grkg /Humankybernetik
Band 27 • Heft 2 (1986) verlag
modernes lernen

Kontrollexperimente zur Schwierigkeitsstufung zweier Internoperationen

von Ingeborg BREYER, Harald RIEDEL, Angelika SIEGMUND, Berlin (D)

aus dem Institut für Unterricht im allgemeinbildenden Bereich, Technische Universität Berlin

„Je strikter die Kontrolle, desto aussagekräftiger ist eine Untersuchung, die stets als Versuch der Falsifikation der vorgeordneten Hypothese zu interpretieren ist" (Bredenkamp 1980, S. 12).

I Vorbemerkung

Im 1. Halbjahr 1983 hatten wir unterrichtswissenschaftliche Experimente durchgeführt, in denen der Wahrheitsgehalt eines Theorems der Systemtheoretischen Didaktik überprüft werden sollte, das wichtige Auswirkungen für Unterrichtstechnologie und -praxis besitzt (vgl. Riedel 1985a, 1985b). Das Theorem besagt, daß „Auswerten" (im Gegensatz zur landläufigen Auffassung vieler Schulpraktiker und Lehrer-Ausbilder) eine qualitativ geringere geistige Leistung erfordert als *„konvergentes Denken"*. Die von diesem Theorem abgeleiteten Hypothesen wurden am Beispiel des Unterrichtsobjekts „Symmetrie" in ersten bis vierten Klassen durch Falsifikationsexperimente überprüft. (Zur Begründung der Hypothesen mit dem Modell der Systemtheoretischen Didaktik und zur genauen Formulierung der Hypothesen s. Riedel 1985a, S. 102-104).

Die Experimente ergaben:

1. Die Hypothese Hl, wonach die Schüler beim Auswerten eines Sachverhalts *weniger Fehler* machen als beim konvergent denkenden Anwenden, bewährte sich trotz der Falsifikationsbemühungen (hoch-signifikant)
   1.1 insgesamt über alle Versuchspersonen
   1.2 sowohl in der Gruppe A jener Schüler, die ein Objekt immer zuerst auswertend, dann konvergent denkend anwendeten, als auch in der Gruppe B, in der die Schüler das Objekt zuerst konvergent denkend, dann auswertend anwendeten,
   1.3 bei allen in der Untersuchung verwendeten Objekten,
   1.4 in allen Klassenstufen.
2. Die schärfere Hypothese H2 behauptete, daß Versuchspersonen in Situationen, in denen eine für sie „kritische Informationsmenge" verarbeitet werden muß, zwar noch in der Lage sind, die Information *fehlerfrei auszuwerten*, aber *nicht* mehr fehlerfrei *konvergent denkend* anzuwenden. Diese Hypothese bewährte sich
   2.1 ebenfalls hoch-signifikant in der Gesamtpopulation,
   2.2 ebenso in der Gruppe B, dagegen nur auf einem Signifikanzniveau von $p < 0.05$ in der Gruppe A [1]

[1] korrigierter Wert gegenüber dem in Riedel 1985 b, S. 172 angegebenen Wert

2.3 bewährte sich *nicht* in der Klasse 2

2.4 und *nicht* bei den Objekten l und 4. [2)]

Die Ergebnisse 2.3 und 2.4, die sich von den hoch-signifikanten Befunden in allen übrigen Gruppen, insbesondere aber von jenen der Hauptgruppen unterscheiden, könnten als unwichtig abgetan werden, da die Daten zwar keinen signifikanten Befund ergaben, jedoch tendenziell den Hypothesen entsprachen. Nimmt man die Forderung nach Falsifikation dagegen ernst, so sind Kontrolluntersuchungen in den betroffenen Gruppen unabdingbar. Dementsprechend planten wir zwei weitere Experimente zur Untersuchung der Frage, ob und ggf. welche systematische Störung die abweichenden Ergebnisse 2.3 und 2.4 verursacht haben könnte.

II Experimente zum 1. Objekt

Die Experimente wurden von I. Breyer in der Zeit vom 9.9. bis 26.9.1983 mit 28 Schülern der Zinnowwald-Schule in Berlin-Zehlendorf vorgenommen. Die Daten der Hauptuntersuchung 1983 wiesen tendenziell zwar in Richtung der Hypothesen I und II, ergaben aber keine signifikanten Unterschiede. Dieser Tatbestand wurde seinerzeit durch zwei Überlegungen erklärt:

1. Die relativ geringe Zahl der angefallenen Daten zum Objekt l verhinderte signifikante Unterschiede zwischen den Leistungen zum Auswerten und konvergenten Denken.
2. Wie aus Bild l ersichtlich, mußte die Versuchsperson bei der Aufgabe zum Auswerten dreimal nacheinander und voneinander unabhängig entscheiden, ob der vorgegebene Spiegelpunkt richtig plaziert ist. Bei der Aufgabe zum konvergenten Denken dagegen mußte die Entscheidung nur einmal getroffen werden. Durch dieses quantitative Ungleichgewicht wurde die Arbeitshypothese außerordentlich stark belastet.
3. Bereits bei den Vorversuchen zum Hauptversuch hatten wir festgestellt, daß die Art der von der Versuchsperson durchzuführenden Externoperation eine um so größere Rolle spielt, je jünger die Versuchspersonen sind (Einstecken von farbigen Stecknadeln bzw. Hantieren mit Zeigestäbchen). Da das Objekt l das leichteste der 6 Objekte war, vorwiegend also von den jüngsten Schülern bearbeitet wurde, konnte sich die geringere Reizintensität bei den Aufgaben zum Auswerten besonders stark auswirken.

