

Experiment über die Wirkung von Problemstellungen zu Beginn des Unterrichts

von Ingeborg BREYER, Harald RIEDEL, Frauke REICHARD, Berlin (D)

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

1. Vorbemerkungen

In grkg/H. 28/2, S. 64ff. hat H. Riedel sieben Hypothesen für ein Experiment über die Wirkung von Problemstellungen zu Beginn des Unterrichts lerntheoretisch und unterrichtspraktisch begründet, die im folgenden zusammengefaßt sind:

Wenn der Erkennensphase (im Unterricht) *eine Problemstellung* anstatt einer einfachen Zielangabe vorangeht,

H 1: werden *mehr* Schüler (unabhängig von ihrem Anfangszustand) die soeben erkannte Information konvergent denkend anwenden,

H 2: werden Schüler unabhängig von ihrem Anfangszustand die soeben erkannten Informationen *sicherer* konvergent denkend anwenden können, H 3: werden *mehr* Schüler mit *hohem* Anfangszustand die soeben erkannten Informationen konvergent denkend anwenden können,

H 4: werden Schüler mit *hohem* Anfangszustand die soeben erkannten Informationen *sicherer* konvergent denkend anwenden,

H 5: wird für Schüler mit *hohem* Anfangszustand die Gesamtunterrichtszeit *nicht länger* sein (eine genauere Operationalisierung des Anfangszustands folgt im weiteren Text),

H 6: wird für Schüler, die das Unterrichtsziel *ohne* zusätzliche *Hilfen* erreichen, die Gesamtunterrichtszeit *nicht länger* sein,

H 7: auch Schüler, die beim erstmaligen Versuch, die erkannten Informationen (im Unterricht) konvergent denkend anzuwenden, scheitern, werden (nach entsprechenden Hilfen) diese Leistung bei der Aufnahme des Endzustands erbringen.

2. Versuchsablauf

Zwei von uns (I. Breyer und F. Reichard) führten die Experimente in der Zeit vom 30.8.86 bis zum 11.12.86 in je zwei 3., 4. und 5. Klassen durch.¹

Insgesamt wurden 155 Schülerinnen und Schüler in den Versuch einbezogen. Zu Beginn der Untersuchungen stellten sich die Versuchsleiter den Schülern vor, erklärten die Durchführung der Versuche damit, daß Unterrichtsmaterialien für Unterrichts- und Hochschulzwecke überprüft werden sollten, und baten sie um ihre Mithilfe. Dabei wurde betont, daß es um die Eignung der Unterrichtsmaterialien, nicht aber um Beurteilung oder Kontrolle der subjektiven Leistungsfähigkeit ginge.

2.1 Aufnahme des Anfangszustands

Die eigentlichen Experimente wurden als Einzeluntersuchungen durchgeführt begannen mit der Aufnahme des Anfangszustands. Dazu wurden der Versuchs) "Filteraufgaben" präsentiert, die mit abnehmendem Schwierigkeitsgrad geordnet waren:

1. "rollende Magnete":

Ziel dieser Aufgabe ist, zu überprüfen, ob die Versuchspersonen Kenntnis den Dipol-Charakter von Magneten besitzen und diese Kenntnisse konvergent de anwenden können. Das Operationsobjekt besteht aus zwei Teilen:

1.1 ikonische Darstellung einer Situation, in der zwei Kinder mit jeweils drei einfarbigen Stabmagneten spielen (s. Bild 1).

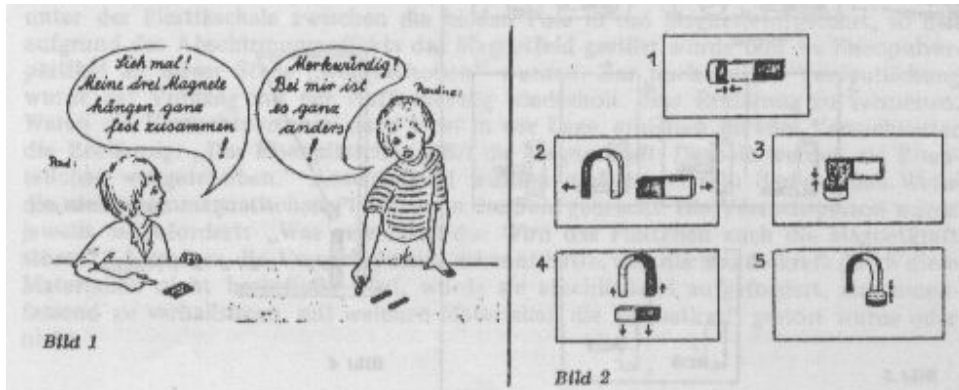
1.2 Zwei reale, einfarbige Stabmagnete, die entsprechend der Darstellung in nebeneinander gelegt werden, daß sie sich gegenseitig anziehen. Anschließend dreht der Versuchsleiter - für die Versuchsperson unbemerkt - einen der Magnete um, legt ihn wieder neben den anderen Magneten mit dem Effekt, daß sich beide Magnete abstoßen. Die Versuchsperson wird aufgefordert, die widersprüchlichen Situation erklären.

2. Magnetpaare:

Bei dieser Aufgabe soll überprüft werden, ob die Versuchspersonen Informationen über den Dipol-Charakter von

¹ Den beteiligten Schülern, Lehrern und Leitern der Conrad-Grundschule, Riemeister-Grundschule und Schweizerhof-Grundschule in Berlin-Zehlendorf danken wir für ihre Kooperation.

Magneten auswertend anwenden können. Das (Operationsobjekt enthält fünf ikonische Darstellungen verschiedener Magnetpaar sich jeweils anziehen oder abstoßen (s. Bild 2). Der Versuchsleiter erklärt die Bedeutung der Bewegungspfeile durch entsprechende Handbewegungen und erteilt den Auftrag: "Nenne die Bilder, die etwas Richtiges darstellen." (Teilbilder 1 und richtig).



3. Papp-Hochhaus:

Die Aufgabe erfordert das konvergent denkende Anwenden der Information "Magnetkraft wirkt durch verschiedene Stoffe hindurch". Das Operationsobjekt ist real. Eine schmale, hohe Pappschachtel, deren untere Seite offen ist (sie soll ein "Hoch repräsentieren), darunter eine Büroklammer aus Eisen, daneben eine flache, umgedrehte Schale (als flacher Hügel) und ein roter Stabmagnet (im Prinzip entsprechend B Versuchsleiter: "Das Papphaus soll von dir auf diesen Hügel transportiert werde Büroklammer soll trotzdem drinbleiben und darf nicht herauschauen. Du darfst das Haus anfassen und diesen Magneten zu Hilfe nehmen." Die Initiation wird Handbewegungen des Versuchsleiters unterstützt.

