrie“ haben, sondern auch in unterschiedlichem Grad zum Auswerten und konvergenten Denken befähigt sind. Beide Faktoren mußten aber vorrangig bei der Parallelisierung der Versuchspersonen berücksichtigt werden. In der vorangegangenen Felduntersuchung hatten wir versucht, diese Aufgabe durch längerfristige Beobachtung der Schüler im täglichen Unterricht und durch einen Test vor dem Experiment zu lösen. Wie sich jedoch zeigte, genügte das Verfahren keinesfalls, um eine der Aufgabenstellung angemessene, gleichwertige Verteilung der Versuchspersonen zu erreichen. Wir gingen daher in diesem Experiment einen anderen Weg: Jede Versuchsperson hatte unmittelbar vor dem eigentlichen Experiment eine „Erkennensphase“ zu absolvieren, in der sie die beiden den experimentellen Teil bestimmenden Informationsteile erkennen bzw. erinnern sollte: „Ursprungs- und Spiegelpunkt liegen gleich weit von der Spiegelachse entfernt“ und „Beide Punkte liegen auf einer zur Spiegelachse senkrecht stehenden Geraden“.

Der (Einzel-)Unterricht war so aufgebaut, daß die Versuchspersonen hierbei mehrfach zuvor erkannte Teilinformationen auf unterschiedlichen Schwierigkeitsniveaus konvergent denkend, teilweise auch auswertend anzuwenden und zu erinnern hatten. Folgende Unterrichtssituationen wurden unabhängig voneinander realisiert:

- beide Relationen gemeinsam konvergent denkend anwenden

- je eine Relation konvergent denkend anwenden
- Teile des Operationsobjekts, die sich auf die senkrechte Verbindungslinie beziehen, auswerten
- beide Relationen erinnern.

Durch die Beobachtung der Leistungen, die die Versuchspersonen in diesen Unterrichtssituationen erbrachten, konnte der Anfangszustand der Versuchspersonen sowohl hinsichtlich des Unterrichtsobjekts als auch ihrer Operationsfähigkeit festgestellt werden. Aufgrund der so gewonnenen Daten wurden die Versuchspersonen dann gleichwertig durch Parallelisierung auf die beiden Versuchsgruppen A und B verteilt. Außerdem dienten die Beobachtungsergebnisse dazu, mit Hilfe eines Zuordnungsschlüssels den Schwierigkeitsgrad jenes Objekts zu bestimmen, von dem man annehmen konnte, daß er in der Nähe der für die Versuchsperson „kritischen Informationsmenge“ lag, mit dem die Versuchsperson also erstmals in der experimentellen Phase konfrontiert werden sollte.

