

Neuorientierung des Primarbereichs

Band 1

Entwicklung der Lernfähigkeit

Hubertus Halfas · Friedemann Maurer · Walter Popp



Ernst Klett Verlag Stuttgart

(1972)

Struktureller Transfer durch Analogiebildung

Ein entwicklungspsychologischer Beitrag zur Deutung
von Lernprozessen¹

Es liegt nahe, das Problem der „formalen Bildung“ mit psychologischen Prinzipien der Übungsübertragung, des Transfers, zu analysieren². Formale Bildung wird angestrebt, wenn der Schüler die „Struktur“ eines Wissensgebietes anhand ausgesuchter Beispiele erfassen soll oder wenn dem Schüler durch Beschäftigung mit ausgewählten Stoffen (z. B. mit lateinischer Sprache oder Mathematik) allgemein die Bewältigung von Problemen in anderen Bereichen erleichtert werden soll. Hoffnungen dieser Art beruhen auf der Annahme, daß es „Mitübung“ oder Transfer gebe. Zur Durchleuchtung des Transferegeschehens ist eine außerordentlich große Anzahl von empirischen Untersuchungen durchgeführt worden, die sich allerdings vorwiegend mit einfachen Lernprozessen, wie dem Auswendiglernen sprachlichen Materials, der Reizdiskrimination und dem Erwerb sensomotorischer Fertigkeiten, beschäftigen.

Beschränkung der assoziationspsychologischen Transferforschung

Der theoretischen Grundhaltung der Mehrzahl der Lernpsychologen und den vorwiegend gewählten Forschungsgegenständen entsprechend, beherrschen die assoziationspsychologischen Ansätze der Transferinterpretation heute das Feld. In den frühen Phasen der Lernpsychologie (THORNDIKE, WOODWORTH, EBBINGHAUS) wurde die Theorie der identischen Elemente formuliert, nach der wir Übungsübertragung zwischen einer Aufgabe A und einer Aufgabe B in dem Maße zu erwarten haben, wie die beiden Aufgaben identische Elemente enthalten, so z. B. dann, wenn zwei zu lernende Listen mit sinnlosen Silben gleiche Silben enthalten oder wenn zwei Sprachen gleiche Wörter oder Wortstämme aufweisen.

¹ Der Aufsatz wurde für diesen Band geschrieben.

² Vgl. z. B. K. Fuchs, Formale Bildung im Lichte der Untersuchungen zum Transferproblem — Transfer von Fertigkeiten, in: Psychologische Beiträge H. 3, 1957, S. 265—280.

Die Theorie der identischen Elemente umfaßt aber nur einen kleinen Ausschnitt der Transferphänomene. Es hat sich regelmäßig ergeben, daß auch Ähnlichkeiten zwischen den Elementen zweier Lernaufgaben schon für das Auftreten eines Transfereffektes ausreichen, was auf Reiz- bzw. Reaktionsgeneralisierung zurückgeführt werden kann. Verbales Paar-Assoziationslernen (Reizwort — Reaktionswort) bietet sich besonders für die Manipulation von Ähnlichkeiten und die Untersuchung ihres Wirkens im Transferegeschehen an. Man hat die Ähnlichkeit der Reize und der Reaktionen zweier Lernaufgaben systematisch variiert und hat Regelmäßigkeiten gefunden, die eine in Grenzen präzise Voraussage des Transfereffektes zwischen zwei Lernmaterialien gestatten. Wir können positiven und negativen Transfer voraussagen, je nach der Reiz- und/oder Reaktionsähnlichkeit zweier Lernaufgaben, was in einschlägigen Diskussionen nachzulesen ist³.

Für die Belange des Unterrichts und für die Deutung der kognitiven Entwicklung sind diese Forschungen aber nur von geringerem Interesse. Es gibt im schulischen und außerschulischen Lernen kaum Materialien, die sich eindeutig in Reiz- und Reaktionskomponenten gliedern lassen, wie beispielsweise Listen mit Reiz- und Reaktionswörtern. Wenn wir das meist schwierig zu lösende Problem der Bestimmung der Ähnlichkeit zwischen Reizen oder Reaktionen noch hinzunehmen, wird es unmittelbar einleuchten, daß diese assoziationspsychologischen Forschungen nur in engen Grenzen für die Planung von Lernsituationen innerhalb und außerhalb der Schule zu nutzen sind.

Fruchtbarer scheinen hier die mediationstheoretischen Transferinterpretationen zu sein, die Übungsübertragung auf das Vorhandensein gemeinsamer Assoziate zurückführen, die als vermittelnde Glieder fungieren. So kann ein Individuum auf völlig verschiedene Reizsituationen in gleicher Weise reagieren, wenn es beide gleich benennt (gemeinsames Assoziat: Benennung). So mag ein Kind gewisse Reaktionsweisen gegenüber seinem Lehrer ausgebildet haben, die es auf eine andere Person überträgt, wenn ihm diese ebenfalls als Lehrer vorgestellt wird. Gleiche oder unterschiedliche Reaktionen auf verschiedene Pilzsorten mögen weniger durch äußere Ähnlichkeit bestimmt sein als durch die Benennung als giftig und ungiftig. Nach der Mediationstheorie brauchen verschiedene gleich behandelte Reizkonfigurationen keine gemeinsamen oder ähnlichen materiellen Elemente zu haben, es genügt, wenn sie gemeinsame Reaktionsglieder aufweisen. So haben die Exemplare eines Begriffs den Be-

³ Vgl. z. B. H. Hörmann, Die Bedingungen für das Behalten, Vergessen und Erinnern, in: R. Bergius (Hrsg.), Handbuch der Psychologie Bd. 1, 2. Halbband, Göttingen 1964 und K. Foppa, Lernen, Gedächtnis, Verhalten, Köln 1965.

griffsnamen als gemeinsames Assoziat. Gemeinsame Assoziat zwischen Reizkonstellationen können also Übungsübertragung erklären. Wir müssen uns aber fragen, wie es zur Ausbildung dieser gemeinsamen Assoziat kommt und worin diese gemeinsamen Assoziat bestehen können.

Mit der Beantwortung dieser Fragen können die Unzulänglichkeiten auch dieses assoziationspsychologischen Interpretationsversuches von Übungsübertragung aufgezeigt werden. Wir greifen dabei auf einen Fall zurück, der zu einer Kontroverse zwischen der Assoziationspsychologie und der kognitiven Psychologie geführt hat, auf das Problem der Transposition.

