

Dörr, Günter

Analogiegeleitete Schemainduktion. Experimentelle Überprüfung transfererleichternder Maßnahmen

Unterrichtswissenschaft 19 (1991) 2, S. 121-134



Quellenangabe/ Reference:

Dörr, Günter: Analogiegeleitete Schemainduktion. Experimentelle Überprüfung transfererleichternder Maßnahmen - In: Unterrichtswissenschaft 19 (1991) 2, S. 121-134 - URN: urn:nbn:de:01111-pedocs-296970 - DOI: 10.25656/01:29697

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:01111-pedocs-296970>

<https://doi.org/10.25656/01:29697>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Unterrichtswissenschaft

Zeitschrift für Lernforschung
19. Jahrgang / Heft 2 / 1991

Thema:

Induktives Denken

Verantwortlicher Herausgeber:
Norbert M. Seel

Norbert M. Seel, Frank R. Dinter:
Induktives Denken und Analogiebildung 98

Alessandro Antonietti:
Die Nutzung von Analogien beim Induktiven Denken 111

Günter Dörr:
Analogiegeleitete Schemainduktion —
Experimentelle Überprüfung transfererleichternder Maßnahmen 121

Karl Josef Klauer:
Erziehung zum induktiven Denken —
Neue Ansätze der Denkerziehung 135

Allgemeiner Teil

Gudrun-Anne Eckerle, Bernhard Kraak:
Kausale Landkarten —
Ein Weg zur Nutzung wissenschaftlichen Wissens
für pädagogisches Handeln 152

Franz Kolland:
Intergenerationelles Lernen:
Ein Paradigma (?) auf dem Prüfstand 167

Buchbesprechungen 187

Günter Dörr

Analogiegeleitete Schemainduktion — Experimentelle Überprüfung transfererleichternder Maßnahmen

Analogy-Guided Schema-Induction: An Experimental Examination of Transfer-Facilitating-Procedures

N = 60 Studenten wurden durch Zufall auf sechs Gruppen verteilt. Jeweils zwei Gruppen bearbeiteten drei Aufgaben, die sie in die Lage versetzen sollten, entweder ein weites abstraktes Schema, ein enges Schema oder ein mentales Modell der Problemlösung zu erwerben. Die Aufgaben, die zu bearbeiten waren, waren sämtlich semantische Paradoxien. Nach dem Bearbeiten der Aufgaben mußten die Vpn ein Problem lösen, das entweder nur strukturell analog oder zusätzlich inhaltlich ähnlich zu den vorher bearbeiteten Aufgaben war. Die Ergebnisse weisen darauf hin, daß nur ein weites abstraktes Schema den Transfer auf ein zwar strukturell analoges, inhaltlich jedoch unähnliches Problem erlaubt. Andererseits gelang der Transfer auf inhaltlich ähnliche und strukturell analoge Probleme allen Gruppen, unabhängig davon, ob ein weites Schema, ein enges Schema oder nur ein mentales Modell erworben wurde.

N = 60 students were randomly distributed into 6 groups. Every two groups worked on three problems with the aim of putting the participants in the position to acquire a wide abstract schema, a restricted schema or a mental model of the problem solution. All problems to deal with were semantic paradoxes. After having worked on the questions the participants had to solve a problem that was either only structurally analogous or structurally analogous and similar as regards content to the earlier treated problems. The results show that only a wide abstract schema allows the transfer to a problem that is structurally analogous but dissimilar as regards content. On the other hand there was a transfer to similar (as regards content) and structurally analogous problems regardless to the fact, whether a wide abstract schema, a restricted schema or a mental model was acquired.

1. Einleitung

Wie soll ein Grundschullehrer seinen Schülern erklären, was elektrischer Strom ist? Wie soll ein Lehrer seinen Schülern den globalen Wasserkreislauf vermitteln? Wie kann ein Lehrer seinen Schülern veranschaulichen, daß sich in der traditionellen Mengenlehre Widersprüche konstruieren lassen, ohne auf die folgende — zwar richtige, aber äußerst komplizierte — Formulierung zurückzugreifen: „Russell hat ... die Menge R aller Mengen betrachtet, die sich selbst nicht als Element enthalten, also $R := \{x / x \notin x\}$, so daß $x \in R \iff x \notin x$. Insbesondere müßte für R selbst gelten $R \in R \iff R \notin R$. Die Menge R müßte sich also genau dann als Element enthalten, wenn sie sich nicht enthält“ (Reinhart

& Soeder, 1974, S. 23). Dieser, als Russell'sche Antinomie bekannt gewordene Sachverhalt, hat in der Vergangenheit und wird wohl auch noch in Zukunft etlichen Schülern Kopfzerbrechen bereiten.

In der Praxis wird häufig versucht, solche schwer nachzuvollziehenden oder schwer verstehbaren Sachverhalte durch „leichtere“ Sachverhalte, durch „Modelle“ oder durch „Analogien“ zu erklären. So ist es in der Grundschule üblich, den Stromkreis mit dem Wasserkreislauf zu vergleichen. Nachdem die Verhältnisse im Wasserkreislauf verstanden sind, wird versucht, sie auf den Stromkreislauf zu übertragen, also z.B. der Wasserdruck entspricht der Spannung, die Fließrate der Stromstärke usw. Den globalen Wasserkreislauf erklären Lehrer ihren Schülern häufig am Modell eines geschlossenen Kochtopfes, in dem Wasser zum Sieden gebracht wird. Das Wasser wird dampfförmig, steigt hoch, kondensiert am Deckel und tropft wieder in den Topf zurück.

Um die Russell'sche Antinomie zu erläutern, erfand Russell selbst eine Analogie: „Der Barbier von Sevilla rasiert die und nur die männlichen Einwohner von Sevilla, die sich nicht selbst rasieren. Rasiert er sich selbst oder nicht?“ (Russell, 1918, zit. nach Hughes & Brecht, 1978, S. 7).