4. Transport-Variationen:

Die Aufgabe dient der Überprüfung, ob die Information "Magnetkraft wirkt durch verschiedene Stoffe hindurch" von der Versuchsperson auswertend angewendet werden kann. Das Operationsobjekt besteht aus fünf ikonischen Darstellungen, die die Situation der zuvor beschriebenen Aufgabe ("Papp-Hochhaus") variieren. Diesmal liegt die Büroklammer allerdings in einem "Glas-Hochhaus" (s. Bild 4. Richtig sind die Teilbilder 1, 4 und 5).

Die Aufnahme des Anfangszustands begann immer mit der Aufgabe 2 (Magnetpaare). Wurde die Aufgabe nicht bewältigt, folgte die leichtere Aufgabe Nr. 3. Bei richtiger Lösung der Aufgabe 2 folgte die schwierigere Aufgabe 1 (rollende Magnete). Wurde diese Aufgabe nicht gelöst, folgte trotzdem die leichtere Aufgabe 3 (Papp-Hochhaus) zum konvergent denkenden Anwenden. Mit diesem Vorgehen sollten einerseits die objektbezogenen Komponenten des Anfangszustands ("Dipol" und "Magnetkraft durch Stoffe hindurch") als auch die operationalen Komponenten (auswertendes bzw. konvergent denkendes Anwenden) des Anfangszustands bestimmt werden.

Die Versuchspersonen wurden sodann entsprechend ihren Leistungen, die sie bei den Filteraufgaben erbrachten, nach einem Parallelisierungsschlüssel entweder der Experimentalgruppe A oder der Gruppe B zugeordnet.

2.2 Erste Unterrichtsphase: Problemstellung bzw. Zielangabe

In der Gruppe A begann das eigentliche Experiment mit der Problemstellung. Das Operationsobjekt bestand aus einem Holzstativ, an dem eine mit einem Faden befestigte Büroklammer aus Eisen hing. Der Ort des Stativbodens, auf den die Büroklammer wies, war mit einem roten Punkt markiert. Der Versuchsleiter neigte den Stabmagneten soweit zur Büroklammer hin, daß die Büroklammer angezogen wurde. Anschließend wurde der Magnet wieder aufrechtgestellt, so daß die mit dem Faden verbundene Büroklammer in etwa 1 cm Abstand schräg über dem Magneten "schwebte" (vgl. Bild 4).

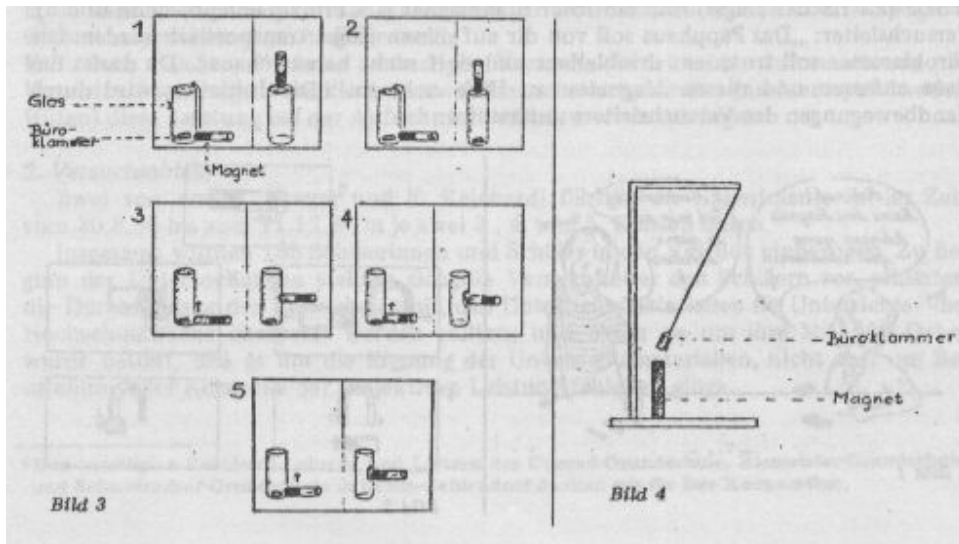
Neben dem Holzstativ lagen unter mehreren Gegenständen wie zufällig einige flache Gegenstände aus Eisen, z.B. Schlüssel, Schere, Eisenplättchen. Die Initiation lautete:

"Ich stelle dir nun eine Denksportaufgabe. Die Büroklammer soll wieder über dem roten Punkt baumeln. Wie könntest du das schaffen, ohne das Stativ, den Faden, die Büroklammer und ohne den Magneten zu berühren? Einfaches Wegpusten gilt auch nicht.

Wie in den Vorversuchen fehlten fast allen Versuchspersonen die notwendig Teilinformationen über "Abschirmung", ohne die sie den Lösungsweg nicht entwickeln konnten. Sie wurden also mit einem Problem konfrontiert, das nach den von Riedel (1987, S. 3) aufgeführten Merkmalen einen Schwierigkeitsgrad höchster Stufe besitzt. Nur eine einzige Versuchsperson besaß offensichtlich diese Teilinformation, war aber der Zusammenhang gerade dieser Information zum Lösungsweg nicht bewußt. Für sie hatte das Problem demgemäß die Schwierigkeitsstufe 3.

Den Versuchspersonen der Gruppe B wurde anstelle der Problemstellung nach < Realisation der "Filteraufgaben" das Unterrichtsziel bekanntgegeben: "Wir wollen jetzt mit Magnetkraft beschäftigen . . . Du hast ja schon einige

Erfahrungen r Magneten und Magnetkraft gemacht, z.B. bei Spielen oder während des Unterrichts. Die einzelnen Versuchspersonen erhielten dadurch die Möglichkeit, sich an Informationen über Magnetismus zu erinnern und sich darüber zu äußern. Die Initiation v absichtlich sehr offen gehalten, um der Versuchsperson Gelegenheit zu geben, auch il Erfahrungen aus dem Alltagsleben mitzuteilen.



2.3 Zweite Unterrichtsphase: Erkennen neuer Informationen

Der Problemstellung in Gruppe A und der Zielangabe in Gruppe B folgte die Erkennensphase, in der den Versuchspersonen die zur Lösung des Problems notwendig Teilinformationen vermittelt werden sollten.

Die Erkennensphase beinhaltete zwei Informationskomplexe: 1. Magnetfeld, 2. Störung des Feldes. Das Operationsobjekt für den ersten Informationskomplex s folgendermaßen aus: Ein Hufeisenmagnet, eine durchsichtige Schale, in die Eisenpulver gestreut wurde und die anschließend auf den Hufeisenmagneten gestellt wurde, so d sich das Magnetfeld in der entsprechenden Anordnung der Eisenpulverpartikel abbildete. Sofern die Versuchsperson das Phänomen nicht erklären konnte, erhielt : vom Versuchsleiter die Information, daß die Magnetkraft in allen Richtungen wirkt und sich die Eisenpartikelchen entsprechend dieser Richtung anordnen.