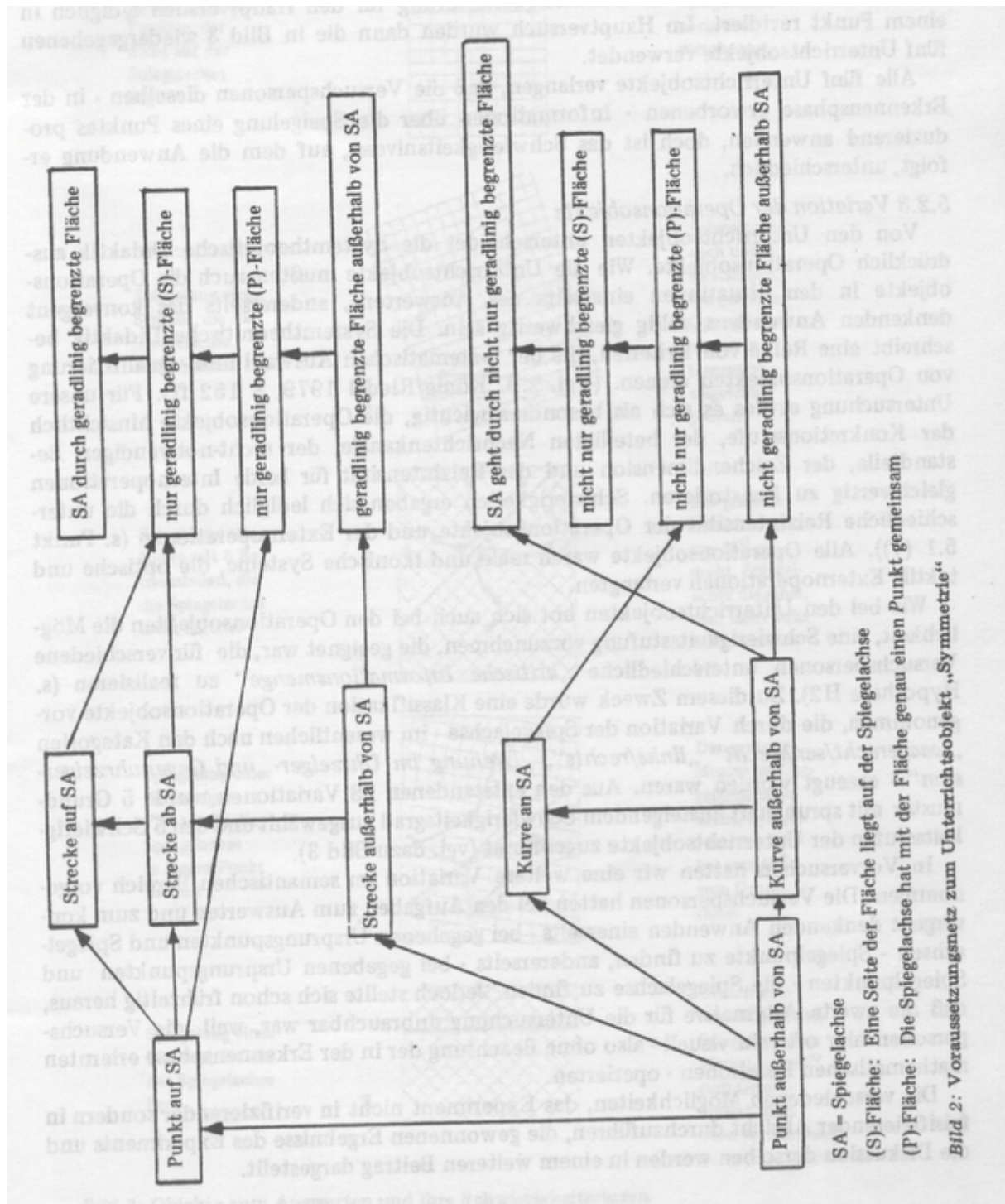
5.2.2 Variation der Unterrichtsobjekte

Bei der Auswahl der Unterrichtsobjekte sollte sichergestellt werden, daß es sich um Inhalte handelt, die laut Rahmenplan ohnehin in der Grundschule behandelt werden. Andererseits sollten sie ermöglichen, Schüler mehrerer Klassenstufen zu untersuchen. Außerdem erforderte die Hypothese H2 Objekte, die auf verschiedenen Schwierigkeitsstufen (hinsichtlich Komplexität oder Kompliziertheit) angeboten werden können, um den für die jeweilige Versuchsperson „kritischen Informationsgehalt“ zu erzeugen. Unsere Wahl fiel schließlich auf „Symmetrie“ als üblichen Bestandteil des Mathematikunterrichts. Die Analyse von Grundschulbüchern ergab, daß darin meist lediglich phänomenologische Betrachtungen der Flächenspiegelung verlangt werden. Aus diesem Grund, und um gesicherte Voraussetzungen für eine geeignete Schwierigkeitsstufung der Unterrichtsobjekte zu schaffen, wurde ein „Voraussetzungsnetz“ entsprechend dem Algorithmus zur Strukturierung von Informationssystemen aufgestellt und die im Experiment zu verwendenden Informationen entsprechend dem Algorithmus zur Detaillierung von Systemen bestimmt (vgl. König/Riedel 1975, S. 24 ff und 28 ff). Bild 2 zeigt das Voraussetzungsnetz, aufgrund dessen eine praktikable Schwierigkeitsstufung für die Schüler aller vier Klassenstufen erzeugt wurde. Die Pfeile geben an, welche Unterrichtsobjekte zum Verständnis anderer folgender Unterrichtsobjekte notwendig sind.