Mit derartigen Erklärungen geben sich Schüler in aller Regel auch zufrieden. Nicht wenige denken wohl auch im Erwachsenenalter, wenn sie den elektrischen Strom erklären sollen, an Wasserkreisläufe. Versucht man sich aber mit der Vorstellung, der elektrische Stromkreis sei wie der Wasserkreislauf, die Funktion von Wechselstrom zu erklären, wird man schnell Schiffbruch erleiden.

Was dieses Beispiel zeigen will: so hilfreich manche vereinfachten Erklärungen, Modelle oder Analogien auch sein mögen, es besteht die Gefahr, daß ihre Verwendung im weiteren Lernprozeß zu Problemen und statt zu Lernerleichterungen zu Lernerschwerungen führt.

2. Theoretische Überlegungen

Die Frage, welchen Einfluß Modelle oder Analogien auf das Lösen von Problemen haben, wurde in der Vergangenheit bereits vielfältig untersucht. Die ersten Arbeiten hatten Probleme zum Gegenstand, deren Zustandsmengen abgeschlossen waren, die sog. „closed-world-problems“ oder „gut definierte“ Probleme darstellten, wie z.B. „Turm von Hanoi“ oder „Missionare-und-Kannibalen-Problem“ (Greeno, 1974; Hayes & Simon, 1977; Kotovsky, Hayes & Simon, 1985; Reed, Ernst & Banerji, 1974; Thomas, 1974). Diese Arbeiten führten zu dem deprimierenden Ergebnis, daß Analogien zwischen Problemen meist nicht erkannt wurden (vgl. auch Hayes & Simon, 1974; Simon & Hayes, 1976), und daß die Lösung eines Problems die Lösung eines ähnlichen Problems nicht wahrscheinlicher machte.

Daß durch Instruktionen die Qualität des Problemlöseprozesses sehr wohl beeinflussbar ist, zeigte bereits vor mehr als 50 Jahren Duncker

(1935) am Beispiel seiner Bestrahlungsaufgabe auf eindrucksvolle Weise. Im Anschluß an diese wegweisenden Untersuchungen konnten Jülich & Krause (1976) am Beispiel des „Missionare-und-Kannibalen-Problems“ zeigen, daß bedeutungsarme Instruktionen sogar lernwirksamer als bedeutungshaltige Instruktionen waren, in denen semantische Analogien nahegelegt wurden. So gaben Jülich & Krause ihren Vpn das „Missionare-und-Kannibalen-Problem“ in drei verschiedenen Formulierungen vor: verbal, d.h. in Worten der Umgangssprache und formal: in Worten der Mengenlehre und in Begriffen der Vektoralgebra. Die Vpn mit der verbalsprachlichen Instruktion benötigten zur Lösung des Problems entschieden mehr Schritte als die Vpn mit den formalen Instruktionen. Es scheint, daß die umgangssprachliche Instruktion, bei den Vpn Assoziationen zu den Begriffen „Missionar“ bzw. „Kannibale“ hervorrief, die mit den zur Lösung wichtigen Informationen interferierten. Diese Interferenzen traten in der formalen Versuchsbedingung, in der keine semantischen Bezüge nahegelegt wurden, nicht auf. Einschränkung zu den Ergebnissen von Jülich & Krause ist jedoch anzumerken, daß es sich um einen bisher einmaligen Befund handelt, der meines Wissens nicht mehr repliziert wurde.

Kotovskij et al. (1985) führten eine Serie von Experimenten mit Problemen durch, die zu dem Strategiespiel „Turm von Hanoi“ isomorph waren und fanden, daß, sobald es den Vpn gelang, die Problemstellung mit Weltwissen zu verknüpfen, dies die Lösung des Problems erheblich erleichterte (vgl. Luger & Bauer, 1978).

Die empirische Befundlage stellt sich also als sehr widersprüchlich dar. Mögliche Ursachen dafür sind sowohl die unterschiedlichen inhaltlichen Zusammenhänge, die den Experimenten zugrunde lagen, als auch der nicht in allen Fällen kontrollierte Einfluß des Vorwissens der Vpn.

Ähnlich sieht die Befundlage aus, wenn man von den „closed-world-problems“ zu sog. „offenen“ oder „schlecht definierten“ Problemen übergeht, in denen weder die Problemzustände noch die Operatoren eindeutig definiert sind. Gick & Holyoak (1980; 1983) arbeiteten mit Problemen, die der Dunckerschen Bestrahlungsaufgabe analog waren. Vpn, die zunächst eine Geschichte lasen, die dem Strahlenproblem entsprach und in der eine bestimmte Lösung dieses Problems nahegelegt wurde, lösten anschließend dieses Problem nicht besser als Vpn, die die entsprechende Geschichte vorher nicht lasen. Sobald die Autoren jedoch einen Hinweis darauf gaben, daß die vorher gelesene Geschichte bei der Lösung des Strahlenproblems behilflich sein könne, stieg die Lösungshäufigkeit beim Strahlenproblem von 20 % auf 95 %.

Vpn sind also sehr wohl in der Lage, Lösungen für ein Problem auf ein anderes, ähnliches Problem zu übertragen. Solange aber die semantischen Einkleidungen der Probleme subjektiv als sehr unähnlich empfunden werden, werden diese Übertragungen jedoch nur selten durchgeführt. Dies bestätigen auch die Studien von Holyoak & Koh (1987) sowie von Spencer & Weisberg (1986), die mit dem gleichen

Untersuchungsmaterial wie Gick & Holyoak arbeiteten und zeigen konnten, daß der Transfer von einem Problem auf das andere in starkem Maße vom Kontext der Basis- und Zielgeschichten abhängt.¹

Im Gegensatz zu den „gut definierten“ Problemen zeigt sich also bei den „schlecht definierten“ Problemen, daß sich gerade bedeutungshaltige Instruktionen lernerleichternd auswirken können. Hier dürfte auch der größte Nutzen des Einsatzes von Analogien zu erwarten sein, da diese in den allermeisten Fällen einen bedeutungshaltigen Kontext haben und nur selten völlig abstrakt vermittelt werden. Geht es doch gerade darum, mittels (bedeutungshaltiger) Analogien Verständnis für abstrakte Sachverhalte zu erzeugen.