Für den zweiten Informationskomplex "Abschirmung" wurden den Versuchspersonen fünf schmale, flache Plättchen aus folgenden Materialien demonstriert: Eisen, Kupfer, Aluminium, Holz und Glas. "Wir wollen untersuchen, was mit der Magnetkraft passiert, wenn man sich mit diesen verschiedenen Plättchen dem Magnet nähert, ohne ihn zu berühren". Zunächst wurde das Eisenplättchen unmittelbar unter der Plastikschale zwischen die beiden Pole in das Magnetfeld geführt, so d aufgrund des Abschirmungseffekts das Magnetfeld gestört wurde und die Eisenpulverpartikel an dieser Stelle "weggeschoben" wurden. Zur nochmaligen Verdeutlichung wurde der Vorgang mit der Aufforderung wiederholt, eine Erklärung zu versuch« Waren die Versuchspersonen dazu nicht in der Lage, erhielten sie vom Versuchsleiter die Erklärung: "Das Eisenplättchen stört die Magnetkraft. Deshalb werden die Eisenpartikelchen weggeschoben." Anschließend wurden nacheinander in der gleichen Weise die nicht-ferromagnetischen Plättchen in das Feld gebracht. Die Versuchsperson wurde jeweils aufgefordert: "Was vermutest du: Wird das Plättchen auch die Magnetkraft stören?" Nachdem die Versuchsperson erkannt hatte, daß die Magnetkraft durch die Materialien nicht beeinflusst wird, wurde sie abschließend aufgefordert, zusammenfassend zu verbalisieren, mit welchen Materialien die Magnetkraft gestört wurde öd nicht.

2.4 Dritte Unterrichtsphase: konvergent denkendes Anwenden der erkannten Information (Erste Prüfphase)

Das Operationsobjekt für diese Phase entsprach jenem der Problemstellung ("Galgen-Versuch"). Nach Abschluß der Erkennensphase wurde der Versuchsperson von Gruppe A die Versuchsanordnung noch einmal demonstriert: "Ich erinnere dich nun noch einmal an die Aufgabe von vorhin. Du weißt, die Büroklammer soll wieder über dem roten Punkt baumeln. An dem Galgen darfst du nichts berühren. Andere Dinge darfst du anfassen. Kannst du nun eine Lösung nennen?" Wichtig ist, daß neben den zuvor verwendeten Materialien (unauffällig) noch andere aus Eisen bestehende Gegenstände wie Schere und Schlüssel in der Nähe des "Galgen" lagen. Damit sollte der Gefahr entgegengewirkt werden, daß die Versuchsperson zu sehr auf das Eisenplättchen als jenes Mittel fixiert wird, mit dem das Magnetfeld gestört werden kann. Die Versuchsperson mußte die erdachte Lösung zunächst verbal darstellen, dann durfte sie sie realisieren. Damit sollte verhindert werden, daß der erreichte Lernzustand durch zusätzliche Versuch-und-Irrtum-Handlungen am Operationsobjekt verdeckt wurde. Die Versuchspersonen der Gruppe B erhielten dasselbe Operationsobjekt, natürlich mit veränderter Initiation: "Ich stelle dir nun eine Denksportaufgabe!"

Für den Fall, daß die Versuchsperson die Lösung nicht durch konvergent denkendes Anwenden der zuvor erkannten Informationen über magnetisches Feld und seine Störung produzieren konnte, wurden - je nach Bedarf - bis zu vier

Hilfen in folgender Reihenfolge gegeben.

1. Die Versuchsperson wurde daran erinnert, an welcher Stelle und in welcher Richtung die Magnetkraft auf die Büroklammer wirkt.
2. Sie wurde aufgefordert, nochmals an den Ablauf des Versuchs zu denken.
3. Sie wurde daran erinnert, welche Wirkungen die verschiedenen Materialien auf das Magnetfeld hatten.
4. Sie wurde daran erinnert, daß das Magnetfeld durch das Material "Eisen" gestört worden war. Das System von Hilfen diente gleichzeitig folgenden Zwecken:
 - Der Versuchsperson sollte soweit als möglich der Eindruck vermittelt werden, daß sie das Problem letztendlich aus eigener Kraft löste (Motivation für weitere Untersuchungen)
 - Der Stellenwert der letzten Hilfe konnte gleichzeitig als Meßgröße verwendet werden. Anstatt auf der 2er-Skala (Aufgabe gelöst - nicht gelöst) konnten wir differenzierter auf einer 5er-Skala messen.

2.5 Zweite Prüfphase

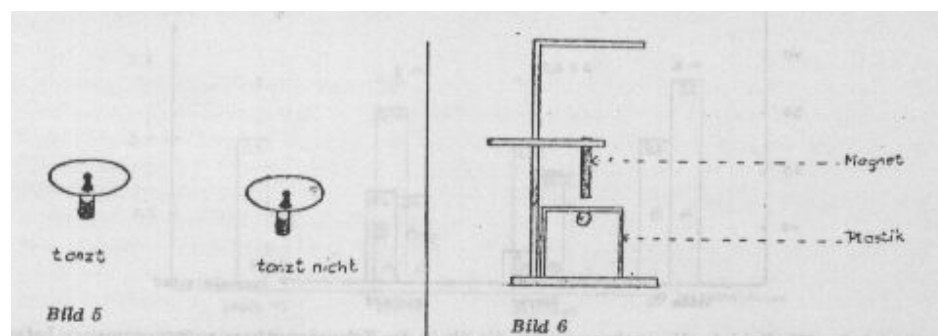
Den theoretischen Hintergrund der unter Punkt 1 aufgeführten Hypothese H7 wurde a.a.O. ausführlich dargestellt (Riedel 1987, S. . . .), der sich so zusammenfassen läßt: Lernpsychologisch muß zwischen "lernen" und "leisten" unterschieden werden. Ideologisch-pädagogisch stellt die Systemtheoretische Didaktik die Forderung, Schüler nur hinsichtlich solcher Fähigkeiten zu überprüfen und zu beurteilen, die durch den vorangegangenen Unterricht effektiv erworben sein können. Die Problemstellung als erstmalige Gelegenheit für den Lernenden, die erkannten Informationen konvergent denkend anzuwenden, ist so gesehen noch dem Lernvorgang zuzuordnen. Eine Leistungsmessung erforderte demgemäß eine weitere Aufgabenstellung (zur Aufnahme des "Endzustands"). Dazu wurden folgende reale Operationsobjekte verwendet: 1. Eine kleine, mit Eisen gefüllte Spielfigur (Püppchen), die auf einer runden Plastikscheibe (Tanzboden) steht, wird mit einem unter der Plastikscheibe befindlichen Magneten bewegt: "Das Püppchen tanzt auf diesem Tanzboden, wenn ich unter de Boden den Magneten bewege." Es wird klargestellt, daß das Püppchen Eisen enthalten muß.