Das Transpositionsproblem

Die kognitive Interpretation wurde von gestaltpsychologischer Seite vertreten⁴. Sie impliziert das Erkennen (die Kognition) von Größenrelationen. Lernt ein Proband in einer ersten Trainingsphase von zwei Kästchen dasjenige auszuwählen, auf dem sich das größere Quadrat befindet (z. B. 256 cm² gegenüber 160 cm²), weil er darin eine Belohnung findet, so spricht man dann von Transposition, wenn der Proband auch bei späteren Wahlen jeweils das Kästchen mit dem größeren Quadrat wählt, selbst wenn sich die absolute Größe der Quadrate ver-

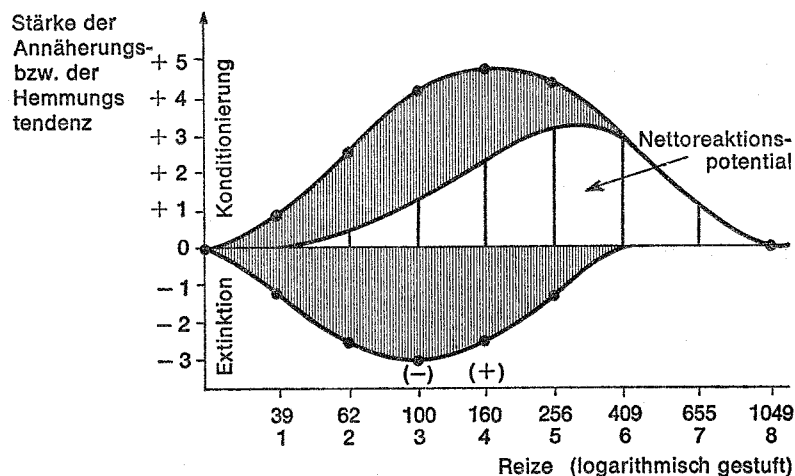


Abb. 1: Spence's Modell des Transpositionsverhaltens

⁴ W. Köhler, Intelligenzprüfungen an Menschenaffen, Berlin 1921.

ändert. Der Proband transponiert damit die Relation, die er im Training zu beachten gelernt hat, auf andere Reizpaare, ohne an den absoluten Reizgrößen hängen zu bleiben.

SPENCE⁵ hat dieser kognitiven Deutung eine assoziationspsychologische gegenübergestellt, in der auf eine Relationswahrnehmung verzichtet wird und die auf dem Lernen von Reaktionen gegenüber der absoluten Reizgröße basiert. Er benötigt dazu die Prinzipien der Reizgeneralisation und der Hemmungsgeneralisation.

Es wird während des Trainings eine Annäherungsreaktion (Wahl) an den positiven Stimulus (160 cm²) und eine Hemmungstendenz gegenüber dem negativen Stimulus (100 cm²) aufgebaut. Beide Tendenzen generalisieren auf andere Stimuli, wobei die Generalisationstendenzen mit abnehmender Ähnlichkeit geringer werden. Hemmungs- und Annäherungstendenz ergeben eine Nettoreaktionstendenz (siehe Abbildung 1). Das Modell würde nun voraussagen, daß bei späteren Testversuchen jeweils diejenige Alternative gewählt wird, für die das größte Nettoreaktionspotential besteht. Man erkennt unschwer, daß Spence andere Voraussagen trifft als die Gestaltpsychologie.

Alternativen		Wahl bei Annahme von Transposition	Wahl bei Annahme der Spenceschen Deutung
Trainingspaar:	3/4	4	4
Testpaare (Transfer)	1/2	2	2
	2/3	3	3
	4/5	5	5
	5/6	6	5
	6/7	7	6
	7/8	8	7

Die inzwischen vorliegenden Befunde zeigen, daß keine der beiden Theorien Alleingültigkeit beanspruchen kann. In der Regel wird bei Tieren und jungen Kindern die Ansicht von Spence, bei älteren Kindern und Erwachsenen die gestaltpsychologische Auffassung gestützt. Ältere Kinder und Erwachsene scheinen also Größenrelationen wahrzunehmen und

⁵ K. W. Spence, The basis of the solution by chimpanzees of the intermediate size problem, in: Journal of Experimental Psychology, 31, 1942, S. 257—271.

zu beachten, während jüngere Kinder und infrahumane Organismen dies nicht tun.

KUENNE⁶ versucht nun eine meditationstheoretische Interpretation. Sie schlägt eine Unterscheidung zwischen Individuen mit und ohne Sprachbeherrschung vor. Sprache ermöglicht nach ihr eine Relationsbenennung („der *kleinere*“, „der *größere*“). Diese Benennungen ermöglichen dann eine Transpositionsleistung, wenn sie sowohl im Training als auch in nachfolgenden Transferversuchen als Assoziat verwendet werden können. Demnach würde z. B. jeweils derjenige Reiz gewählt, der „der größere“ genannt wird.

Diese assoziationspsychologische Deutung ist aber insofern unzulänglich, als die korrekte Verwendung der Benennung das Erkennen und Beachten von Relationen voraussetzt. Das Erkennen von Relationen ist eine Strukturierungsleistung des Individuums. Welche Relationen erkannt werden können, hängt davon ab, welche Strukturen ein Individuum gebildet hat⁷.

Wir können Transfer im Sinne der Transposition nur erwarten, wenn Größenrelationen erkannt und beachtet werden, wenn also die strukturellen Gemeinsamkeiten zwischen Trainingsaufgabe und Testaufgabe erkannt werden. Sofern das gemeinsame Assoziat, das als Grundlage der Übungsübertragung angenommen wird, von einer Strukturierungsleistung des Individuums abhängt, muß die assoziationsstheoretische Transferdeutung zumindest ergänzt werden durch eine Analyse des Strukturierungsverhaltens. Erst die Kenntnis der Strukturierungsleistungen erlaubt eine valide Transferprognose. Dies trifft bereits zu bei vergleichsweise einfachen Strukturierungen, wie dem Wahrnehmen von Größenrelationen, es wird noch evidenter, wenn wir komplexere Strukturen betrachten.