3. Fragestellung der Untersuchung

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal eines der eingangs formulierten Probleme, nämlich die Russell'sche Antinomie: Sei R die Menge aller Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten. Enthält R sich selbst? Wie kann ein Lehrer seinen Schülern das Verständnis dieses Sachverhaltes erleichtern? — Nun er kann

- (a) analoge Probleme verwenden, die leichter zu lösen sind. Aber häufig erkennen Vpn nicht die Analogien zwischen zwei Problemstellungen und können von der Analogie nicht profitieren (vgl. z.B. Reed et al., 1974);
- (b) die Problemlösung an einem analogen, einfacheren Problem vorführen. Auch hier hilft die demonstrierte Problemlösung nur, wenn die Schüler die Analogie erkennen (s.o.);
- (c) die Lösung an verschiedenen analogen Problemen vorführen und hoffen, daß die Schüler die Gemeinsamkeit der Probleme erkennen (s.o.).
- (d) Er kann schließlich explizit auf die Analogie zwischen den Problemen hinweisen.

In der vorliegenden Studie werden einige dieser Vorschläge empirisch überprüft. Dabei sollen die Vpn zunächst keinen expliziten Hinweis auf die Analogie zwischen den Problemstellungen erhalten, da überprüft werden soll, inwiefern das Lösen einer Folge von ähnlichen Problemen die Lösung eines analogen Zielproblems erleichtern kann. Deshalb erhalten die Vpn die Aufgabe, zunächst drei andere Probleme zu lösen, die dem Zielproblem mehr oder weniger ähnlich sind. Die beiden ersten Probleme sind dem Zielproblem

- inhaltlich und strukturell ähnlich oder
- nur strukturell analog oder
- weder inhaltlich noch strukturell analog.

Die *inhaltliche Ähnlichkeit* bezieht sich auf die Thematik der Probleme, z.B. sind die beiden folgenden Probleme inhaltlich ähnlich:

- *Der Barbier von Sevilla rasiert nur die männlichen Einwohner von Sevilla, die sich nicht selbst rasieren. Rasiert der Barbier sich selbst?*
- *Der Barbier von Sevilla sagt, daß alle Barbieri Lügner sind. — Ist der Barbier ein Lügner?*

Die *strukturelle Analogie* bezieht sich auf die „Lösung“ der Probleme (s.u.), z.B. sind die beiden folgenden Probleme strukturell analog:

- *Sei R die Menge aller Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten. Enthält R sich selbst?*
- *Der Barbier von Sevilla rasiert nur die männlichen Einwohner von Sevilla, die sich nicht selbst rasieren. Rasiert der Barbier sich selbst?*

Das dritte Problem war für alle Vpn das gleiche, nämlich die Barbier-Antinomie. Das Zielproblem war dazu entweder nur strukturell analog oder inhaltlich ähnlich und strukturell analog (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Propositionale Struktur des dritten Problems sowie der beiden Zielprobleme

- *Der Barbier von Sevilla rasiert nur die männlichen Einwohner von Sevilla, die sich nicht selbst rasieren. Rasiert der Barbier sich selbst?*

wenn . . . dann ((rasieren (Barbier, Barbier)), (nicht rasieren (Barbier, Barbier)));
wenn . . . dann ((nicht rasieren (Barbier, Barbier)), (rasieren (Barbier, Barbier)));

- *Sei R die Menge aller Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten. Enthält R sich selbst?*

wenn . . . dann ((enthalten (R, R)), (nicht enthalten (R, R)));
wenn . . . dann ((nicht enthalten (R, R)), (enthalten (R, R)));

- *Der Metzger einer kleinen Stadt schlachtet nur das Vieh der Einwohner, die ihr Vieh nicht selbst schlachten. Schlachtet der Metzger sein eigenes Vieh?*

wenn . . . dann ((schlachten (Metzger, eigenes Vieh)), (nicht schlachten (Metzger, eigenes Vieh)));
wenn . . . dann ((nicht schlachten (Metzger, eigenes Vieh)), (schlachten (Metzger, eigenes Vieh)));

Folgende Annahmen waren für die Auswahl der Einzelproblemstellungen ausschlaggebend: Waren die ersten beiden Probleme weder inhaltlich ähnlich noch strukturell analog zum dritten Problem, konnte lediglich die Analogie zwischen dem dritten Problem und dem Zielproblem den Vpn als Lernerleichterung dienen, indem sie ein *mentales Modell* der Problemlösung aufbauen (vgl. Dörr, 1990; Seel, 1988). Waren die beiden ersten Probleme sowohl inhaltlich ähnlich als auch strukturell analog

zum dritten Problem, sollten die Analogien zwischen sämtlichen Problemen als Lernerleichterung dienen. Die Vpn sollten in der Lage sein, ein *Schema* zu bilden, das jedoch *eingeschränkt* auf den Inhaltsbereich der drei zu bearbeitenden Probleme sein dürfte (vgl. Dörr, 1990). Bestanden zwischen den beiden ersten Problemen und dem dritten Problem keine inhaltlichen Ähnlichkeiten, jedoch strukturelle Analogien, sollten sämtliche Problemlösungen als Lernerleichterungen dienen. Auch hier sollte ein *Schema* gebildet werden können, das in dieser Bedingung jedoch *weit* ist, d.h. nicht eingeschränkt auf einen bestimmten Sachverhalt ist (vgl. Dörr, 1990).