2. Die Figur wird auf eine andere, ebenfalls runde Scheibe gestellt. Die Bewegung« des Magneten unterhalb der Scheibe führen nicht zu Tanzbewegungen: "Nach ein Weile geht das Püppchen auf einen anderen Tanzboden. Hier tanzt es nicht. Erkläre, warum in diesem Falle das Püppchen nicht tanzt (s. Bild 5). Falls die Schülerantwort nicht eindeutig darauf hinweist, wird anschließend die Frage gestellt: "Aus welche Material besteht der zweite Tanzboden?"

Die Aufgabe erforderte vom Lernenden neuerliches konvergent denkendes Anwenden der erkannten Informationen (im Sinne von Piaget/Aebli: reversibles Denken Denn die Situation war gegenüber dem "Galgenversuch" verändert. Beim Galgenversuch mußte ein vorhandenes Magnetfeld gestört werden; bei der Aufnahme des Endzustands dagegen konnte die Situation nur dadurch erklärt werden, daß das Magnetfeld bereits gestört worden war, und zwar durch das Material Eisen.

2.6 Dritte Prüfphase

Drei Wochen nach dem Experiment wurde eine Nachuntersuchung durchgeführt. Es sollte überprüft werden, ob und in welchem Ausmaß die gelernten Information! von den Schülern nach einem längeren Zeitraum noch erinnert und konvergent denke: angewendet werden konnten. Die Nachuntersuchung erfolgte im Klassenverband. D raus ergab sich die Anforderung an die Aufgabenstellung, neben einem realen Objekt für die gesamte Klasse zusätzlich ein gemischt ikonisch-nichtikonisches Operationsobjekt für jeden Schüler zu verwenden. Dementsprechend bestand das Operationsobjekt aus drei Teilen.



1. Lehrerzählung mit dem impliziten Problem: "Der Groschen soll herunterfallen!"
2. Ein Versuch ("Groschen-Hänge-Maschine"): Ein Magnet, durch eine Holzklammer an einem Holzstativ befestigt, befand sich über einer waagerechten Glasplatte, unter der (von der Magnetkraft angezogen) eine Münze hing (s. Bild 6).
3. Ein Aufgabenblatt, das die ikonische Darstellung des Versuchsaufbaus und folgende Fragen enthält:
 - Was brauchst du?
 - Was tust du damit?
 - Warum fällt die Münze herunter?

Die Fragen sollten von jedem Schüler einzeln schriftlich und stichwortartig beantwortet werden.

3. Ergebnisse

Die wichtigsten Daten sind in den Bildern 7 bis 14 zusammengefaßt. Die zu den Hypothesen H2 und H4 (Hilfen) sowie zu den Hypothesen H5 und H6 (Unterrichtszeit) gewonnenen Rohdaten liegen auf Ordinalskalen-Niveau. Da sie aus unabhängigen Stichproben (Problemstellung bzw. Zielangabe) gewonnen wurden, die Anzahl der Versuchspersonen der einzelnen Gruppen jedoch leicht unterschiedlich war, wurden die Rohdaten mit dem nach Siegel (1976) stärksten dafür in Frage kommenden statistischen Test überprüft, dem Mann-Whitney-U-Test. Die Rohdaten zu den Hypothesen H1 und H3 konnten nur mit dem Chi-Quadrat-Test überprüft werden, da sie lediglich auf Nominalskalen-Niveau gewonnen wurden.

Die Hypothesen H1 und H2 sollten dasselbe Technorem mit unterschiedlichen Meßinstrumentarien (Fähigkeit zum sofortigen richtigen konvergent denkenden Anwenden bzw. Anzahl notwendiger Hilfen) überprüfen. Demzufolge wurde erwartet, daß der Unterrichtserfolg in Gruppe A, und zwar unabhängig vom Anfangszustand, besser als in Gruppe B ist (vgl. Riedel 1987, S. 67).

Insgesamt wird das Technorem durch die zu H1 und H2 gewonnenen Daten nicht verifiziert.

- Zu H1:

Zwar entsprechen die Daten aus Bild 7 tendenziell den Erwartungen: in Gruppe A gibt es mehr Schüler, die den "Galgenversuch" durch konvergent denkendes Anwenden der zuvor erkannten Information sofort bewältigen konnten, als in Gruppe B. Jedoch unterscheiden sich die Leistungen der Schüler aus Gruppe A gegenüber denen der Schüler aus Gruppe B signifikant nur in jener Untergruppe von Versuchspersonen, die von der VL I. Breyer unterrichtet wurden. Demgegenüber lassen sich bei den Schülern der VL F. Reichard keine Unterschiede feststellen.

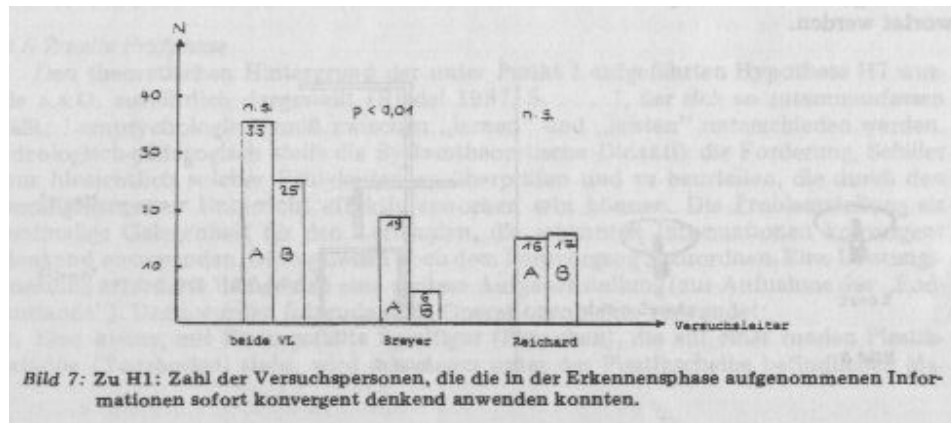


Bild 7: Zu H1: Zahl der Versuchspersonen, die in der Erkennensphase aufgenommenen Informationen sofort konvergent denkend anwenden konnten.