Dementsprechend modifizierte Breyer das Versuchsmaterial folgendermaßen:

1. Die in den Haupt-Experimenten 1983 verwendeten, einander äquivalenten Objekte 1.1 und 1.2 wurden weiter verwendet. Die Objekte 1.1 und 1.2 unterschieden sich lediglich in ihrem Abstand zur Spiegelachse um eine Einheit. Die Lage der Spiegelachsen war identisch.
2. Außerdem wurde ein Objekt 1.3 eingesetzt, das weitaus größere „Punkte" aufwies und somit die Gelegenheit bot, entsprechend große farbige Plättchen als Spiegelpunkte bei den Aufgaben zum konvergenten Denken zu setzen, anstatt farbige Stecknadeln einzustechen. Die Aufgabe zum konvergenten Denken verlangte hier wie die Aufgabe zum Auswerten, daß die Versuchsperson die erlernten Teilinformationen jeweils dreimal produzierend anwendete (Bild 2). Es galt zu überprüfen, ob die quantitative Äquivalenz der Detailoperationen am Objekt 1.3 zum Auswerten

2) Die nicht-signifikanten Befunde bei Objekt 5 erklären sich aus der zu geringen Zahl von Fällen

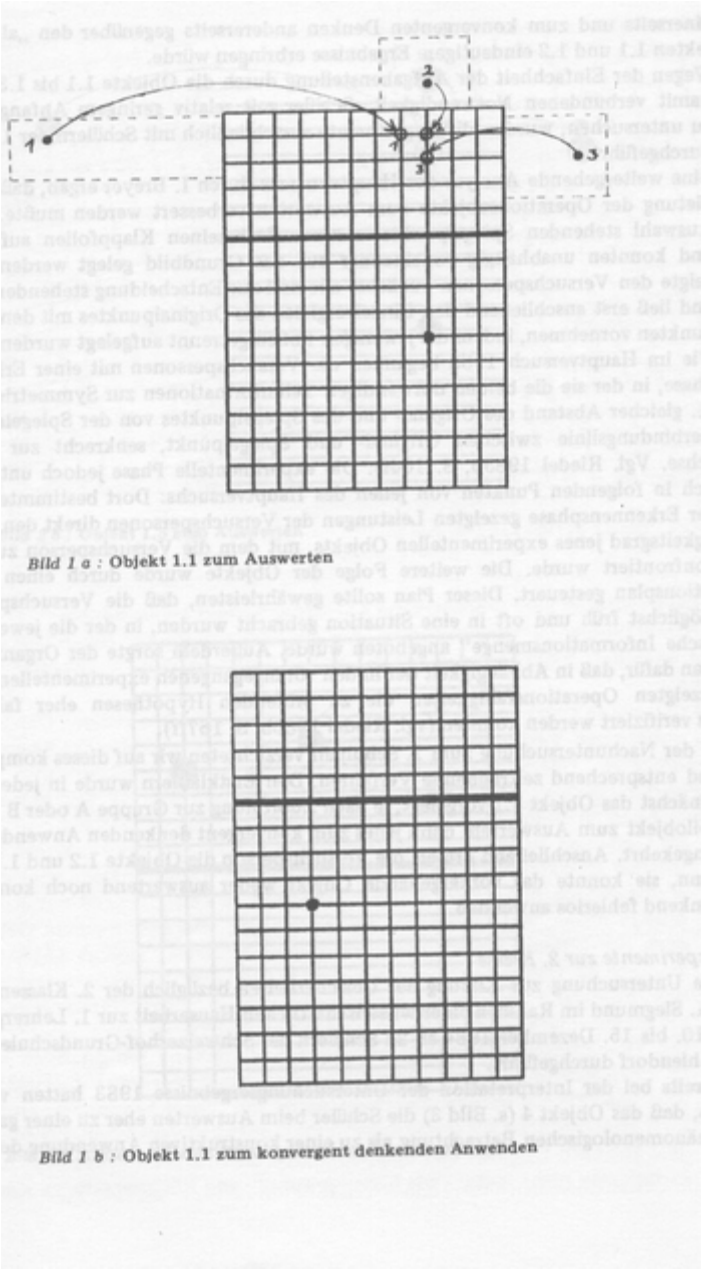

Bild 1 a : Objekt 1.1 zum Auswerten

Bild 1 b : Objekt 1.1 zum konvergent denkenden Anwenden

einerseits und zum konvergenten Denken andererseits gegenüber den „alten" Objekten 1.1 und 1.2 eindeutigere Ergebnisse erbringen würde.