Konkret wurden folgende Hypothesen untersucht:

- Gelingt bei einem Problemlöseprozeß die Bildung eines „weiten“ Schemas, so ist eher mit positivem Transfer zu rechnen, als wenn lediglich ein mentales Modell einer konkreten Problemlösung erworben wird.
- Ist das erworbene Schema so eng, daß die Gemeinsamkeiten zwischen Schema und Zielproblem nicht erfaßt werden können, gelingt kein positiver Transfer auf ein strukturgleiches Problem eines anderen Inhaltsbereiches, während dieser Transfer gelingen sollte, wenn ein weites Schema gebildet werden kann, das auf keinen Inhaltsbereich eingeschränkt ist.

4. Methode

4.1 Versuchspersonen

An dem Experiment nahmen 64 Studenten teil. Sie meldeten sich auf eine Anzeige und wurden für die Teilnahme an dem Experiment bezahlt. Die Beschränkung auf Studenten sollte zur Homogenisierung der Stichprobe beitragen und die interne Validität des Versuchsplans erhöhen. Bei den Vpn handelte es sich um Studenten unterschiedlicher Fachrichtungen. Zur Reduzierung der Fehlervarianz waren allerdings Studenten der Fachrichtungen Mathematik und Philosophie von der Teilnahme ausgeschlossen, da die Wahrscheinlichkeit, daß sich diese Studenten im Rahmen ihres Studiums bereits mit semantischen Paradoxien beschäftigt haben, relativ hoch erschien. Vpn, die explizit äußerten, die Probleme bereits zu kennen, wurden von der Auswertung ausgeschlossen. Dies war bei vier Vpn der Fall, so daß zur Auswertung 60 Vpn zur Verfügung standen, die per Zufall den sechs Versuchsgruppen zugeordnet wurden.

4.2 Versuchsplan

Der Versuchsplan sah folgendermaßen aus (vgl. Abbildung 1):

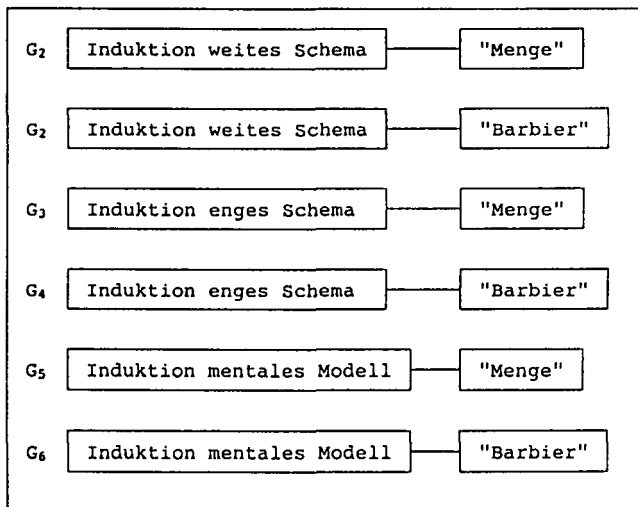


Abbildung 1: Versuchsplan

Um die Untersuchungsziele zu erreichen, wurde die Gesamtstichprobe der Vpn in sechs Gruppen unterteilt, wovon jeweils drei Gruppen (G₁ & G₃ & G₅; G₂ & G₄ & G₆) gleiche Zielprobleme erhielten. Für die beiden ersten Gruppen (G₁ & G₂) wurden die folgenden Antinomien ausgewählt (die vollständigen Fassungen sind im Anhang wiedergegeben):

- Ich lüge jetzt!
- Der Satz auf dieser Seite ist falsch!
- Barbier von Sevilla

Diese drei Geschichten sollten zu einer „weiten“ Schemabildung führen, da sie zueinander strukturell analog sind, jedoch keine inhaltlichen Oberflächenähnlichkeiten besitzen. Das bedeutet, daß von den Oberflächenmerkmalen abstrahiert werden muß (vgl. Abbildung 2).

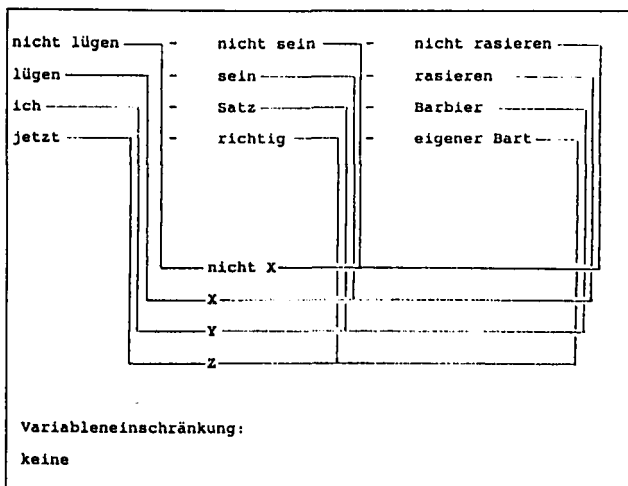


Abbildung 2: Strukturanalogie zwischen den Antinomien der Gruppen G₁ und G₂

Das richtige „Lösen“ dieser Antinomien sollte zu dem folgenden Schema führen, wobei für die Variablen keinerlei Einschränkungen besteht:

wenn . . . dann $((X(Y,Z)), (nicht\ X(Y,Z)))$
wenn . . . dann $((nicht\ X(Y,Z)), (X(Y,Z)))$.

Mit Hilfe dieses weiten Schemas sollte es gelingen, beide Zielprobleme zu lösen, da sie strukturell analog zu dem gebildeten Schema sind.

In den Gruppen G_3 und G_4 wurden die folgenden Antinomien für die ersten Probleme gewählt (vgl. auch Anhang):

- Hufschmied
- Messerschleifer
- Barbier von Sevilla.