Struktur und struktureller Transfer

Das Assoziationsmodell des Typs *S* (Reiz) — *R* (Reaktion) erlaubt es nicht, die spezifischen strukturellen Züge, die spezifische Organisation vieler wichtiger Lerngegenstände zu beschreiben. Mit der Aneinanderkoppelung eines Reizes und einer Reaktion ist der Aufbau z. B. des Begriffes „Bruch“ im Rechenunterricht nicht adäquat zu beschreiben. Die den Begriff kennzeichnenden Zusammenhänge sind mathematische Relationen und nicht Assoziationen. Das heißt nicht, daß assoziationspsycho-

⁶ M. R. Kuenne, Experimental investigation of the relation of language to transposition behavior in young children, in: Journal of Experimental Psychology H. 36, 1946, S. 471—490.

⁷ J. Piaget, Psychologie der Intelligenz, Zürich 1947.

logische Betrachtungen nicht auch ihre Bedeutungen haben, wie z. B., was die Anordnung von Lernsituationen für das Auswendiglernen oder für die Aktivierung von Regeln in bestimmten Problemsituationen anbelangt. Es soll hier nur behauptet werden — was im folgenden zu begründen sein wird —, daß es nützlich ist, die strukturellen Zusammenhänge zu beschreiben, die durch den Begriff der Assoziation nicht adäquat zu erfassen sind. Wenn sich aber kognitive Strukturen, wie Begriffe, Regeln, Operationen, nicht in Termini der Assoziation adäquat beschreiben lassen, werden assoziationsstheoretische Ansätze des Lernens und der Übungsübertragung für ihren Aufbau (wohl für ihre gedächtnismäßige Konsolidierung) nur beschränkt nützlich sein. Wollen wir vorausgehendes Lernen für den Aufbau neuer kognitiver Strukturen ausnutzen, wird es nicht reichen, zu fragen, welche Assoziationen bereits gebildet wurden. Wir müssen auch fragen, welche Strukturen bereits aufgebaut wurden, die sich für den Aufbau neu einzuführender Strukturen ausnutzen lassen, weil sie strukturelle Merkmale mit diesen gemeinsam haben.

Dieser Frage wollen wir nachgehen, wobei wir an die Entwicklungspsychologie PIAGETS anknüpfen werden. Wir unterscheiden mit PIAGET *Verhaltensinhalte* und *Verhaltensstrukturen*. Verhaltensinhalte sind die Rohdaten psychologischer Beobachtungen, also konkrete Handlungen und Denkkakte. An ihnen können wir eine Struktur feststellen. Wir sprechen von Struktur, wenn wir an einer Handlung oder einem Denkkakt Elemente und Verknüpfungen, Beziehungen unterscheiden. Als Elemente können Gegenstände, Attribute und Ergebnisse vorhergehender Handlungen oder Denkkakte angesehen werden, als Verknüpfungen alle möglichen Relationen räumlicher, zeitlicher, kausaler, mengenmäßiger Art usw. So können wir an der Handlung des Greifens Elemente unterscheiden (*A*: das Ergriffene; *B*: das Greifinstrument, wie Hand, Zange usw.) und eine Beziehung feststellen (*A* wird von *B* „umfaßt“, d. h. an mindestens zwei verschiedenen Seiten berührt). Bei der Addition unterscheiden wir als Elemente die Summanden und als Beziehung das Zusammenfügen. Die Struktur einer Klassenverschachtelung enthält als Elemente die Klassen *A* (Schäferhunde), *A'* (alle anderen Haushunde), *B* (Haushunde), *B'* (alle anderen Hundetiere), *C* (Hundetiere), *C'* (alle anderen Säugetiere) usw. Als Elemente haben wir hier *A*, *A'*, *B*, *B'* usw., als Beziehung das Eingeschlossenensein von *A* und *A'* in *B*, von *B* und *B'* in *C* usw. Wir können auch davon sprechen, daß *A* und *A'* zusammen die Klasse *B* bilden, *B* und *B'* zusammen die Klasse *C*.

Wir sprechen also von Struktur, wenn wir Elemente und Verknüpfungen zwischen den Elementen unterscheiden wollen. Für unsere gegenwärtige

Betrachtung der Übungsübertragung sind zwei Dimensionen von besonderer Bedeutung: der Grad der *Spezifität* bzw. der *Allgemeinheit* einer Struktur und der Grad ihrer *Komplexität*.

Dimensionen der Entwicklung von Strukturen

Strukturen können unterschiedlich spezifisch (konkret) oder allgemein (abstrakt) sein. Der eine Pol dieser Dimension ist gekennzeichnet durch eine konkrete Beziehung an konkreten Elementen, der andere Pol durch abstrakte Strukturformen, in denen die Elemente nicht konkretisiert, sondern als Variable dargestellt sind. Ein Beispiel für eine konkrete Struktur könnte sein: Der Arm ist ein Teil des Menschen. Abstrakt formuliert hieße es: *A* ist Teil von *B*, wobei *A* und *B* Variablen sind. Diese abstraktere Struktur, *A* ist Teil von *B*, kann interpretiert werden etwa mit der Aussage: Der Arm ist ein Teil des Menschen, oder, der Henkel ist Teil der Tasse usw.

Auch die Verknüpfungen können auf unterschiedlich hohem Abstraktionsniveau dargestellt werden. Im gerade angeführten Beispiel ist die Verknüpfung („ist Teil von“) konkret angegeben. Wir können eine abstraktere Darstellung wählen und z. B. sagen: „gehört zu“, wobei die Beziehung „gehört zu“ auf mehrere Weisen interpretiert, konkretisiert werden kann, wie beispielsweise „ist Teil von“ oder „ist Merkmal von“ oder „ist Eigentum von“ oder „ist verwandt mit“ usw.

Bezüglich des Aufbaus von Strukturen in der Entwicklung und auch in der systematischen Unterrichtung ist die Frage interessant, ob nur jeweils ein spezifisches inhaltliches Wissen über einen konkreten Sachverhalt („Der Arm ist Teil des Menschen“) oder ob gleichzeitig mit solch konkretem Inhalt über einen spezifischen Sachverhalt eine allgemeinere Struktur gelernt wird, die, etwa auf neue Inhalte angewandt, übertragen werden kann.