3. Wegen der Einfachheit der Aufgabenstellung durch die Objekte 1.1 bis 1.3 und der damit verbundenen Notwendigkeit, Schüler mit relativ geringem Anfangszustand zu untersuchen, wurden die Experimente ausschließlich mit Schülern der 1. Klassen durchgeführt.
4. Eine weitergehende Analyse des Hauptversuchs durch I. Breyer ergab, daß die Darbietung der Operationsobjekte zum Auswerten verbessert werden mußte. Die zur Auswahl stehenden Spiegelpunkte waren auf einzelnen Klappfolien aufgebracht und konnten unabhängig voneinander auf das Grundbild gelegt werden. Breyer zeigte den Versuchspersonen zunächst alle drei zur Entscheidung stehenden Punkte und ließ erst anschließend den Einzelvergleich des Originalpunktes mit den Spiegelpunkten vornehmen, indem die jeweiligen Folien getrennt aufgelegt wurden.
5. Wie im Hauptversuch 1983 begannen die Versuchspersonen mit einer Erkennensphase, in der sie die beiden notwendigen Teilinformationen zur Symmetrie lernten (1. gleicher Abstand des Original- und des Spiegelpunktes von der Spiegelachse. 2. Verbindungslinie zwischen Original- und Spiegelpunkt, senkrecht zur Spiegelachse. Vgl. Riedel 1985b, S. 164f). Die experimentelle Phase jedoch unterschied sich in folgenden Punkten von jenen des Hauptversuchs: Dort bestimmten die in der Erkennensphase gezeigten Leistungen der Versuchspersonen direkt den Schwierigkeitsgrad jenes experimentellen Objekts, mit dem die Versuchsperson zu Beginn konfrontiert wurde. Die weitere Folge der Objekte wurde durch einen Organisationsplan gesteuert. Dieser Plan sollte gewährleisten, daß die Versuchspersonen möglichst früh und oft in eine Situation gebracht wurden, in der die jeweils „kritische Informationsmenge" angeboten wurde. Außerdem sorgte der Organisationsplan dafür, daß in Abhängigkeit der in den vorangegangenen experimentellen Phasen gezeigten Operationsfähigkeiten die zu prüfenden Hypothesen eher falsifiziert als verifiziert werden konnten (vgl. Riedel 1985b, S. 167ff).

   In der Nachuntersuchung zum 1. Schuljahr verzichteten wir auf dieses komplizierte und entsprechend zeitraubende Verfahren. Den Erstkläßlern wurde in jedem Falle zunächst das Objekt 1.1 vorgelegt, je nach Zuordnung zur Gruppe A oder B erst das Teilobjekt zum Auswerten, dann jenes zum konvergent denkenden Anwenden bzw. umgekehrt. Anschließend erhielt die Versuchsperson die Objekte 1.2 und 1.3, es sei denn, sie konnte das vorhergehende Objekt weder auswertend noch konvergent denkend fehlerlos anwenden.

III Experimente zur 2. Klasse

Die Untersuchung zur Klärung der Unsicherheiten bezüglich der 2. Klassen wurde von A. Siegmund im Rahmen einer wissenschaftlichen Hausarbeit zur 1. Lehrerprüfung vom 10. bis 15. Dezember 1984 an 24 Schülern der Schweizerhof-Grundschule in Berlin-Zehlendorf durchgeführt.

Bereits bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse 1983 hatten wir vermutet, daß das Objekt 4 (s. Bild 3) die Schüler beim Auswerten eher zu einer ganzheitlichphänomenologischen Betrachtung als zu einer konstruktiven Anwendung der zuvor