Diese drei Geschichten sollten zu einem „engen“ Schema führen. Wie die drei Geschichten der beiden ersten Gruppen sind auch sie zueinander strukturell analog, haben jedoch auch noch inhaltliche Oberflächenmerkmale gemeinsam. In allen Geschichten steht ein Handwerker vor einem Problem, das er nicht lösen kann (vgl. Abbildung 3).

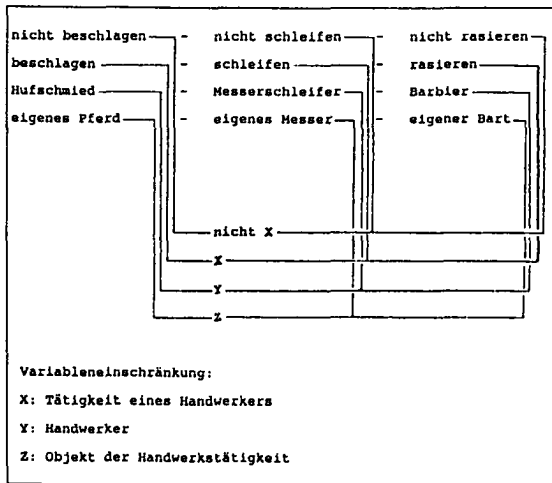


Abbildung 3: Strukturanalogie und Oberflächenähnlichkeit zwischen den Antinomien der Gruppen G_3 und G_4 .

Das richtige „Lösen“ dieser Antinomien sollte zu dem folgenden Schema führen:

wenn . . . dann $((X(Y,Z)), (nicht\ X(Y,Z)))$
wenn . . . dann $((nicht\ X(Y,Z)), (X(Y,Z)))$,

wobei Variableneinschränkungen derart bestehen, daß X nur die Tätigkeit eines Handwerkers Y umfaßt, Y den Handwerker bezeichnet und Z das Objekt der Tätigkeit X darstellt.

Mit Hilfe dieses engen Schemas sollte es gelingen, eines der beiden Zielprobleme (Metzger) zu lösen, da es an das gebildete Schema assimilierbar ist, während das zweite Zielproblem (Menge aller Mengen) nicht gelöst werden sollte, obwohl auch dessen

Struktur zur Struktur des gebildeten Schemas analog ist. Durch die Variableneinschränkungen sind jedoch die Argumente der Propositionen dieses Zielproblems nicht mehr zuzuordnen.

Für die beiden letzten Gruppen G_5 und G_6 wurden folgende Geschichten ausgewählt (vgl. Anhang):

- allmächtiger Geist
- Don Quichote
- Barbier von Sevilla.

Die zugehörigen Geschichten besitzen untereinander weder Oberflächenähnlichkeiten, noch sind sie strukturell analog zueinander. D.h. aus der „Lösung“ dieser Probleme sollte es nicht möglich sein, ein Schema zu abstrahieren. Dies bedeutet für die beiden Zielprobleme, daß ihre Lösungswahrscheinlichkeiten nicht erhöht sein sollten. Eine Ausnahme kann das zweite Zielproblem („Metzger“) bilden, da die dritte Geschichte dazu strukturell analog ist und beide Probleme starke Oberflächenähnlichkeiten aufweisen, weshalb ein beim Lösen dieses Problems gebildetes mentales Modell zur Lösung des zweiten Zielproblems genutzt werden kann.

Da mit den vorliegenden Materialien keine empirischen Erfahrungen vorliegen, war es auch nicht möglich, kritische Effektstärken zu bestimmen, um so zu einem Kriterium für die benötigte Anzahl der Vpn zu gelangen (vgl. Cohen, 1977; Hager, 1987). Ein weiterer Grund dafür, daß keine Effektstärken bestimmt werden können, liegt darin, daß die abhängige Variable, die Anzahl richtig reproduzierter bzw. produzierter Propositionen, nur ordinalskaliert vorliegt (vgl. dazu Hager, 1987, S. 123). Nicht zuletzt auch aus ökonomischen Gründen entschloß ich mich deshalb zu einer relativ kleinen Stichprobe. Dies hat wiederum den Vorteil, daß die Effekte, um signifikant zu werden, eine bestimmte Größe überschreiten müssen, es also in jedem Fall vermieden wird, „Bagatellevffekte“ nachzuweisen (vgl. Klauer, 1970).

4.3 Durchführung

Die Aufgaben, die bearbeitet werden sollten, lagen den Vpn in Form eines Heftes vor. Sie wurden darauf hingewiesen, daß sie während des Lesens und Bearbeitens der Aufgaben nach Belieben im Heft zurückblättern konnten.

Sie sollten zunächst die erste Geschichte einschließlich deren „Lösung“ lesen (vgl. Anhang). Nach dem Lesen der Geschichte wurden die Vpn aufgefordert, die „Lösung“ noch einmal mit ihren eigenen Worten zu formulieren. Dieses Verfahren wiederholte sich bei der zweiten und dritten Geschichte. Anschließend mußten sie das Zielproblem bearbeiten. Dazu wurde beim Zielproblem P_{z1} (Menge aller Mengen) eine kurze Erläuterung der Begriffe „Menge“ und „Element“ gegeben, weil sich in Vorversuchen herausgestellt hatte, daß nicht alle Vpn diese Begriffe sicher beherrschten. Nach der Bearbeitung des Zielproblems sollten Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den vier bearbeiteten Aufgaben notiert werden. Anschließend erhielten die Vpn, die das Zielproblem nicht bearbeiten konnten, den Hinweis, daß die ersten drei Geschichten bei der Bearbeitung dieser Aufgabe behilflich sein können. Nach diesem Hinweis sollten sie das Problem noch einmal zu lösen versuchen.