Was sagt PIAGET zu diesem Problem? Für die höheren kognitiven Strukturen wählt PIAGET eine sehr abstrakte Darstellung, nämlich logische Formalisierungen, wie Gruppierungen, Gruppen-, Netzstrukturen usw. Diese Strukturen sind als hypothetische Konstrukte aufgefaßt, die sich jeweils im Inhaltlichen einer Handlung oder eines Denkaktes konkretisieren. PIAGET glaubt wohl, daß es berechtigt sei, eine abstrakte Darstellung dieser Strukturen zu wählen, da es sinnvoll sei, allgemeine Strukturen anzunehmen. Er glaubt, daß nicht nur spezifische Inhalte, sondern allgemeine Strukturen aufgebaut werden. Diese Hypothese belegt er durch Beobachtungen wie diejenige, daß im gleichen Entwick-

lungsabschnitt etwa gleichzeitig viele Verhaltensinhalte erstmalig auftauchen, an denen man strukturelle Verwandtschaft feststellen könne. Beispielsweise leitet er die Berechtigung der Annahme einer allgemeinen Struktur, wie sie in der „Gruppierung I“ der „additiven Komposition der Klassen“ dargestellt ist, aus der Beobachtung ab, daß etwa zur gleichen Zeit in der Entwicklung (zwischen dem 7. und 9. Lebensjahr) verschiedene Verhaltensweisen auftauchen, die auf diese gleiche Struktur zurückzuführen sind. Hierarchische Klassenverschachtelungen werden zur gleichen Zeit in verschiedenen Gegenstandsbereichen möglich, ebenso ein Durchlaufen dieser Verschachtelungen auf verschiedenem Wege, ebenso die Lösung von Klasseninklusionsproblemen. Auf einer späteren Stufe der Entwicklung (Stufe des formalen Denkens) hält er die Annahme einer Struktur in Form eines allgemeinen kombinatorischen Systems für berechtigt, weil etwa zur gleichen Zeit verschiedene Verhaltensweisen auftauchen, die auf ein solches kombinatorisches System zurückgeführt werden können⁸.

PIAGET konzidiert allerdings, daß auf tieferem Entwicklungsniveau die Strukturen nicht allgemein, sondern an spezifische inhaltliche Gegebenheiten gebunden seien. So hat der Begriff *Schnecke* in der Periode des „anschaulichen Denkens“ keine Allgemeinheit, sondern ist gebunden an das Vorstellungsbild einer spezifischen Schnecke. Und der Begriff *Vater* kann während der gleichen Periode gebunden sein an das Vorstellungsbild des eigenen Vaters, was die generelle Verwendung des Begriffes einschränken mag und z. B. dazu führt, daß ein jugendlicher Mann nicht als Vater klassifiziert werden kann⁹. Der allgemeine abstrakte Begriff Vater wäre demgegenüber ausschließlich durch verwandtschaftliche oder rechtliche Beziehungen definiert.

AEBLI¹⁰, der die Intelligenztheorie PIAGETS didaktisch auswertet, nimmt allerdings auch in späteren Entwicklungsabschnitten für jeden kognitiven Aufbau prozess eine erste Phase an, bei der er davon ausgeht, daß eine Struktur an einem konkreten Fall erarbeitet wird und spezifische konkrete Züge dieses Falles enthält. Dies führt zu einer Einschränkung der Generalisierbarkeit (Übertragbarkeit, Anwendbarkeit) dieser Struktur auf andere Gegenstandsbereiche. Um diese Übertragbarkeit zu erreichen, ist ein „Durcharbeiten“ oder ein „operatorisches Üben“ notwendig, das das Ziel hat, die allgemeinen strukturellen Züge herauszu-

⁸ J. Piaget und B. Inhelder, *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*, Paris 1955.

⁹ S. zu dieser Thematik J. Piaget, *Nachahmung, Spiel und Traum*, Stuttgart 1970.

¹⁰ H. Aebli, *Grundformen des Lehrens*, Stuttgart 1961; und ders., *Psychologische Didaktik* Stuttgart 1963.

arbeiten und die Struktur von den spezifischen inhaltlichen Merkmalen des „Einführungsgegenstandes“ zu reinigen. Als Beispiel hierfür kann der Begriff der Höhe eines Dreiecks angesehen werden. Angenommen, dieser Begriff wird erarbeitet an einem Dreieck, dessen Winkel alle unter 90° sind (Fall A der Abb. 2). Hier liegt die Höhe innerhalb des Dreiecks. Es ist fraglich, ob an diesem Beispiel eine allgemeine abstrakte Struktur erarbeitet werden kann, die beispielsweise eine Anwendung auf den Fall B der Abb. 2 erlaubt, wo die Höhe über der Grundlinie außerhalb des Dreiecks liegt.

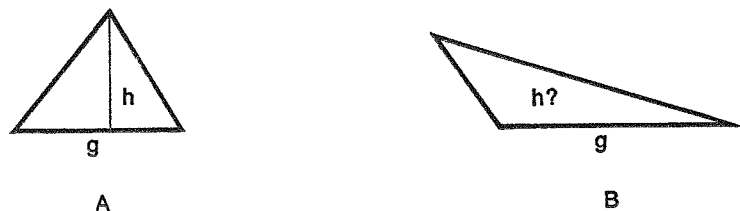


Abb. 2: Illustration einer Aufgabe des operatorischen Übens. Reinigung einer Struktur (hier: Höhe eines Dreiecks) von irrelevanten konkreten Zügen.

Man kann aufgrund der allgemeinen didaktischen Erfahrung annehmen, daß sich nicht jeder Gegenstandsbereich gleichermaßen eignet, eine Struktur aufzubauen. Man hat mit Sammelbegriffen wie „Anschaulichkeit“ besonders günstige Lernsituationen zu charakterisieren versucht. Die Entwicklungspsychologie begegnet dem Problem der unterschiedlichen Eignung von Gegenstandsbereichen zum Aufbau einer Struktur im Phänomen der Verschiebungen. Der Terminus wurde von PIAGET eingeführt und bezeichnet den Tatbestand, daß die gleiche Struktur je nach Gegenstand früher oder später in der Entwicklung auftaucht. Solche Verschiebungen scheinen für die Berechtigung der Annahme gegenstandsspezifischer Strukturen zu sprechen, oder aber sie zeigen, daß situative Merkmale und Gegenstandsmerkmale im Prozeß der Anwendung einer allgemeinen Struktur eine wichtige Rolle spielen. Die heute vorliegenden empirischen Befunde erlauben noch nicht die Formulierung allgemeiner Prinzipien. Sie zeigen nur, daß die Aspekte des Inhalts eine große Rolle spielen. Über die Bedingungen, die die Verschiebungen kontrollieren, wissen wir erst wenig. Aber KOHNSTAMM¹¹ hat z. B.