- Zu H2:

Betrachtet man die Anzahl der Hilfen in Bild 8, die notwendig waren, bevor die Versuchspersonen den "Galgenversuch" bewältigen konnten, so fällt das Ergebnis deutlicher zugunsten der Gruppe A aus ($p < 0,08$). Jedoch bleibt auch hier die Diskrepanz zwischen den Ergebnissen der Versuchsleiterinnen Breyer und Reichard bestehen.

Vp	n	Hilfen	Bessere Gruppe	p
beide	A 78	2,24	A	0,08
	B 77	2,48		
Breyer	A 40	2,2	A	0,02
	B 38	2,58		
Reichard	A 38	2,29	A=B	ns
	B 39	2,28		
3. Kl.	A 24	3,04	B	ns
	B 26	2,59		
4. Kl.	A 27	2,04	A	ns
	B 25	2,32		
5. Kl.	A 26	1,83	A	0,02
	B 25	1,44		

Bild 8: Zu H2: Anzahl der Hilfen H, die zum konvergent denkenden Anwenden gegeben werden mußten

Die Analyse der Daten hinsichtlich der Klassenstufen erbringt eine wichtige Zusatzinformation (vgl. auch Bild 10): In Klasse 3 ist die Gruppe B tendenziell besser als Gruppe A, in Klasse 4 bereits A tendenziell besser als B, und in Klasse 5 benötigende Schüler aus A signifikant weniger Hilfen als die Schüler aus Gruppe B ($p < 0.02$). Die Daten, die aus der Messung des Endzustands und aus dem Nachtest gewonnen wurden, zeigen keine Unterschiede zwischen den Leistungen der Versuchspersonen in Gruppe A und Gruppe B.

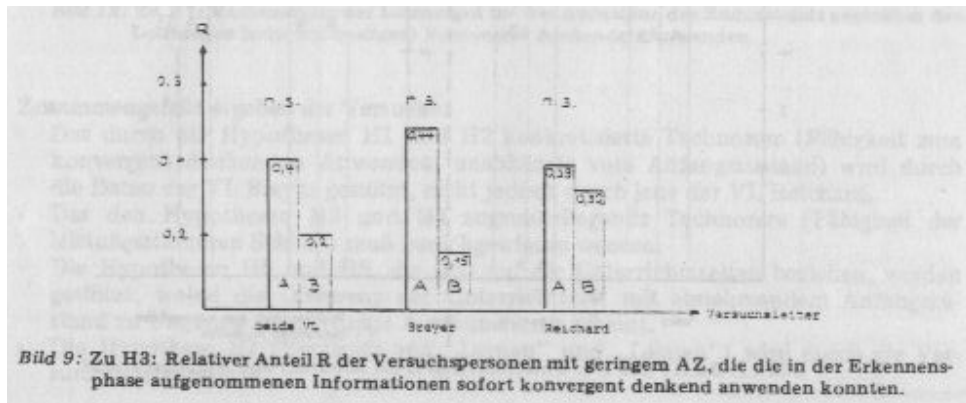
Die Hypothesen H3 und H4 forderten, daß der Unterrichtserfolg bei den Schülern mit hohem Anfangszustand in den Gruppen A besser als in den Gruppen B ist (vgl. H. Riedel 1987, S. 69). Auch diese Erwartung wurde durch das Experiment nicht verifiziert.

Aufgrund der in Abschnitt 2 Punkt 1 beschriebenen Filteraufgaben konnten grundsätzlich fünf Anfangszustände unterschieden werden. Von den 155 Versuchspersonen fielen allerdings nur 5 in die Kategorie AZ 2, und jeweils 8 in die Kategorien AZ 4 und AZ 5. Dementsprechend wurden die Daten der Versuchspersonen mit dem Anfangszustand AZ 1 der Kategorie "hoher Anfangszustand" zugeordnet und die Daten der Schüler mit AZ 3 der Kategorie "geringer Anfangszustand".

- Zu H3:

Im Gegensatz zur Forderung von H3 war der relative Anteil der Schüler mit hohem Anfangszustand, die die erkannten Informationen sofort konvergent denkend im "Galgenversuch" anwenden konnten, in beiden Gruppen etwa gleich hoch. Demgegenüber konnte diese Leistung von den Schülern mit geringerem Anfangszustand deutlich häufiger aus Gruppe A als Gruppe B erbracht werden (vgl. Bild 9).

Allerdings sind die Befunde nicht signifikant. Im Gegensatz zu den von VL Breyer gewonnenen Daten sind die Ergebnisse der VL Reichard in beiden Gruppen etwa gleich.



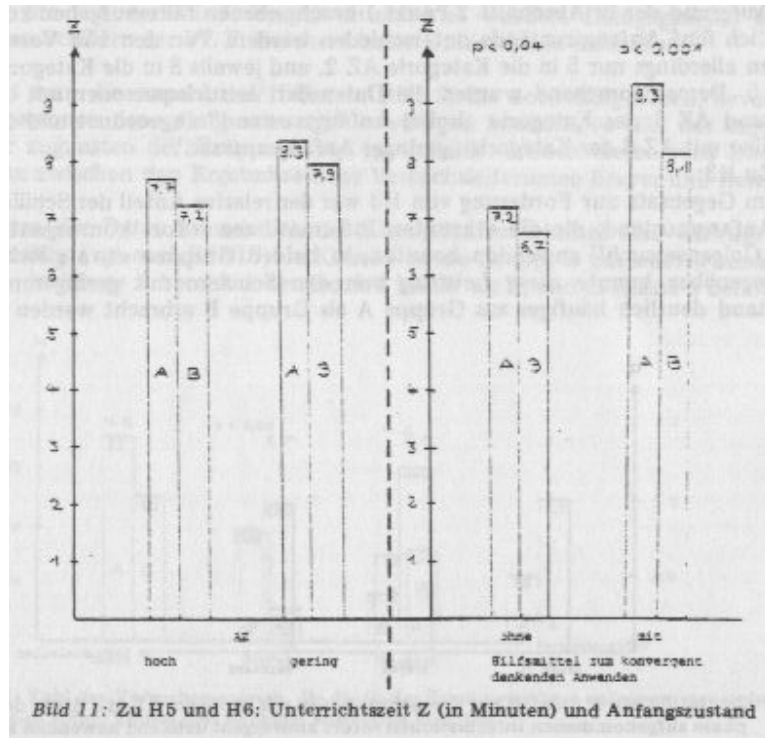
ZuH4:

Auch hier unterscheiden sich die Werte der Schüler mit hohem Anfangszustand nur unwesentlich. Bei den Schülern mit geringerem Anfangszustand sind die in H3 nur tendenziellen Unterschiede allerdings überzeugend: Die Schüler aus Gruppe A benötigen signifikant weniger Hilfen als jene aus Gruppe B. Das gilt in besonders hohem Maß für die von Breyer unterrichteten Schüler (s. Bild 10).