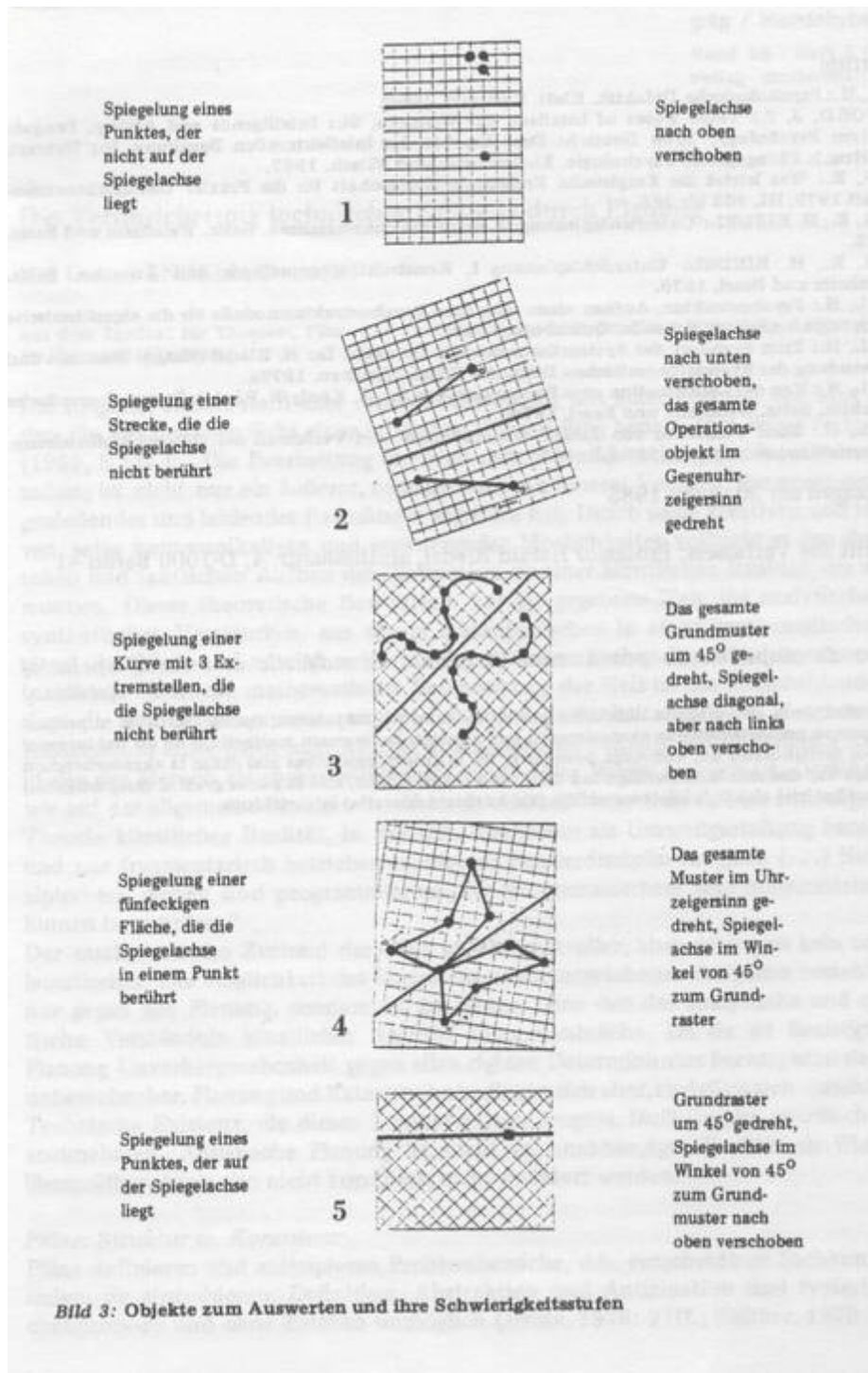
Die Detaillierung der Unterrichtsobjekte ergab auch Objekte, die entsprechend gängigen Schulbüchern und methodischen Handreichungen normalerweise nicht in der Grundschule bearbeitet werden. Vor allem aber konnte aufgrund der gewonnenen Ergebnisse deutlich zwischen „Voraussetzung für den Erwerb“ eines Unterrichtsobjekts und „sinnvoller zeitlicher Voraussetzung“ bei der Behandlung der Unterrichtsobjekte unterschieden werden. Dies erleichterte wesentlich den Aufbau der Schwierigkeitsstufung, die zunächst theoretisch aus den Ergebnissen der Detaillierung bestimmt und anschließend in Vorversuchen überprüft wurde. Aufgrund der aus den Vorversuchen gewonnenen Daten wurde die Schwierigkeitsstufung für den Hauptversuch lediglich in einem Punkt revidiert. Im Hauptversuch wurden dann die in Bild 3 wiedergegebenen fünf Unterrichtsobjekte verwendet. Alle fünf Unterrichtsobjekte verlangen, daß die Versuchspersonen dieselben - in der Erkennensphase erworbenen - Informationen über die Spiegelung eines Punktes produzierend anwenden, doch ist das Schwierigkeitsniveau, auf dem die Anwendung erfolgt, unterschiedlich.