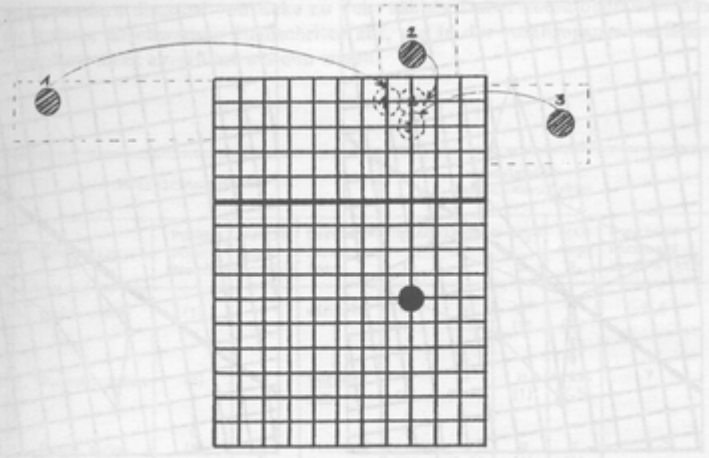

Bild 2 a : **Objekt 1.3 zum Auswerten**

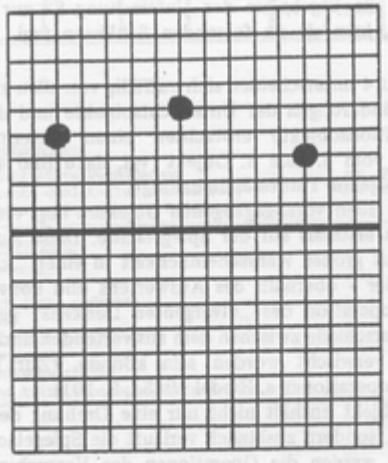

Bild 2 b : **Objekt 1.3 zum konvergent denkenden Anwenden**

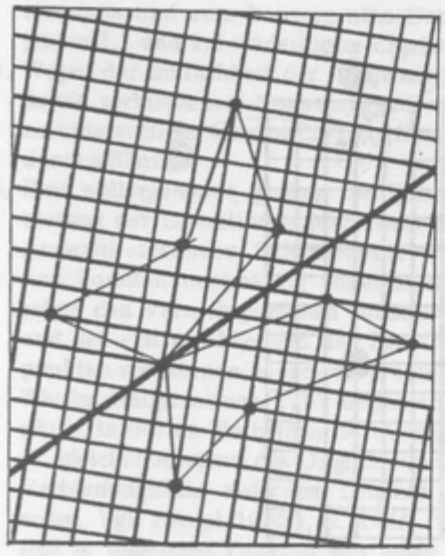

Bild 3 a : **Objekt 4 (1983) zum Auswerten**

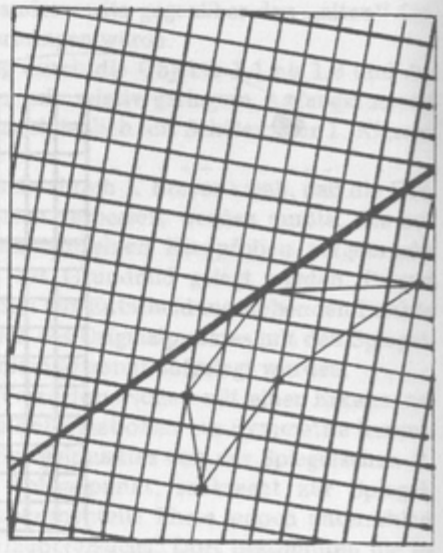

Bild 3 b : **Objekt 4 (1983) zum konvergent denkenden Anwenden**

erlernten Relationen über symmetrische Abbildung initiiert haben könnte.

Nachdem Siegmund alle Ergebnisse der Untersuchung 83 zur Hypothese H2 eingehend analysiert hatte, kam sie zu folgenden Schlüssen (vgl. A. Siegmund 1985, S. 53-68):

1. Die Daten zum Objekt 4 unterscheiden sich auffällig von allen anderen Objekten.
2. Die qualitativen Veränderungen der Unterrichtsobjekte und die Erschwerung der zugeordneten Operationsobjekte erbrachten einen unverhältnismäßig großen Schwierigkeitssprung vom 3. zum 4. Objekt (vgl. dazu Bild 4). Der Sprung wird im einzelnen durch folgende Tatbestände bedingt:
   - 2.1 Im Gegensatz zu allen vorangegangenen Objekten liegt ein Punkt des zu spiegelnden Objektes erstmals auf der Spiegelachse. Diese Aufgabe wird die Versuchspersonen mit großer Wahrscheinlichkeit in einen „kognitiven Konflikt" geführt haben, der - oberhalb des Auswertens und konvergenten Denkens - auch zur Internoperation des „divergenten Denkens" geführt haben dürfte, wodurch die Unterschiede zwischen dem auswertenden und konvergent denkenden Anwenden verwischt worden sein können. (Zur Differenzierung der genannten Internoperationen s. Riedel 1985a, S. 101).
   - 2.2 Das Operationsobjekt enthält nicht nur eine Drehung des gesamten Musters im Uhrzeigersinn, sondern zusätzlich verläuft die Spiegelachse diagonal zu den Kästchen. Damit werden die Operationen der Versuchspersonen erschwert: Zum einen existiert keine zur Spiegelachse senkrecht verlaufende Verbindungslinie zwischen Original- und Spiegelpunkten mehr. Zum anderen muß die Versuchsperson nicht mehr - wie bisher gewohnt - von Kästchenseite zu Kästchen-

seite, sondern diagonal von Ecke zu Ecke zählen. Dabei treten dann manchmal als weitere Erschwerung Halbschritte auf, die in der vorangegangenen Erkennensphase nicht eingeführt worden waren.