VL \ AZ	beide		Breyer		Reichard	
	A	B	A	B	A	B
hoch	1.37	1.46	1.57	1.67	1.57	1.4
gering	2.24	2.85	2.31	2.77	2.17	2.5
	$p < 0.04$		$p = 0.05$		n.s.	

Bild 10: Zu H4: Anzahl der Hilfen, die zum konvergent denkenden Anwenden gegeben werden mußten

ZuH5:



VL	messung	konvergent denkend anwenden ("Gelgen"-Versuch)		Endzustand (höchste Punktzahl)	Leistungsverbesserung	p
		ohne Hilfen	mit Hilfen			
beide		58	97	57	59 %	< 0,05
Breyer		25	53	24	45 %	ns
Reichard		33	44	33	75 %	< 0,01

Bild 12: Zu H7: Verbesserung der Leistungen bei der Aufnahme des Endzustands gegenüber den Leistungen beim (erstmaligen) konvergent denkenden Anwenden

Zusammengefaßt ergeben die Versuche:

- Das durch die Hypothesen H1 und H2 konkretisierte Technorem (Fähigkeit zum konvergent denkenden Anwenden, unabhängig vom Anfangszustand) wird durch die Daten der VL Breyer gestützt, nicht jedoch durch jene der VL Reichard.
- Das den Hypothesen H3 und H4 zugrundeliegende Technorem (Fähigkeit der leistungsstärkeren Schüler) muß zurückgewiesen werden.
- Die Hypothesen H5 und H6, die sich auf die Unterrichtszeiten beziehen, werden gestützt, wobei die Differenz der Unterrichtszeit mit abnehmendem Anfangszustand zu Ungunsten der Gruppe A zuzunehmen scheint.
- Die Hypothese H7 (Vergleich von "Lernen" und "Leisten") wird durch die Versuchsdaten gestützt.

4. Diskussion

Im Unterschied zur Unterrichtstheorie von H. Aebli haben wir den Versuch gemacht, die isolierte Wirkung einer Problemstellung zu Beginn des Unterrichts festzustellen. Bei Aebli (1966, S. 95ff) ist die Problemstellung ein (zwar wichtiges, aber für sich nicht allein wirkendes) Element, das "als Plan einer effektiven Handlung" bzw. "als Plan praktischen Handelns" zur Ausführung zunächst externer Operationen, sodann zu einer schrittweisen Verinnerlichung führen soll.

Die Systemtheoretische Didaktik übernimmt die Aebli'sche Grundidee, sieht Problemstellungen aber differenzierter unter folgenden Aspekten:

- Problemstellungen lassen sich nicht zu beliebigen Unterrichtsobjekten bzw. Unterrichtszielen erzeugen (vgl. Riedel 1987, S. 64).
- Problemstellungen sind unabdingbar für den Erwerb von Unterrichtsobjekten durch die Lernprozesse "Relationentransfer" und "Elemententransfer" (vgl. E. König/ H. Riedel 1979, S. 80-103 und S. 175-183).
- Problemstellungen sind innerhalb des Lernprozesses "bewußte Imitation" nicht unabdingbar, weisen anderen Unterrichtseröffnungen gegenüber jedoch wesentliche Vorzüge auf (vgl. Riedel 1987, S. 1 f).

Demgegenüber wird von praktizierenden Lehrern häufig ins Feld geführt,

- daß Problemstellungen zusätzliche Mühe und Zeit bei der Vorbereitung des Unterrichts kosten,
- unzumutbaren Zeitaufwand während des Unterrichts bedingen (Riedel 1987, S.64).

Aus Sicht der Systemtheoretischen Didaktik war es deshalb notwendig, anstatt eines Vergleichs vollständiger "Unterrichtsmethoden", wie ihn Aebli (vgl. S. 123ff) vornahm, lediglich die Variable "Unterrichtseröffnung" zu variieren, jedoch alle anderen Variablen, insbesondere Intern- und Externoperationen, Operationsobjekte, Interaktionen, Hilfsmittel, Organisationen und indirekte Initiationen konstant zu halten. Kritiker mögen bezweifeln, daß eine so minimale Veränderung von Unterrichtsbedingungen grundsätzlich unterschiedliche Wirkungen zeitigen kann. Denn sicherlich spielen auch nicht kontrollierbare Einflüsse eine Rolle, z.B. die Persönlichkeit der Versuchsleiter, so sehr sie sich auch bemühen mögen, den Unterricht entsprechend den Vorgaben und Festlegungen zu realisieren, ebenso die unterschiedlichen Vorerfahrungen von Schülern, die durch die Filteraufgaben nicht erfaßt werden können, auch unterschiedliche Konditionierungszustände aufgrund bisherigen Unterrichts.

Zum 2. Argument gegen die Problemstellung läßt sich folgendes sagen: Unsere (technologischen Labor-)Versuche spiegeln selbstverständlich nicht die Bedingungen der Unterrichtspraxis wider. Insbesondere fällt ins Gewicht, daß bei uns Einzelunterricht anstatt Unterricht im Klassenverband erteilt wurde. Auch unter diesen Bedingungen benötigten die Schüler der Gruppe A tatsächlich mehr Unterrichtszeit als jene der Gruppe B. Der Unterschied beträgt 7,7% bei einem Signifikanzniveau von $p < 0.01$.

Dieser Zeitverlust könnte als völlig unbedeutend hingenommen werden, wenn die von Riedel 1987, S. 1 f, aufgeführten didaktischen Vorteile der Problemstellung empirisch nachgewiesen wären. Unsere Untersuchung beschäftigte sich lediglich mit einem dieser Vorteile, nämlich der größeren Fähigkeit zur Anwendung der gelernten Informationen. Nun ergeben unsere Experimente lediglich tendenzielle, nicht dagegen die wünschenswert signifikanten Leistungsunterschiede zugunsten der Gruppe A beim konvergent denkenden Anwenden. Daher müssen die Hypothesen H1 und H2 nochmals in weiteren technologischen Experimenten überprüft werden. Wünschenswert wäre außerdem, die in der Literatur beschriebenen Vorzüge der Problemstellung als eigenständige Theoreme in speziell dazu entworfenen Untersuchungen einer Überprüfung durch Falsifikationsexperimente zu unterziehen.

Die Hypothesen H5 und H6 machen Aussagen über die Unterrichtszeiten nur bezüglich der leistungsstärkeren Schüler. Hier zeigt sich, daß die Unterrichtszeiten bei A nur tendenziell geringfügig länger sind. Im Vergleich dazu scheint uns aber die Zeiteinbuße von 13% ($p < 0.001$) der "leistungsschwächeren" Schüler aus Gruppe B besonders wesentlich.