5.2.3 Variation der Operationsobjekte

Von den Unterrichtsobjekten unterscheidet die Systemtheoretische Didaktik ausdrücklich Operationsobjekte. Wie die Unterrichtsobjekte mußten auch die Operationsobjekte in den Situationen einerseits des Auswertens, andererseits des konvergent denkenden Anwendens



völlig gleichwertig sein. Die Systemtheoretische Didaktik beschreibt eine Reihe von Kriterien, die der systematischen Auswahl und Qualifizierung von Operationsobjekten dienen. (Vgl. z.B. König/Riedel 1979, S 152 ff). Für unsere Untersuchung erwies es sich als besonders wichtig, die Operationsobjekte hinsichtlich der Konkretionsstufe, der beteiligten Nachrichtenkanäle, der nicht-notwendigen Bestandteile, der Zeichendimension und der Reizintensität für beide Internoperationen gleichwertig zu konstruieren. Schwierigkeiten ergaben sich lediglich durch die unterschiedliche Reizintensität der Operationsobjekte und der



Externoperationen (s. Punkt 5.1 (7)). Alle Operationsobjekte waren reale und ikonische Systeme, die optische und taktile Externoperationen verlangten.

Wie bei den Unterrichtsobjekten bot sich auch bei den Operationsobjekten die Möglichkeit, eine Schwierigkeitsstufung vorzunehmen, die geeignet war, die für verschiedene Versuchspersonen unterschiedliche „kritische Informationsmenge“ zu realisieren (s. Hypothese H2). Zu diesem Zweck wurde eine Klassifikation der Operationsobjekte vorgenommen, die durch Variation der Spiegelachse - im wesentlichen nach den Kategorien „waagrecht/senkrecht“, „links/rechts“, „Drehung im Uhrzeiger- und Gegenuhrzeigersinn“ - erzeugt worden waren. Aus den entstandenen 28 Variationen wurde 5 Grundmuster mit sprunghaft ansteigendem Schwierigkeitsgrad ausgewählt und den 5 Schwierigkeitsstufen der Unterrichtsobjekte zugeordnet (vgl. dazu Bild 3).

In Vorversuchen hatten wir eine weitere Variation im semantischen Bereich vorgenommen: Die Versuchspersonen hatten bei den Aufgaben zum Auswerten und zum konvergent denkenden Anwenden einerseits - bei gegebenen Ursprungspunkten und Spiegelachsen - Spiegelpunkte zu finden, andererseits - bei gegebenen Ursprungspunkten und Spiegelpunkten - die Spiegelachse zu finden. Jedoch stellte sich schon frühzeitig heraus, daß die zweite Alternative für die Untersuchung unbrauchbar war, weil die Versuchspersonen hier oft rein visuell also ohne Beachtung der in der Erkennensphase erlernten mathematischen Relationen operierten.

Die verschiedenen Möglichkeiten, das Experiment nicht in verifizierender sondern in falsifizierender Absicht durchzuführen, die gewonnenen Ergebnisse des Experiments und die Diskussion derselben werden in einem weiteren Beitrag dargestellt

Schrifttum

AEBLI, H.: Psychologische Didaktik. Klett. Stuttgart. 1963.

GUILFORD, J. P.: Three Faces of Intellect. In: Wiseman, St.: Intelligence and Ability. Penguin Modern Psychology. 1959 Deutsch: Drei Aspekte der intellektuellen Begabung. In: Weinert, F. (Hrsg.): Pädagogische Psychologie. Kiepenheuer und Witsch. 1967.

KÖNIG, E.: Was leistet die Empirische Erziehungswissenschaft für die Praxis? Unterrichtswissenschaft 1979, III, 263 bis 268.

KONIG, E., H. RIEDEL: Unterrichtsplanung II. Konstruktionsverfahren. Beltz. Weinheim und Basel, 1975. KÖNIG, E., H. RIEDEL: Unterrichtsplanung I. Konstruktionsgrundlagen und Kriterien. Beltz. Weinheim und Basel, 1979.

RIEDEL, H.: Psychostruktur. Aufbau eines einfachen Psychostrukturmodells für die algorithmische Lehrprogrammierung. Schnelle. Quickborn, 1967.

RIEDEL, H.: Zum Standort der Systemtheoretischen Didaktik. In: H. Riedel (Hrsg.): Standort und Anwendung der Systemtheoretischen Didaktik. Kösel. München, 1979a.

RIEDEL, H.: Von der Lernsituation zum Planungssystem. In: E. König/H. Riedel: Systemtheoretische Didaktik. Beltz. Weinheim und Basel, 1979b.

RIEDEL, H.: Zum Verhältnis von Zielen, Gegenständen und Verfahren der Unterrichtsforschung. Unterrichtswissenschaft 4, 1984, S. 367-386.

Eingegangen am 30. April 1985

grkg / Humankybernetik