¹¹ G. A. Kohnstamm, An evaluation of part of Piaget's theory, in: Acta Psychologica H. 21, 1963, S. 313—356; und ders., Teaching children to solve a Piagetian problem of class inclusion, Den Haag 1967.

eindrucksvoll nachgewiesen, daß die Zahl der Elemente für die Lösung von Problemen der Klasseninklusion eine große Bedeutung hat. ZIMILES¹² bestätigt dies für den Erwerb der Zahlkonstanz. Wir kommen auf das Problem der Verschiebungen wieder zurück und werden eine Hypothese zur didaktischen Ausnützung solcher Verschiebungen formulieren.

Neben der Dimension Spezifität — Allgemeinheit einer Struktur ist die Dimension Komplexität von Bedeutung, wobei wir als Kriterien entweder die Zahl der Beziehungen oder die Zahl der verschiedenartigen Beziehungen heranziehen können. So ist im sensomotorischen Bereich die Struktur „Werfen“ komplexer als die Struktur „Greifen“, weil das Werfen das Greifen impliziert, darüber hinaus aber noch das Bewegen und das Loslassen des Ergriffenen umfaßt. In begrifflichen Systemen haben wir etwa dann eine höhere Komplexität, wenn wir eine Kollektion von Gegenständen nicht nur nach einem Merkmal, sondern gleichzeitig nach mehreren Merkmalen klassifizieren. So ist PIAGETS „Gruppierung III“, die Multiplikation von Klassen, komplexer als die Gruppierung I, die additive Komposition von Klassen¹³.

Entwicklung als Konstruktions-(Aufbau-)prozeß

PIAGETS System gibt eine konstruktivistische Deutung der Entwicklung. Folgende Beobachtungen liegen dieser Deutung zugrunde: 1. Es lassen sich in der Entwicklung Sequenzen von Verhaltensweisen unterscheiden. 2. Die Abfolge der Entwicklungsschritte ist eine notwendige, und sie ist nicht umkehrbar. Solche Sequenzen bestehen im Bereich der sensomotorischen Entwicklung, die von der Übung der Reflexe bis zu den sogenannten tertiären Zirkulärreaktionen reicht, d. h. bis zum aktiven Experimentieren und systematischen Ausprobieren verschiedener Handlungsschemata¹⁴. Solche Sequenzen liegen aber z. B. auch dem Aufbau von Denkopoperationen zugrunde. Das voroperatorische, eindimensionale

¹² H. Zimiles, The development of conservation and differentiation of numbers; in: Monographs of the Society for Research in Child Development Vol. 31, No. 6, 1966.

¹³ Neben dem Grad an Allgemeinheit und an Komplexität von Strukturen betont Piaget insbesondere den Grad an Beweglichkeit, den eine Struktur aufweist, als weitere entwicklungspsychologische Dimension. Wir wollen auf diesen Aspekt hier nicht eingehen und verweisen auf einschlägige Diskussionen. (Z. B. J. Piaget, Logique et équilibre dans le comportement du sujet, in: L. Apostel, B. Mandelbrot und J. Piaget, Logique et équilibre, Etudes d'épistémologie génétique, Paris 1957; B. Seiler, Die Reversibilität in der geistigen Entwicklung, Stuttgart 1968; L. Montada, Über die Funktion der Mobilität in der kognitiven Entwicklung, Stuttgart 1968.)

¹⁴ J. Piaget, Das Erwachen der Intelligenz beim Kind, Stuttgart 1969.

Denken ist stets vor den komplexeren, mehrere Dimensionen umfassenden und verarbeitenden Operationssystemen zu beobachten¹⁵.

Diese Entwicklungssequenzen und ihre Nicht-Umkehrbarkeit bedürfen einer Erklärung. PIAGET vertritt die Meinung, daß die Abfolgen darum notwendig seien, weil die späteren Entwicklungsschritte auf den früheren fußen und sich — zumindest teilweise — aus ihnen ableiten. PIAGETS Erklärung der Entwicklung ist eine konstruktivistische. Im Gegensatz zur traditionellen Lernpsychologie, die den Lernprozeß in einem ganzen Netz funktionaler Abhängigkeiten sieht (wie Kontiguität, Verstärkung usw.), untersucht PIAGET die Frage, „in Funktion“ welcher Faktoren ein Entwicklungsschritt erfolge, im wesentlichen nur unter der Perspektive der Derivation neuer Strukturen aus den vorher aufgebauten: „Toute genèse part d'une structure et aboutit à une autre structure¹⁶.“ Er geht aus von empirisch vorgefundenen (wenn auch vielfach im Sinne moderner psychologischer Forschung nicht gut gesicherten) Entwicklungsabfolgen. Er erklärt diese durch eine Derivationshypothese. Das Instrument dieser Erklärungsweise ist die (gedankliche) Strukturanalyse¹⁷: PIAGET erklärt den neuen Entwicklungsschritt, der zur Entstehung einer „höheren“ Struktur führt, dadurch, daß er aufzeigt, welche „tieferen“ (vorher aufgebauten) Verhaltensweisen in die höhere Struktur als notwendige und integrierte Elemente eingehen.

Die Derivationshypothese (oder die Hypothese des Konstruktivismus) kann nun didaktisch ausgewertet werden, was PIAGET zwar nicht selbst tut. Sie führt zunächst zur Erkenntnis, daß ein Lernstoff zergliedert werden muß in Elemente und Substrukturen und daß diese gelernt werden müssen, bevor die umgreifenderen Strukturen aufgebaut werden können. Für einen Didaktiker ist eine solche Feststellung trivial. Sie bezeichnet ein seit langem anerkanntes Grundprinzip des didaktischen Vorgehens. Unter der Bezeichnung Lernen in „kleinen Schritten“ wurde es in der Diskussion um Formen der programmierten Unterweisung erst kürzlich wieder ausgiebig referiert, wobei zwar das Prinzip der kleinen Schritte weniger genau definiert wurde, als wünschenswert wäre, denn nach welchen Kriterien wird bestimmt, was ein kleiner Lernschritt ist? Vielleicht könnte eine Verbindung zwischen der Forderung nach kleinen Schritten und der Forderung nach einer Strukturanalyse, die als Ergebnis die Einsicht in den Aufbau eines Lernstoffes hat, nützlich sein. Von seiten der Lernpsychologie hat vor allem GAGNÉ in mehreren Publikationen auf die Notwendigkeit der Analyse des hierarchischen Aufbaues

eines Lernstoffes hingewiesen¹⁸. Den Gewinn aus der Übung der „untergeordneten Fähigkeiten“ für den Erwerb der hierarchisch übergeordneten nennt Gagné *vertikalen Transfer*.