5. Ergebnisse

Für einen ersten Überblick über die Datenlage dient Tabelle 2. Sie gibt die Mittelwerte und Standardabweichungen der sechs Versuchsgruppen für die richtig produzierten bzw. reproduzierten Propositionen bei sämtlichen Problemen an.

Tabelle 2:

Mittelwerte und Standardabweichungen (in Klammer) der sechs Versuchsgruppen bezüglich richtig produzierter bzw. reproduzierter Propositionen

	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆
P ₁	1,3 (0,9)	1,2 (0,8)	1,5 (0,8)	1,1 (0,9)	1,8 (0,4)	1,3 (0,8)
P ₂	1,5 (0,8)	1,0 (0,9)	1,5 (0,8)	1,1 (0,8)	1,2 (0,8)	1,4 (0,8)
P ₃	1,6 (0,8)	1,6 (0,5)	1,6 (0,8)	1,4 (0,8)	1,0 (0,9)	1,4 (0,8)
P _Z	1,4 (1,0)	1,6 (0,5)	0,4 (0,8)	1,3 (0,8)	0,5 (0,7)	1,3 (0,9)

Was die Daten bereits andeuten, bestätigen die durchgeführten statistischen Analysen. Bezüglich der ersten drei Probleme, die die Vpn bearbeiteten, unterscheiden sie sich nicht. Dies belegen entsprechend durchgeführte KRUSKAL-WALLIS-Rangvarianzanalysen ($P_1: H(5, N=60) = 5,113, p = .40$; $P_2: H(5, N=60) = 3,564, p = .61$; $P_3: H(5, N=60) = 4,294, p = .51$). Da es sich für die verschiedenen Versuchsgruppen bei den ersten beiden Aufgaben um unterschiedliche Probleme handelte, und lediglich das dritte Problem („Barbier von Sevilla“) für alle Vpn identisch war, zeigt dieses Ergebnis, daß die ersten drei Probleme der verschiedenen Versuchsgruppen in ihrer Schwierigkeit vergleichbar waren. Demgegenüber ergeben sich bei den Zielproblemen sehr wohl signifikante Effekte ($H(5, N=60) = 14,018, p = .015$). Das bedeutet, daß die unterschiedliche Lösungshäufigkeit mit hoher Wahrscheinlichkeit auf das Treatment zurückzuführen ist, da sich die Vpn beim dritten Problem („Barbier von Sevilla“) nicht unterschieden, dies jedoch beim dazu isomorphen Zielproblem sehr wohl taten. Die nähere Untersuchung der Gruppendifferenzen bestätigte diese Vermutung.

Für einen Test der ersten Hypothese, die besagt, daß positiver Transfer eher gelingt, wenn ein abstraktes Schema erworben werden kann, sind die Vergleiche zwischen G₁ und G₂, G₃ sowie G₅ relevant. Da sowohl in G₁ und G₂ ein „Paradoxie“-Schema gebildet werden konnte, sollten sich die Lösungswahrscheinlichkeiten für die beiden Zielprobleme „Menge aller Mengen“ und „Metzger“ nicht unterscheiden. Exakt dies belegen die Daten ($p = .942$). D.h., obwohl das Problem „Menge aller Mengen“ in Pilotstudien als sehr schwierig eingeschätzt wurde und auch sehr schwer zu lösen war (vgl. Dörr, 1990), gelang hier die Lösung sehr gut. Auch der Vergleich der Gruppe G₁ mit den beiden Gruppen, die das gleiche Zielproblem bearbeiteten, jedoch kein angemessenes Schema bilden konnten (G₃, G₅), bestätigt dies. Obwohl die Signifikanzgrenze knapp verfehlt wird ($p = .059$ bzw. $p = .054$), ist ein deutlicher Trend dahingehend zu erkennen, daß für die Vpn der Gruppe G₁ das Zielproblem P_{Z1} leichter zu lösen war.

In den Gruppen G₃ und G₄ bzw. G₅ und G₆ zeigt sich das erwartete Bild beim Vergleich unterschiedlicher Zielprobleme. Das als leichter eingeschätzte und auch vorher leichter lösbare Problem („Metzger“) wurde erheblich häufiger gelöst als das Problem „Menge aller Mengen“, wobei die Signifikanzgrenze nicht immer unterschritten wurde, jedoch immer noch ein deutlicher Trend erkennbar bleibt ($p = .041$ bzw. $p = .075$). D.h. der Gruppe, die ein angemessenes Schema bilden konnte, gelang der Transfer auf ein strukturell isomorphes Problem, während dies den beiden anderen Gruppen mit dem gleichen Zielproblem nicht gelang.

Zum Test der zweiten Hypothese, die besagt, daß ein zu enges Schema keinen positiven Transfer bewirkt, sind die Vergleiche zwischen G₁ und G₂ sowie zwischen G₃ und G₄ entscheidend. In G₃ und G₄ wurden auch strukturell isomorphe Probleme vorgegeben,

diese Probleme bezogen sich jedoch auf einen gemeinsamen Inhaltsbereich (Handwerk). Es sollte den Vpn zwar gelingen, ein Schema zu bilden, dieses Schema ist jedoch bezüglich des Wertebereiches für einzelne Variablen so eingeschränkt, daß der Transfer auf ein strukturisomorphes, jedoch inhaltlich unterschiedliches Problem nicht gelingen sollte. Wie der Vergleich zwischen G_3 und G_4 zeigte, war das inhaltlich unterschiedliche Problem signifikant schwieriger als ein strukturell isomorphes Problem aus dem gleichen Inhaltsbereich. D.h., daß den Vpn der Transfer auf ein inhaltlich unterschiedliches Problem offensichtlich nicht gelang.

6. Diskussion

In dieser Studie sollte untersucht werden, ob der analoge Transfer auf strukturgleiche, jedoch inhaltlich unterschiedliche Probleme durch Instruktion erleichtert werden kann.