Unterrichtsobjekte				zugewiesene Operationsobjekte				
Kategorien	Punkte außen (Anzahl)	Punkte auf (Anzahl)	Darstellungsform	Spiegelachsen-Lage 1.	2.	3.	OpO-Lage 4.	Punktegewichtung bezgl. d. OpOs
1. Punkt außen	(1)		einzeln	w (1)	o (2,5)	p (1)	g (1)	5,5
2. Strecke außen	(2)		verbunden: —	w (1)	u (2,5)	p (1)	n.li. (2,5)	7
3. Kurve außen	(8)		verbunden: ~	n.li. (3)	o (2,5)	p (1)	g (1)	7,5
4. Fläche (P) an	(4)	(1)	verbunden: —	n.li. (3)	u (2,5)	d (3)	g (1)	9,5
5. Punkt auf		(1)	einzeln	w (1)	o (2,5)	d (3)	n.li. (2,5)	9

Legende:

Zum Unterrichtsobjekt

1. - - -→ quantitative Veränderung
2. ——→ leichte qualitative Veränderung
   ➡ starke qualitative Veränderung

— gerade Verbindungslinie
~ gekrümmte Verbindungslinie

Zum Operationsobjekt

d - diagonal
g - gerade
n.li. - nach links gedreht
o - oben
p - parallel
w - waagerecht
(Ziffer) - Punktegewichtung
——→ - hier tritt eine neue Zustandsform auf

Bild 4 . **Schwierigkeitsabstufung der Unterrichts- und Operationsobjekte**

3. Sieben- bis achtjährige Kinder befinden sich auf einer Übergangsstufe von „ganzheitlicher" zu „teilinhaltlicher" (analystischer) Auffassung (Remplein 1963, S. 320 nach Siegmund 1985, S. 61) bzw. von der „anschaulichen Repräsentation" zur „konkreten Operation" (nach Piaget), und selbst Erwachsene neigen zu einer mehr globalen Auffassung, wenn sie es mit unbekannten Inhalten zu tun haben (Nickel 1975, S. 112 nach Siegmund, S. 66). Dementsprechend ist die Vermutung gerechtfertigt, daß die Versuchspersonen bei den Aufgaben zum Auswerten des Objekts 4 wegen der sprunghaft ansteigenden Kompliziertheit und der daraus resultierenden Unanschaulichkeit, aber auch wegen der an Schmetterlingsbilder erinnernden Darstellung eher ganzheitlich verfuhren und dementsprechend weniger sorgfältig die zuvor erkannten Informationen über Symmetrie auf die einzelnen Punkte anwendeten. Die Aufgaben zum konvergenten Denken dagegen erforderten die konstruktive Anwendung der Einzelinformationen, was sich übrigens auch in den Versuchen anhand der von den Versuchspersonen ausgeführten Externoperationen (mit dem Finger) auf dem Operationsobjekt beobachten ließ (Siegmund, S. 67). Dementsprechend kann vermutet werden, daß die Aufgaben zum Auswerten nicht mit gleicher Sorgfalt und Aufmerksamkeit bearbeitet wurden wie die Aufgaben zum konvergenten Denken.

Den genannten Analyseergebnissen entsprechend, modifizierte Siegmund das Untersuchungsmaterial in folgender Weise:

1. Die Objekte der Haupt-Experimente 1983 blieben erhalten, jedoch wurde - wegen des als zu groß festgestellten Schwierigkeitssprunges - ein neues Objekt zwischen das ehemalige 3. und 4. Objekt eingefügt.
2. Das neue 4. Objekt unterschied sich in folgenden Punkten von dem 4. Objekt/1983 (s. Bild 3 und 5):

	Objekt 4 (Siegmund)	Objekt 4 (1983)
2.1	Fläche	
	- aus 5 Punkten	-dito
	- teils geradlinig, teils ungeradlinig begrenzt	- geradlinig begrenzt
2.2	Spiegelachse	
	- senkrecht	- diagonal
	- mittig	- nach unten verschoben
	- parallel zum Grundmuster	- diagonal zum Grundmuster

Mit diesen Veränderungen beabsichtigte Siegmund, eine kontinuierlichere Schwierigkeitsstufung vom 3. zum 4. und vom 4. zum 5. Objekt zu schaffen, um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, daß Versuchspersonen - entweder nach erfolgreicher Durchführung beider Internoperationen (Auswerten und konvergentes Denken) am leichteren Objekt 3 oder nach fehlerhafter Durchführung beider Internoperationen am schwierigeren Objekt 5 - mit dem Objekt 4 die „kritische Informationsmenge"