Diesem vertikalen stellt er den *lateralen Transfer* gegenüber, womit er im wesentlichen den Übungsgewinn für hierarchisch gleichgeordnete Aufgaben meint. Um mit PIAGET zu reden: Lateraler Transfer liegt dann vor, wenn eine Struktur auf eine andere Aufgabe übertragen wird. Wir wollen im folgenden versuchen, eine Deutung des lateralen Transfers aus PIAGET Theorie abzuleiten, wobei wir uns auf den Begriff der Assimilation abstützen werden.

Lernen durch Analogie oder lateraler struktureller Transfer

Ich gehe aus von einem entwicklungspsychologischen Untersuchungsgegenstand. PIAGET schreibt Kindern eines bestimmten Entwicklungsniveaus die Ansicht zu, daß ein Gegenstand (etwa ein Modell, auf dem drei Berge modelliert sind) von allen Seiten her so aussehe, wie sie selbst gerade den Gegenstand von ihrem Standort aus sehen¹⁹. Dies gilt als ein klassisches Beispiel für den kindlichen Egozentrismus. Angenommen, Kindern fehle die Einsicht, daß ein Gegenstand von verschiedenen Seiten her verschieden aussehen kann, wie würde man dann diese Einsicht vermitteln? Am besten durch einen Rückgriff auf eine analoge Erfahrung des Kindes, etwa daß die Mutter vom Rücken her anders aussieht als von vorne oder daß der Handrücken anders aussieht als die Innenfläche. Von solchen Erfahrungen ausgehend, könnte man eine Verallgemeinerung dieser Einsicht versuchen, ohne daß damit das Kind schon in die Lage versetzt wäre, zu bestimmen, wie ein Gegenstand von einem anderen Standort aus gesehen genau aussieht.

Nehmen wir noch einen weiteren entwicklungspsychologischen Tatbestand: PIAGET (und andere vor ihm) haben aufgrund vieler Beobachtungen ein Entwicklungsstadium angenommen, das durch animistische und artifzialistische Deutungen von Naturerscheinungen gekennzeichnet ist. Eine animistische Deutung schreibt der toten Natur Willen, Absichten und Emotionen zu und liegt etwa dann vor, wenn behauptet wird, der Regen „wolle“ uns naß machen, und die Sonne „wolle“ etwas wachsen lassen. Auch der „böse“ Stein, an dem wir uns gestoßen haben, wird in Analogie zum willentlich handelnden Menschen gesehen. Eine artifzia-

¹⁵ Vgl. z. B. J. Piaget, *Psychologie der Intelligenz*, a. a. O.

¹⁶ J. Piaget, *Structure et genèse*, in: J. Piaget, *Six études en psychologie*, Genève 1964.

¹⁷ L. Montada, a. a. O.

¹⁸ R. M. Gagné, *Die Bedingungen des menschlichen Lernens*, Hannover 1969.

¹⁹ J. Piaget und B. Inhelder, *La représentation de l'espace chez l'enfant*, Paris 1948.

listische Deutung der Natur liegt bei der Annahme vor, ein handelndes Wesen habe Naturerscheinungen „gemacht“: „Wie kommen die Felsen hierhin?“ „Ein Maurer hat sie gebaut.“ „Warum ist hier ein See?“ „Ein Riese hat das Wasser aus dem Meer geholt.“

PIAGET hat solche Deutungen der Welt in einem weiteren Sinn egozentrisch genannt. Sie enthalten einen Analogieschluß von der eigenen Erfahrung auf die gedeuteten Gegebenheiten. Die Erfahrung des eigenen Willens, die Erfahrung der konstruktiven Tätigkeiten des Menschen werden auf die unbelebte Natur übertragen. Auch teleologische Deutungen sind in diesem Sinne in Analogie zum Zielbewußtsein (und zum Bewußtsein der Absicht) des handelnden Menschen zu verstehen.

Die Allgemeingültigkeit eines solchen Egozentrismus ist zwar mit Recht in Frage gestellt worden²⁰, aber ist das häufige Auftreten solcher Verhaltensweisen nicht unter zwei Annahmen verständlich? Die erste betrifft einen Zug des Systems PIAGET, das man mit Recht ein neukantianisches genannt hat. Demzufolge kann nur das verstanden werden, wofür ein Assimilationsschema (eine Struktur) zur Verfügung steht. Unter Assimilation wird die Einverleibung eines Gegenstandes in ein Verhaltensschema verstanden: „Die geistige Assimilation ist die Eingliederung des Gegenstandes in die Schemata (Strukturen) des Verhaltens...“²¹. Ein Schüler wird nach der Assimilationshypothese einen neuen Lerngegenstand so verstehen, oder er wird das an dem neuen Gegenstand verstehen, wofür er bereits Assimilationsschemata (Strukturen) konstruiert hat. Man muß demnach davon ausgehen, daß das Kind die Welt so begreift, wie es sie dank seiner bereits erworbenen Erkenntnisinstrumente erfahren kann, was in einem frühen Alter animistische Deutungen nahelegt. Diese Einsicht mag sich aber auch im vorwissenschaftlichen didaktischen Verhalten der Eltern widerspiegeln. Um dem Kind eine Sache begreiflich zu machen, greifen die Eltern auf das zurück, was das Kind bereits verstanden hat, und wofür es Assimilationsschemata zur Verfügung hat. Sie legen, wenn sie so verfahren, dem Kind animistische und artifizielle Deutungen nahe. Wie anders wollen sie einem Vierjährigen die Entstehung eines Gebirges erklären?

Im Falle der animistischen und artifiziellen Deutungen der Natur ist der Rückgriff auf ein bereits vorhandenes Wissen, der Rückgriff auf

vorhandene Assimilationsschemata nicht ungefährlich, da durch die Assimilation eine Verzerrung der wirklichen Zusammenhänge eintritt. Wer Prozesse der Natur an menschliche Arbeitsprozesse assimiliert, begibt sich in die Gefahr einer mehr oder weniger starken assimilatorischen Verzerrung, was dem didaktischen Ziel abträglich sein kann. Solche Verzerrungen müssen wieder ausgemerzt werden.