Allerdings besagen die Daten aus Bild 9, stärker noch jene aus Bild 10, daß gerade diese (leistungsschwächeren) Schüler der Gruppe A gegenüber jenen der Gruppe B leistungsmäßig im Vorteil sind.

Daß die Hypothesen H1 und H2 durch unsere Untersuchungen ggf. nicht verifiziert werden würden, hatten wir trotz der gegenteiligen Ergebnisse aus Vorversuchen durchaus bedacht (vgl. Riedel 1987, S. 67) und dann die höhere Leistungsfähigkeit von A gegenüber B jener Schüler mit höherem Anfangszustand vorausgesagt. Dabei waren wir von der Annahme ausgegangen, daß die Schüler mit geringerem Anfangszustand

- durch die Problemstellung aufgrund von Überforderung eher verwirrt und entmutigt würden,
- nicht in der Lage wären, anhand der Problemstellung jene Merkmale des Operationsobjekts zu erkennen, die das Unterrichtsziel repräsentieren (vgl. Riedel 1987, S.67). Bereits während der Realisation der Versuche wurde deutlich, daß diese Annahmen

nicht zuträfen. Andererseits hatten wir erwartet, daß die Unterrichtserfolge bei den Versuchspersonen aus A besser als bei jenen aus B sein würden, da die Schüler durch die Problemstellung zu Beginn des Unterrichts

- hinsichtlich ihrer Aufmerksamkeit in "konkreter und leicht faßbarer Form in Richtung auf das Unterrichtsziel . . ." und damit auf die wesentlichen Elemente der Operationsobjekte gesteuert werden,
- der "Suchraum" bei der Aufgabe "Galgenversuch" zum konvergent denkenden Anwenden der erkannten Information eingengt werden würde.

Diese Annahmen werden durch die experimentellen Befunde gestützt. Es ist durchaus plausibel, daß die Schüler mit hohem Anfangszustand aus Gruppe B der o. g. Erleichterungen in geringerem Maße bedurften, was dazu führte, daß kaum Leistungsunterschiede zwischen A und B festzustellen waren.

Dagegen dürften die genannten Momente besonders den Schülern mit geringerem Anfangszustand das konvergent denkende Anwenden der zuvor erlernten Informationen erleichtert haben. Das läßt sich jedenfalls aus Bild 9 interpretieren und nach den Daten aus Bild 10 für die Gesamtgruppe und für die von Versuchsleiterin Breyer unterrichteten Schüler als signifikant feststellen.

Die Daten der Versuchsleiterin Reichard entsprechen zwar tendenziell diesen Befunden, doch bleibt die Frage, warum nicht auch in dieser Untergruppe signifikante Leistungsunterschiede zugunsten A resultierten. Denn beide Versuchsleiterinnen hatten sich bemüht, soweit irgend möglich, ihre Versuche gleichartig und entsprechend den Festlegungen hinsichtlich organisatorischer Maßnahmen und indirekter Initiationen durchzuführen.

Wir haben daher nach Abschluß der Experimente analysiert, welche systematischen Störungen möglicherweise die Untersuchungen haben beeinflussen können:

- Ausnahmebedingungen des experimentellen Unterrichts:

Beide Versuchsleiterinnen bestätigten, daß der Unterricht allein aufgrund der auffälligen und insbesondere realen Operationsobjekte für die Schüler eine Sondersituation dargestellt hat, wie aus der relativ hohen Motivation zu beobachten war.

Möglicherweise kann sich der hohe Grad an Motivation stärker als die Problemstellung gegenüber der Zielangabe auf die Leistung ausgewirkt haben. Wie sich später herausstellte, waren die Schüler der VL Breyer an Sondersituationen wie Besuche aus der Hochschule, Fernsehaufnahmen und dergl. bereits gewöhnt. Dies traf für die von VL Reichard untersuchten Schüler nicht zu, so daß bei ihnen der Motivationseffekt möglicherweise höher und die Leistungsdifferenz von A zu B geringer hat ausfallen können.

Unerwünschter zwischenzeitlicher Informationsfluß:

Um zu verhindern, daß nachfolgende Schüler in ihrer Leistung durch die Erfahrungen der zuvor untersuchten Schüler beeinflusst würden, wurden die Schüler dazu angehalten, das Unterrichtsgeschehen als "Geheimnis" zu bewahren. Soweit von den Versuchsleiterinnen festgestellt werden konnte, wurde dieses Gebot auch immer eingehalten. Das wird auch von der Tatsache belegt, daß nur einer der 78 Schüler aus Gruppe A das zu Beginn des Unterrichts vorgelegte Problem ("Galgenversuch") sofort lösen konnte. Außerdem ist es unwahrscheinlich, daß Schüler, die die notwendigen Informationen über die Aufgabe des Endzustands oder den Galgenversuch bereits zu Beginn der Untersuchung besessen haben, die ganze Unterrichtszeit hindurch den "Nichteingeweihten" zu spielen vermochten. Im übrigen hätte sich die "verbotene" Weitergabe von Informationen bei beiden Versuchsleiterinnen gleichartig auswirken müssen.

Praktizierter Unterrichtsstil:

Es ist schwierig zu beurteilen, ob Ergebnisse dadurch beeinflusst wurden, daß die von Reichard untersuchten Schüler (der Conrad- und Riemeister-Schule) weniger gewöhnt sind, bereits zu Anfang des Unterrichts Aufgaben zum konvergent oder gar divergent denkenden Anwenden zu erhalten.

Kurzzeitigkeit

Der experimentelle Unterricht war einschließlich der Aufnahme von Anfangs- und Endzustand mit etwa 15 - 20 Minuten relativ kurz gegenüber der durchschnittlichen Unterrichtsstunde von 45 Minuten. Jedoch kann davon ausgegangen werden, daß die unterrichtliche Wirkung aufgrund der verwendeten Operationsobjekte, der dadurch bedingten Konzentration von Operationen und der Menge zu erkennender Informationen inhaltlich mit der einer üblichen Unterrichtsstunde vergleichbar ist. Außerdem dürfte zu erwarten sein, daß das psychologische Moment der Problemstellung, zielbewußtes Denken und Handeln zu initiieren, eher in einem kürzeren als in einem längeren Zeitraum nachzuweisen ist.

Validität der Meßinstrumente

Zwar haben die "Filteraufgaben" nicht die erwartete Differenzierung in fünf sondern nur in zwei Kategorien erbracht. Jedoch zeigt der Vergleich der Durchschnittswerte aus Bild 10, daß die Versuchspersonen mit höherem Anfangszustand in beiden Gruppen deutlich höhere Leistungen erbrachten als die Schüler mit geringerem Anfangszustand. Das gilt unabhängig davon, ob die Leistung in der ersten oder zweiten Prüfphase gemessen wurde.