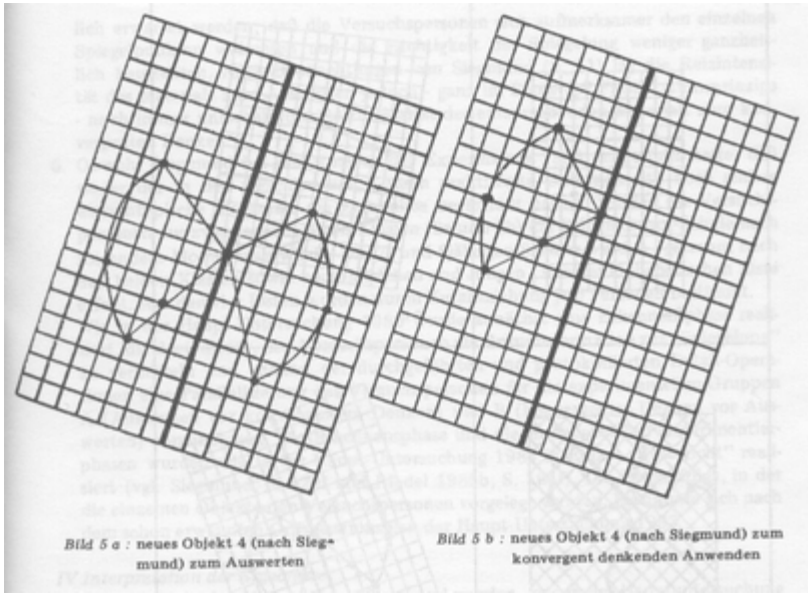

Bild 5 a : neues Objekt 4 (nach Siegmund) zum Auswerten

Bild 5 b : neues Objekt 4 (nach Siegmund) zum konvergent denkenden Anwenden

angeboten erhalten. Die gesamte Reihe der Objekte zum Auswerten zeigt Bild 6.

3. Die Operationsobjekte im Haupt-Versuch 1983 stellten nicht einzelne, sondern durch Linien verbundene Punkte dar. Um die hierdurch bedingte ganzheitlich-phänomenologische Betrachtungsweise zu vermeiden, änderte Siegmund das Material folgendermaßen: Auf einer Folie I wurden die einzelnen Punkte, auf einer weiteren Klappfolie II die Verbindungslinien dargestellt. Mit der Wegnahme der 2. Folie verschwanden die Verbindungslinien und damit der Anreiz zum ganzheitlichen Vorgehen. Bereits in den Vorversuchen an 5 Versuchspersonen, die vom 6. bis 8. Dezember 1984 durchgeführt wurden, erwies sich diese Maßnahme als besonders erfolgsträchtig (Siegmund, S. 117 und 121).
4. Wie bereits erwähnt, spielten die von den Versuchspersonen zu vollziehenden Externoperationen besonders bei den jüngeren Kindern eine wichtige Rolle. Das Hantieren mit farbigen Stecknadeln bei den Aufgaben zum konvergenten Denken war eindeutig reizintensiver als der Umgang mit Zeigestäbchen beim Auswerten. Dementsprechend erhielten die Versuchspersonen bei Siegmund eine überdimensionale farbige „Stecknadel" zum Zeigen und farbige Holzfiguren zum Markieren der als richtig erachteten Spiegelpunkte. Mit dem Setzen der Holzfiguren konnte zusätz-