Das Beispiel der animistischen und artifiziellen Deutungen erhellt aber ein didaktisches Verfahren: Lehren eines neuen Gegenstandes durch Hinweise auf einen bekannten Gegenstand, der eine Struktur aufweist, die als Analogie (oder als konkretes Modell) für den neu einzuführenden Gegenstand dienen kann. Wo immer eine solche Ausnutzung bereits vorhandener Strukturen möglich ist, können diese das Begreifen (die Assimilation) des neuen Gegenstandes erleichtern. Ein struktureller Transfer wird möglich, wenn die bisher erworbenen Handlungs- und Denkstrukturen des Lernenden ausgenutzt werden (spontan oder didaktisch gelenkt). Diese Strukturen können realisiert sein in konkreten Sachbereichen, die als Analogie oder als Modell für den neu einzuführenden Gegenstand dienen können.

Vertikaler und lateraler Transfer

Jede Erklärung, jede Konstruktion baut auf den bisher erworbenen Denkstrukturen auf, insofern als die verwendeten Begriffe vom Lernen verstanden werden müssen. Ist deshalb immer ein lateraler struktureller Transfer in unserem Sinne impliziert? Durchaus nicht. Eine Erklärung muß selbstverständlich auf dem allgemeinen begrifflichen Repertoire des Lernenden aufbauen, ohne notwendigerweise ein Modell oder eine Analogie zu enthalten. Nehmen wir zur Verdeutlichung aus HULLS Lernpsychologie das Postulat der reaktiven Hemmung, und zwar in Anlehnung an die vereinfachte Formulierung HILGARDS²². „Jede Reaktion führt zum Aufbau reaktiver Hemmung. Erreicht diese eine bestimmte Stärke, kann sie die Ausführung einer Reaktion verhindern. Die reaktive Hemmung verschwindet spontan mit der Zeit.“ Diese Erklärung der reaktiven Hemmung ist jedem Studenten verständlich. Alle zentralen Begriffe sind geläufig, nur der Zusammenhang, in dem diese Begriffe stehen, ist neu.

In dieser Begriffserklärung wurde ein lateraler struktureller Transfer nicht versucht. Es wurde kein Modell und keine Analogie für reaktive

²⁰ Z. B. J. M. Deutsche, The development of children's concepts of causal relations, Minneapolis 1937.

²¹ J. Piaget, Psychologie der Intelligenz, a. a. O. Das Konzept der Assimilation richtet sich im wesentlichen gegen eine empiristische Abbildtheorie, und es gelingt Piaget in der Tat, nachzuweisen, daß die Hypothese einer direkten Abbildung eines Gegenstandes im „Geist“ zurückzuweisen ist. (S. dazu z. B. H. Aebli, Über die geistige Entwicklung des Kindes, Stuttgart 1963.)

²² E. R. Hilgard und G. H. Bower, Theorien des Lernens, Stuttgart 1969.

Hemmung verwendet, in denen wichtige strukturelle Züge des Begriffs „reaktive Hemmung“ enthalten wären. Wir könnten aber — was in der Regel auch getan wird — an den Begriff der Ermüdung erinnern. HULLS Konzept der reaktiven Hemmung ist nicht identisch mit dem Begriff der Ermüdung, aber dieser enthält alle wesentlichen Zusammenhänge des HULLSCHEN Konzeptes: Ermüdung wird durch (anstrengende Tätigkeiten (Reaktionen) hervorgerufen. Übersteigt sie ein bestimmtes Maß, verhindert sie weitere Tätigkeiten. Die Ermüdung verschwindet spontan, wenn man sich ausruht. Hier liegt also im Begriff der Ermüdung eine bekannte, konkrete Struktur vor, die als Modell für das HULLsche Postulat der reaktiven Hemmung gelten kann. Vielfach wird man im Repertoire des Lernenden keine Struktur auffinden, die bereits alle wesentlichen Zusammenhänge des neu zu lernenden Gegenstandes enthält, man wird aber in der Regel zumindest Teilzusammenhänge veranschaulichen können.

In der Idee des Konstruktivismus ist der Aufbau aus vorher gelernten Elementen enthalten. Auch im oben skizzierten Gedanken wird auf das vorher Gelernte, das vorher Aufgebaute zurückgegriffen. Aus der Idee des Konstruktivismus folgt didaktisch aber nur, daß man erst die Elemente konstituieren muß, wodurch das Lernen der umgreifenden Verbindung zwischen den Elementen erleichtert wird. Dieses kann als *vertikaler Transfer* verstanden werden. In der hier vorgeschlagenen Hypothese zum *lateralen strukturellen Transfer* wird hingegen etwas anderes betont: Etwas Neues wird aufgebaut, indem man ausgeht von einer bekannten (evtl. konkreten) Struktur, die für das Neue nicht Element, sondern Modell oder Analogie ist, indem man also zurückgreift auf einen Gegenstand, der wenigstens einige Zusammenhänge enthält, die auch für die neu aufzubauende Struktur charakteristisch sind.

Die Idee, Verständnis und Problemlösungen durch das Mittel der Analogie oder des Modells zu erleichtern, ist auch in der denpsychologischen Literatur nicht neu. So hat O. SELZ die Hypothese der Mittelabstraktion formuliert. Diese Hypothese bezeichnet die Herauslösung eines Gegenstandes aus seiner gewohnten Umgebung zur Verwendung in einem neuen Kontext. So mußte Franklin den Drachen aus dem Kontext Kinderspiel herauslösen, um den Drachen als Verbindung zwischen Himmel und Erde bei der Suche nach einem Blitzableiter zu sehen²³. Hier ist der Drache eine Analogie für die herzustellende Verbindung zwischen Himmel und Erde.

²³ O. Selz, Die Gesetze der produktiven und reproduktiven Geistestätigkeit, Bonn 1924.