Entwicklungspsychologische Faktoren

Wir führten unsere Versuche mit Schülern der 3., 4. und 5. Klasse durch. Entsprechend lag das Lebensalter zwischen 8 und 12 Jahren. Nun verlangten die Versuche das konvergent denkende Anwenden von Informationen in einer Weise, die voraussetzt, daß die Versuchspersonen bereits die Stufe der "formalen Operation" (nach Piaget) erreicht haben. Zwar wissen wir, daß es stark von den soziokulturellen Einflüssen abhängt, wann ein Kind zu dieser Operationsstufe gelangt, so daß eine Festlegung auf ein bestimmtes Lebensalter nicht erfolgen kann. Dennoch ist die Wahrscheinlichkeit groß, daß die Drittklässler in geringerem Maße zu formalen Operationen befähigt sind als etwa die Fünftkläßler. Demzufolge ist es interessant, die Leistungen nach Klassenstufen getrennt zu betrachten (vgl. Bild 13 und 14).

Es zeigt sich, daß die Anzahl der Hilfen zum konvergent denkenden Anwenden in Gruppe A von der 3. zur 5. Klasse hin abnehmen und daß die bei der Messung des Endzustands erworbenen Punkte ansteigen. Wichtiger noch für unsere Fragestellung aber ist, daß beide Leistungen der Drittklässler im Durchschnitt höher in B als in A sind (beim Endzustand sogar signifikant $p < 0,04$). Im 4. Schuljahr sind die Leistungen der Schüler aus A bereits tendenziell besser als in B. In der 5. Klasse ergibt sich ein signifikanter Unterschied zugunsten von A ($p < 0,02$) nach der Anzahl der Hilfen. Wären alle Unterschiede signifikant, so ließe sich folgern, daß der Leistungsunterschied zugunsten der Problemstellung mit wachsendem Lebensalter (zwischen 8 und 12 Lebensjahren) zunimmt. Jedenfalls müßte eine entsprechende Hypothese experimentell überprüft werden.

Aus diesem Befund läßt sich allerdings keinesfalls ableiten, daß Problemstellungen in den ersten drei Klassenstufen hinsichtlich der Anwendungsleistung unterlegen seien. Dazu bedürfte es weiter Untersuchungen mit völlig anderen Unterrichtsobjekten.

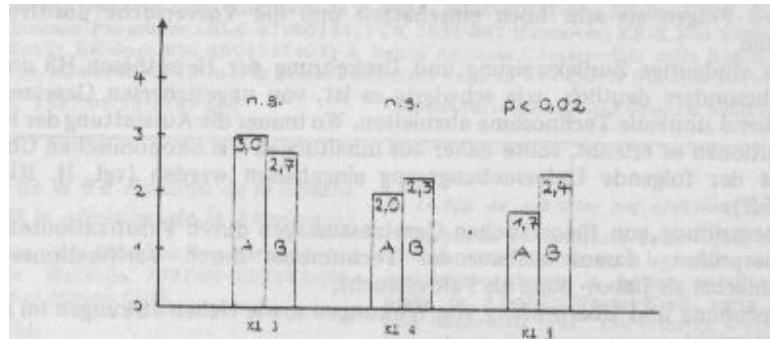


Bild 13: Anzahl der notwendigen Hilfen H und Klassenstufe

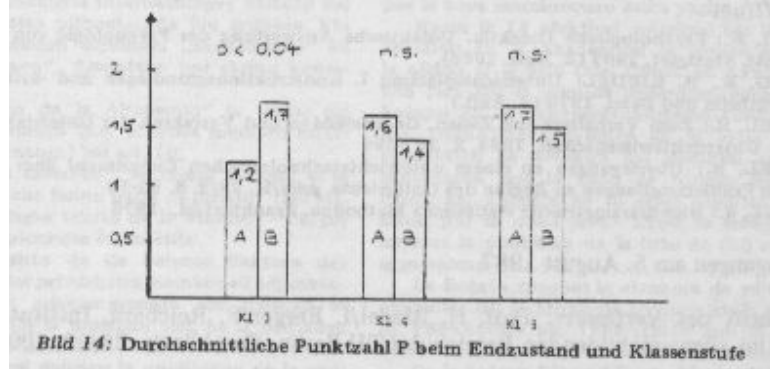


Bild 14: Durchschnittliche Punktzahl P beim Endzustand und Klassenstufe

5. Abschließende methodologische Bemerkung

Da die theoretischen Annahmen über die vorteilhaften Wirkungen von Problemstellungen nicht ausreichend empirisch überprüft sind, stellte die Durchführung dieses darauf aufbauenden technologischen Experiments ein Wagnis dar. Wir haben die entsprechenden Risiken auf uns genommen, weil wir die praktische Bedeutung der untersuchten Fragen als sehr hoch einschätzen und die Vorversuche positive Resultate zeitigten.

Die eindeutige Zurückweisung und Umkehrung der Hypothesen H3 und H4 zeigt aber besonders deutlich, wie schwierig es ist, von ungesicherten Gesetzesannahmen ausgehend sinnvolle Technoreme abzuleiten. Wo immer die Ausstattung der Forschungsinstitutionen es erlaubt, sollte daher aus inhaltlichen wie ökonomischen Überlegungen heraus der folgende Untersuchungsgang eingehalten werden (vgl. H. Riedel 1984, S. 375ff):

- Überprüfung von theoretischen Gesetzesaussagen durch Falsifikationsexperimente,
- Überprüfung darauf aufbauender Technoreme durch Verifikationsexperimente (zunächst als Labor- dann als Feldversuch),
- Erprobung und Überprüfung von Wirkungen sowie Nebenwirkungen im praktischen Unterricht.

Schrifttum

- AEBLI, H.: Psychologische Didaktik. Didaktische Auswertung der Psychologie von Jean Piaget. Klett, Stuttgart, 1962 (2. Aufl. 1966). KONIG, E., H. RIEDEL: Unterrichtsplanung I. Konstruktionsgrundlagen und -kriterien. Beltz, Weinheim und Basel. 1979 (2. Aufl.) RIEDEL, H.: Zum Verhältnis von Zielen, Gegenständen und Verfahren der Unterrichtsforschung. In: Unterrichtswissenschaft, 1984, S. 367-386 RIEDEL, H.: Überlegungen zu einem unterrichtstechnologischen Experiment über die Wirkung von Problemstellungen zu Beginn des Unterrichts. grkg/H. 28/2, S. 63-72 SIEGEL, S.: Nichtparametrische statistische Methoden. Frankfurt/M., 1976

Eingegangen am 5. August 1987

Anschrift des Verfassers: Prof. H. Riedel/I. Breyer/F. Reichard, Institut für Unterricht im allgemeinbildenden Bereich der TU Berlin, Franklinstr. 28/29, 1000 Berlin 10