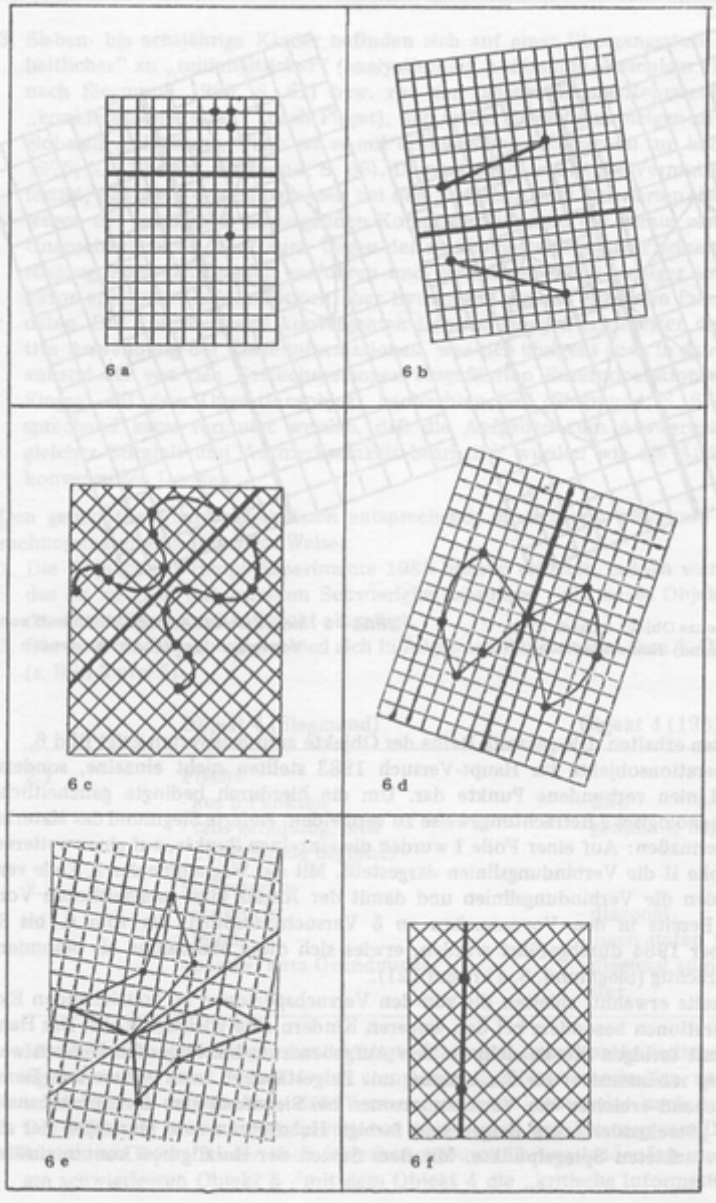

Bild 6

lich erwartet werden, daß die Versuchspersonen sich aufmerksamer den einzelnen Spiegelpunkten widmeten und die Richtigkeit der Spiegelung weniger ganzheitlich beurteilten. Nach Beobachtungen von Siegmund (S. 51) lag die Reizintensität des Materials zum Auswerten jedoch - ganz im Sinne des Falsifikationsprinzips - noch immer unterhalb der Reizintensität des entsprechenden Materials zum konvergenten Denken.

5. Obwohl Siegmund bei der Analyse der Experimente 1983 festgestellt hatte, daß weder der in den verschiedenen Klassen praktizierte Unterrichtsstil noch andere klassentypische Merkmale die Ergebnisse beeinflußt hatten, wurden die Versuchspersonen aus zwei verschiedenen Klassen (2a und 2b) der Schweizerhof-Schule nach folgendem Modus ausgewählt: Die 7- und 8jährigen Schüler wurden - getrennt nach den beiden Klassen sowie nach Mädchen und Jungen - in einer alphabetischen Liste erfaßt. Aus den vier Listen wurden durch Zufallsziehung je 6 Personen bestimmt. Wie in der Haupt-Untersuchung 1983 wurde zunächst eine Erkennensphase realisiert die dazu diente, den Versuchspersonen die Grundinformation zur „Spiegelung" zu vermitteln und anhand der durchgeführten und protokollierten Detail-Operationen eine Parallelisierung der Versuchspersonen für die experimentellen Gruppen A (Auswerten vor konvergentem Denken) und B (konvergentes Denken vor Auswerten) vorzunehmen. Die Erkennensphase und die anschließenden Experimentierphasen wurden wie in der Haupt-Untersuchung 1983 in Einzel-„Unterricht" realisiert (vgl. Siegmund, S. 122f und Riedel 1985b, S. 165f). Die Reihenfolge, in der die einzelnen Objekte den Versuchspersonen vorgelegt wurden, bestimmte sich nach dem schon erwähnten Organisationsplan der Haupt-Untersuchung 1983.

IV Interpretation der Ergebnisse

Die Rohdaten der Untersuchung Siegmund wurden - wie in der Hauptuntersuchung - einem Programm zur Bereinigung der Ergebnisse von Störeinflüssen" unterzogen (vgl. Riedel 1985b, S. 170f und Siegmund 1984, S. 120). Bei den Daten der Untersuchung Breyer war dies aufgrund der vereinfachten Durchführung des Versuchs (ohne das komplizierte Organisationsschema) nicht möglich. Die Ergebnisse beider Untersuchungen sind in Bild 7 dargestellt. 1. Als wichtigstes Ergebnis läßt sich feststellen, daß sich die schärfere der beiden Hypothesen (H2) sowohl in den Experimenten zum Objekt l als auch zur Klassenstufe 2 hoch-signifikant bewährt. Entgegen den Befunden der Hauptuntersuchung 1983 kann also nun angenommen werden, daß bei allen Klassenstufen zwischen l und 4 bei allen Objekten l bis 5 (bzw. 6) unabhängig von der Person des Versuchsleitersas Auswerten der für die Untersuchung herangezogenen Informationen eine geringere geistige Anforderung stellt als ihr konvergent denkendes Anwenden. 2 Wie in der Hauptuntersuchung 1983 fallen die Ergebnisse in den Gruppen B beider Untersuchungen noch deutlicher als in den Gruppen A aus. Vergegenwärtigt man sich daß ein Fall „Theo-plus" immer dann vorliegt, wenn die Versuchsperson eine Information zwar fehlerlos auswerten, aber nur noch fehlerhaft konvergent denkend anwenden kann, so wird eine unterrichtstechnologische Forderung der Systemtheoretischen Didaktik

Experiment zu	Ereignisse	Theo - *	Theo + *	p
Klasse 2 (Siegmund)	in A und B	2	21	0.001
	in A	2	10	0,019
	in B	0	11	0,001
Objekt 1 (Breyer)	in A und B	5	21	0,002
	in A	4	10	n. s.
	in B	1	11	0,003

Zusammenstellung der Ergebnisse zur Hypothese H 2 (fehlerloses Auswerten aber fehlerhaftes konvergentes Denken bei "kritischer Informationsmenge"). Die p-Werte wurden nach dem Binominal-Test bestimmt.