Es konnte im Experiment gezeigt werden, daß mit entsprechenden Lernerfahrungen der analoge Transfer auf ein strukturgleiches Problem aus einem anderen Inhaltsbereich möglich ist. Dieser Transfer erfolgt jedoch nur, wenn vorher ein Schema der Problemlösung erworben werden kann. Nur die Gruppe, die in der Lernphase strukturisomorphe Probleme aus unterschiedlichen Inhaltsbereichen bearbeitete, konnte den positiven Transfer leisten. Dies gelang nicht in der Gruppe, die strukturell und inhaltlich verschiedene Paradoxien bearbeitete. Da in allen Gruppen das dritte zu lösende Problem strukturisomorph zum Zielproblem war, sollte zumindest die Bildung eines mentalen Modells dieser konkreten Problemlösung möglich sein. Dieses mentale Modell zeigt sich zwar als hinreichend für den positiven Transfer auf ein strukturisomorphes Problem aus dem gleichen Inhaltsbereich, genügte jedoch nicht mehr, um die Lösung eines strukturisomorphen Problems aus einem anderen Inhaltsbereich zu erleichtern. Auch die Gruppe, die zwar strukturisomorphe, jedoch nur Probleme aus dem gleichen Inhaltsbereich bearbeitete, konnte den positiven Transfer auf ein inhaltlich unterschiedliches Problem nicht leisten. D.h., daß in diesem Fall die Bildung eines zu engen Schemas der Problemlösung nicht hinreichend war für den Transfer auf ein inhaltlich unterschiedliches Problem.

Damit konnte in diesem Experiment gezeigt werden, daß es zur Lösung eines Zielproblems notwendig ist, daß die Vpn ein Schema der Problemlösung bilden, das entsprechend weit ist, d.h. das so abstrakt ist, daß der Wertebereich der Variablen eine Zuordnung zu den entsprechenden Einheiten verschiedener Zielprobleme zuläßt. Ist dies nicht der Fall und kann nur ein zu enges Schema oder sogar nur ein mentales Modell der vorausgegangenen Problemlösung gebildet werden, so ist der positive Transfer auf ein inhaltlich unterschiedliches Zielproblem nicht mehr möglich. Diese Befunde decken sich mit den Ergebnissen von Gick & Holyoak (1983) sowie von Holyoak (1984).

Es ergeben sich Zusammenhänge zu Arbeiten aus inhaltlich ganz anderen Bereichen, nämlich zu empirischen Befunden zur Mathematikdidaktik (vgl. z.B. Brown & Van Lehn, 1980, 1982; Cummins-Dellarosa et al., 1988; Greeno, 1983; Riley et al., 1983; Schoenfeld, 1987; Staub & Reusser, 1990; Stern, 1990; Van Lehn, 1983). Zusammen mit diesen Befunden könnten sich sehr interessante Folgerungen für die Gestaltung von Mathematiklehrgängen ergeben, z.B. für den Erwerb von Grundrechenarten (Van Lehn, 1983) oder das Lösen mathematischer Sachaufgaben (Greeno et al., 1979; Staub & Reusser, 1990; Stern, 1990), wenn insbesondere die interindividuellen Unterschiede in den Lernvoraussetzungen und im Lernverhalten berücksichtigt würden. In solchen Bereichen könnten die Folgerungen aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit eine sinnvolle didaktische Anwendung finden.

Anmerkung

- ¹ In der Literatur zur Analogiebildung bezeichnet der „Basisbereich“ einen Inhaltsbereich, über den die Versuchsperson bereits Wissen besitzt, während der „Zielbereich“ denjenigen Inhaltsbereich bezeichnet, in dem die Versuchsperson ein Problem lösen soll, insbesondere durch Rückgriff auf sein Wissen bezüglich des Basisbereichs.

Anhang

Antinomien, die im Experiment verwendet wurden

Ich lüge jetzt

„Ich lüge jetzt!“ Ist diese Aussage richtig oder falsch?

Der Satz auf dieser Seite ist falsch

In einem Buch steht auf einer Seite „Der Satz auf dieser Seite ist falsch!“
Ist diese Aussage richtig oder falsch?

Barbier von Sevilla

Der Barbier von Sevilla rasiert nur die männlichen Einwohner von Sevilla, die sich nicht selbst rasieren. Rasiert er sich selbst?

Hufschmied

Ein Hufschmied in einer kleinen Stadt beschlägt die Pferde aller Einwohner, die sich nicht selbst ihre Pferde beschlagen und beschlägt niemals das Pferd eines Einwohners, der sein Pferd selbst beschlägt. Beschlägt der Hufschmied sein eigenes Pferd selbst oder nicht?

Messerschleifer

Ein Messerschleifer in einer kleinen Stadt schleift die Messer für alle Einwohner, die ihre Messer nicht selbst schleifen und schleift nie die Messer der Einwohner, die sich ihre Messer selbst schleifen. Schleift der Messerschleifer sich seine eigenen Messer selbst oder nicht?

Allmächtiger Geist

Ein allmächtiger Geist ist in der Lage, einen Stein erschaffen zu können, der so schwer ist, daß er ihn selbst nicht heben kann.

Don Quichote

Der Besitzer eines großen Landguts auf der Insel Barataria verlangt von jedem, der sein Grundstück betritt, er möge den Zweck seines Besuchs erklären. Wer die Wahrheit sagt, bleibt ungeschoren, wer aber lügt, wird aufgehängt. Da kommt ein Spaßvogel und sagt, er käme, um am Galgen des Gutsherrn aufgehängt zu werden.

Menge aller Mengen

R sei die Menge aller Mengen, die sich nicht selbst als Element enthalten. Enthält R sich selbst?