Um den Unterschied zwischen dem klassischen konstruktivistischen Gedanken (vertikaler Transfer) und dem lateralen Transfer zu verdeutlichen, möchte ich ein Beispiel aus der Mathematik aufgreifen. Viele unserer Schüler können Differentialrechnungen ausführen. Sie kennen die notwendigen Rechenoperationen. Sie haben alle mathematischen Elemente, die sie brauchen, um das neue Operationssystem des Differenzierens auszuführen. Viele aber werden keine Struktur gebildet haben, die ihnen das Lernen dieses neuen Operationssystems erleichterte. Für das Addieren haben sie ein konkretes Modell: Zusammenzählen. Für das Multiplizieren und Dividieren auch: wiederholtes Nehmen gleicher Mengen bzw. Aufteilen einer Menge in gleich große Teilmengen. Beim Differenzieren fehlt ein solches Modell, und das macht seine spezifische Schwierigkeit aus: Das System der Operationen muß neu aufgebaut werden, weil es keinen lateralen strukturellen Transfer gibt, weil ein sinnvolles Verankern in einer wohlbekannten Analogie nicht gelingt.

Wer in logischen Systemen ungeübt ist, wird die logische Wahrheit der komplexen Aussage $(A \cdot B) \vee (\neg A \vee \neg B)$ nur dann verstehen, wenn er diese allgemeine logische Struktur interpretiert, d. h. wenn er ein ihm verständliches Modell wählt. Meist wird man eine solche Interpretation durch Aussagen versuchen, deren Wahrheit man aus seinen Erfahrungen mit semantischem Material einsehen kann. Man muß die logische Zeichenverknüpfung sozusagen in eine Aussagenverknüpfung über eine bekannte Wirklichkeit übersetzen, wobei die aus der Umgangssprache her bekannten Verknüpfungswörter benutzt werden.

A bezeichnet dann z. B. den Zustand: „Es ist warm.“ B bezeichnet den Zustand: „Die Sonne scheint.“ Das Zeichen \cdot steht für die Konjunktion „und“, \vee steht für „oder“ und \neg steht für „nicht“. Die beiden Zustände A und B können auf vier verschiedene Weisen miteinander verknüpft in der Wirklichkeit vorkommen:

1. Es ist warm, und die Sonne scheint.
2. Es ist warm, und die Sonne scheint nicht.
3. Es ist nicht warm, und die Sonne scheint.
4. Es ist nicht warm, und die Sonne scheint nicht.

Wenn die logische Aussagenverknüpfung immer wahr sein soll, dann müssen alle vier Alternativen in ihr enthalten sein. Eine Prüfung wird ergeben, daß dies in der Tat der Fall ist. Zweifellos ist die logische Struktur der Aussagenverknüpfung $(A \cdot B) \vee (\neg A \vee \neg B)$ sehr viel allgemeiner als diese Interpretation. Man muß aber, um die Wahrheit

einzusehen, die allgemeine Struktur interpretieren mit Hilfe von Aussagen über vertraute Situationen.

Eine solche Interpretation, d. h. ein konkretes Modell einer allgemeinen Struktur, repräsentiert alle wesentlichen Beziehungen der allgemeinen Struktur. Dies ist bei Analogien nicht der Fall. Die Assimilation des Neuen durch eine im Erfahrungsschatz liegende Analogie kann unvollständig sein, d. h. sie erleichtert vielleicht nur die Einsicht in einen Aspekt des neuen Problems. Sie mag auch verfälschend sein wie im Falle der artifiziellistischen Naturdeutungen. Es wird also für den Lehrer darauf ankommen, diejenige Struktur und das konkrete Beispiel aus dem Erfahrungsschatz des Lernenden auszuwählen, die dem neueinzuführenden Gegenstand am vollständigsten und genauesten entsprechen. Vielfach wird es aber so sein, daß der Glücksfall einer schon vorhandenen Struktur, die alle wesentlichen Beziehungen des neuen Gegenstandes enthält, nicht gegeben ist. Aber auch in diesem Fall wird es möglich sein, durch Rückgriff auf vorhandene Strukturen wenigstens einiges am neuen Gegenstand zu erhellen. Es wird dann notwendig sein, Unterschiede zwischen Analogie und neuem Gegenstand klar herauszuarbeiten.

Eine Strukturanalyse eines Lerngegenstandes ergibt, welche Elemente der Gegenstand enthält und durch welche Relationen die Elemente verknüpft werden. Die Gesamtstruktur umfaßt alle Elemente und alle Verknüpfungen. Wird ein Modell oder eine Analogie für die Gesamtstruktur nicht gefunden, so können vielleicht doch Analogien für einzelne Elemente und einzelne Verknüpfungen auf diese Weise gefunden werden. Wer eine schematische Darstellung der Funktionsweise des Autos mit Verbrennungsmotor geben will, wird Elemente unterscheiden (Zylinder, Kolben, Vergaser, Kurbelwelle, Nockenwelle, usw.), und er wird Operationen nennen (Bewegung des Kolbens, Umsetzung der Kolbenbewegung in Drehbewegung usw.). In diesem Falle ist es kaum möglich, im Erfahrungsschatz des Individuums ein Modell zu finden, das alle wesentlichen Elemente und Verknüpfungsoperationen enthält. Aber es werden für viele einzelne Elemente und Operationen, wenn nicht für alle, Modelle und Analogien gefunden werden können, die das Verständnis erleichtern und die Bewahrung im Gedächtnis verbessern. Zylinder und Kolbenbewegung wird man vielleicht in Analogie zur Luftpumpe erklären. Für die Umsetzung einer Hin- und Her-Bewegung in eine Drehbewegung (die Kolbenbewegung wird auf die Kurbelwelle übertragen) wird man das Fahrrad heranziehen können, wo die Auf- und Ab-Bewegung der Beine in die Drehbewegung der Tretkurbel umgesetzt wird usw. Kennt der Lehrer den Erfahrungsschatz seiner

Schüler, wird er auf diesen zurückgreifen können, um die Assimilationen der Schüler zu lenken.

Diese Andeutungen sollen genügen. Wenn der Grundgedanke deutlich geworden ist, dürfte es nicht schwerfallen, Unterrichtsbeispiele einer Analyse zu unterziehen, die aufzeigen könnte, wie häufig man mit einem Rückgriff auf analoge Strukturen in konkreter Einkleidung arbeitet, die bereits im Repertoire des Schülers vorhanden sind. Die Ermöglichung einer Assimilation des neuen Stoffes durch Strukturen, die als Analogie oder konkretes Modell dienen, stellt das dar, was man lateralen strukturellen Transfer nennen kann. Dabei ist es von sekundärer Bedeutung, ob dieser Transfer gelenkt oder un gelenkt, bewußt oder unwissentlich ist.