* Theo minus: Die Datenpaare widersprechen der Theorie
Theo plus : Die Datenpaare bestätigen die Theorie

Bild 7

bekräftigt, daß Schüler für sie schwierige, also informationsreiche Sachverhalte, die sie gerade erkannt haben, nicht - wie in der Schule üblich -anschließend sofort konvergent denkend umsetzen, sondern zuvor auswertend anwenden sollten. Durch das Auswerten wird der subjektive Informationsgehalt der erkannten Objekte reduziert und damit die Wahrscheinlichkeit für das erfolgreiche konvergent denkende Anwenden erhöht. Sollten sich ähnliche Befunde auch bei Vergleichsuntersuchungen mit anderen Unterrichtsobjekten und anderen Klassenstufen ergeben, so wäre eine systematische experimentelle Überprüfung der genannten technologischen These angezeigt.

3. Die in der Untersuchung von Breyer angefallenen Fehler der Versuchspersonen beim Auswerten gegenüber dem konvergenten Denken einerseits für die in der Hauptuntersuchung verwendeten Objekte 1.1 und 1.2, andererseits für das Objekt 1.3 unterscheiden sich signifikant. Die Anwendung des Chi-Quadrat-Tests für zwei unabhängige Stichproben ergibt einen Wert $p < 0.05$. Damit wird die eingangs aufgestellte Vermutung untermauert, daß die quantitative Ungleichgewichtung der Detail-Operationen bei den Objekten (1.1 und 1.2) der Hauptuntersuchung eine wichtige Ursache für die mangelnde Eindeutigkeit der Ergebnisse war.
4. Die Tatsache, daß sich durch die in den Abschnitten II und III dargestellten Modifikationen nun nicht nur tendenziell den Hypothesen entsprechende sondern auch sehr signifikante Befunde ergeben, läßt vermuten, daß man nur solche Sachverhalte deutlich leichter auswerten als konvergent denkend bewältigen kann, deren Schwierigkeitsgrad in beiden Fällen etwa vergleichbar ist. Anders ausgedrückt: Läßt man ein schwierigeres Objekt auswerten und ein leichteres Objekt konvergent denkend anwenden, so dürfte keine bessere Leistung beim Auswerten mehr erwartet werden.

5. Wegen der intensiven Bemühungen in der Untersuchung Siegmund, mit Hilfe des Organisationsschemas die Arbeitshypothese zu falsifizieren, hätte vermutet werden können, daß die Befunde weniger deutlich den theoretischen Vorhersagen entsprechen würden als in der mit geringerem Aufwand durchgeführten Untersuchung Breyer. Die Ergebnisse widersprechen dieser Vermutung. Dies kann als ein weiteres Indiz dafür angesehen werden, daß - bei sorgfältiger theoretischer Vorarbeit - Falsifikationsexperimente auch bei unterrichtswissenschaftlichen Fragestellungen signifikante Befunde zeitigen. Sie sollten daher als Prüfinstrument mit besonders hoher Aussagekraft viel häufiger zur Lösung anstehender Fragen eingesetzt werden.

Schrifttum

BREDENKAMP, J.: Theorie und Planung psychologischer Experimente. Darmstadt 1980

REMPLEIN, H.: Die seelische Entwicklung des Menschen im Kindes- und Jugendalter. München/Basel 1963

RIEDEL, H.: Vorbereitung eines Experiments zur Schwierigkeitsstufung von Internoperationen. grkg/H. 26, 3, 1985a, S. 99-110

RIEDEL, H.: Aufbau und Ergebnisse eines Falsifikationsexperiments zur Schwierigkeitsstufung von Internoperationen. grkg/H. 26, 4, 1985b, S. 163-176

SIEGMUND, A.: Empirische Untersuchung zum Anforderungsniveau von Aufgaben des Auswertens und konvergenten Denkens im Mathematikunterricht des 2. Schuljahres. WissenschaftlicheHausarbeit. Landesprüfungsamt Berlin. 1985

Eingegangen am 26. April 1986

Kontroleksperimentoj por konstati la gradon de malfacilo ce intemaj operacioj (resumo)

Prilaborado estas pli facüa pens-operacio öl konverga pensado. Tiu teoremo ne povis esti falsifi-kata en pli fruaj eksperimentoj. Pro diversaj kialoj la eksperimentoj ne Marigi« definitive, cu la teoremo sukcesas en ciuj pritraktitaj ago-stupoj kaj ce ciuj uzitaj objektoj en signifa maniero. Tiuj demandoj estas pritraktataj en pliaj eksperimentoj.