Metzger

Ein Metzger einer kleinen Stadt schlachtet das Vieh all der Einwohner, die ihr Vieh nicht selbst schlachten und schlachtet niemals das Vieh eines Einwohners, der selbst schlachtet. Schlachtet der Metzger sein eigenes Vieh selbst oder nicht?

Literatur

- BROWN, J.S. & Van LEHN, K. (1980): Repair theory: a generative theory of bugs in procedural skills. *Cognitive Science*, 4 (379-426).
- BROWN, J.S. & Van LEHN, K. (1982): Toward a generative theory of „bugs“. In T. Carpenter; J. Moser & T. Romberg (eds.), *Addition and subtraction: A developmental perspective*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- COHEN, J. (1977): *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). New York: Academic Press.
- CUMMINS-DELLAROSA, D.; KINTSCH, W.; REUSSER, K. & WEIMER, R. (1988): The role of understanding in solving word problems. *Cognitive Psychology*, 20, 405-438.
- DÖRR, G. (1990): *Plausibilitätserzeugung im Bereich mathematischer Sachverhalte* (unveröffentlichte Dissertation). Saarbrücken.
- DUNCKER, K. (1935, Neudruck 1974): *Zur Psychologie des produktiven Denkens*. Berlin: Springer.
- GICK, M.L. & HOLYOAK, K.J. (1980): Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- GICK, M.L. & HOLYOAK, K.J. (1983): Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.
- GREENO, J.G. (1983): Forms of understanding in mathematical problem solving. In S.G. Paris; G.M. Olson & H.W. Stevenson (eds.), *Learning and motivation in the classroom* (pp. 83-111). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- GREENO, J.G.; MAGOÑE, M. & CHAIKLIN, S. (1979): Theory of constructions and set in problem solving. *Memory and Cognition*, 7, 445-461.
- HAGER, W. (1987): Grundlagen einer Versuchsplanung zur Prüfung empirischer Hypothesen in der Psychologie. In G. Lüer (Hrsg.), *Allgemeine Experimentelle Psychologie* (pp 43-264). Stuttgart: G. Fischer.

- HAYES, J.R. & SIMON, H.A. (1974): Psychological differences among problem isomorphs. In N.J. Castellan; D.B. Pisoni & G.R. Potts (eds.), *Cognitive theory*, Vol. 2 (pp. 21-41). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- HOLYOAK, K.J. (1984a): Mental models in problem solving. In J.R. Anderson & S.M. Kosslyn (eds.), *Tutorials in learning and memory* (pp. 193-218). San Francisco: Freeman & Co.
- HOLYOAK, K.J. & KOH, K. (1987): Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15, 332-240.
- HUGHES, P. & BRECHT, G. (1978): *Die Scheinwelt des Paradoxon*. Braunschweig: Vieweg.
- JÜLISCH, B. & KRAUSE, W. (1976): Semantischer Kontext und Problemlöseprozesse. In F. Klix (Hrsg.), *Psychologische Beiträge zur Analyse kognitiver Prozesse* (pp. 274-301). Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- KLAUER, K.J. (1970): Die Bedeutung des Klasseneffekts für die schulpädagogische Forschung — Eine Kritik. *Programmiertes Lernen, Unterrichtstechnologie und Unterrichtsforschung*, 7, 149-156.
- KOTOVSKY, K.; HAYES, J.R. & SIMON, H.A. (1985): Why are some problems hard? Evidence from tower of Hanoi. *Cognitive Psychology*, 17, 248-294.
- LUGER, G.F. & BAUER, M.A. (1978): Transfer effects in isomorphic problem situations. *Acta psychologica*, 42, 121-131.
- REED, S.K.; ERNST, G.W. & BANERJI, R. (1974): The role of analogy in transfer between similar problem states. *Cognitive Psychology*, 66, 436-450.
- REINHARDT, F. & SOEDER, H. (1974): *dtv-Atlas zur Mathematik*. München: dtv.
- RILEY, M.S.; GREENO, J.G. & HELLER, J.I. (1983): Development of word problem solving ability. In H.P. Ginsburg (ed.), *Development of mathematical thinking*. New York: Academic Press.
- SCHOENFELD, A.H. (1987): Cognitive science and mathematics education: an overview. In A.H. Schoenfeld (ed.), *Cognitive science and mathematics education* (pp. 1-31). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- SEEL, N.M. (1988): *Die Rekonstruktion von Weltwissen mit Hilfe mentaler Modelle und ihre Beeinflussung durch Instruktion und Medien*. Saarbrücken.
- SEEL, N.M. (1990): Wissen, Lernen und Kommunikation. In K. Böhme-Dürr; J. Emig & N.M. Seel, *Wissensveränderung durch Medien — Theoretische Grundlagen und empirische Analysen* (pp. 263-284). München: Saur.
- SIMON, H.A. & HAYES, J.R. (1976): The understanding process: Problem isomorphs. *Cognitive Psychology*, 8, 165-190.
- SPENCER, R.M. & WEISBERG, R.W. (1986): Context-dependent effects on analogical transfer. *Memory & Cognition*, 14 (442-449).
- STAUB, F. & REUSSER, K. (1990): *Was macht eine mathematische Textaufgabe so schwierig?* (Vortrag gehalten auf der 32. Tagung experimentell arbeitender Psychologen in Regensburg).
- STERN, E. (1990): *Verstehensprozesse beim Lösen von Textaufgaben* (Vortrag gehalten auf der 32. Tagung experimentell arbeitender Psychologen in Regensburg).
- THOMAS, J.C. (1974): An analysis of behavior on the hobbit-orcs problem. *Cognitive Psychology*, 6, 257-269.
- Van LEHN, K. (1983): On the representation of procedures in repair theory. In H.P. Ginsburg (ed.), *The development of mathematics thinking* (pp. 197-252). New York: Academic Press.

Anschrift des Autors:

Dr. Günter Dörr, Dipl.-Psych., An der Haardt 1a, 6686 Eppelborn.