

Leo Montada

Die Lernpsychologie Jean Piagets



Ernst Klett Verlag Stuttgart

(1970)

71-983



1. Auflage 1970
 Alle Rechte, insbesondere der übersetzten Zitate, vorbehalten.
 Fotomechanische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Verlages.
 Ernst Klett Verlag, Stuttgart.
 Printed in Germany
 Gesamtherstellung: Courier Druckhaus Ingolstadt

Inhalt

Zur Einführung (von Hans Aebli)	7
Vorwort	11
1. Entwicklung und Lernen	14
2. Piagets Entwicklungsbegriff	17
2.1. Was verändert sich in der Entwicklung? 17	
2.2. Ist die Veränderung der Strukturen gerichtet? 21	
2.2.1. Piagets Gleichgewichtsbegriff 21	
2.2.2. Handlungsfeld, Mobilität, Permanenz und Stabilität 24	
2.3. Wodurch wird die Veränderung der Strukturen ausgelöst? 27	
2.3.1. Piagets Kritik der Reifungstheorien 27	
2.3.2. Piagets Kritik empiristischer Lerntheorien 28	
2.3.3. Piagets Äquilibrationstheorie der kognitiven Entwicklung 36	
2.4. Entwicklung als Akkommodation 45	
2.5. Gleichgewichtsformen: Die Gruppierungen 50	
3. Theoretische Beiträge zu einer Lernpsychologie Piagets	56
3.1. Abriß der Erklärungen von Entwicklung 57	
3.1.1. <i>Jean Piaget</i> und <i>Bärbel Inhelder</i> : Abriß der Erklärungen von Entwicklung 58	
3.2. Die verschiedenen Typen des Lernens 63	
3.2.1. <i>Jean Piaget</i> : Die verschiedenen Typen des Lernens 66	
3.3. Kritik der traditionellen Lernpsychologie 72	
3.3.1. <i>Hans Aebli</i> : Vorstellungsbild und Operation 72	
3.3.2. <i>Jean Piaget</i> : Sensomotorisches Lernen oder das Lernen von Gewohnheiten 82	
3.3.3. <i>Hans Aebli</i> : Automatismus und Operation 93	
3.4. Genese und Struktur in der Psychologie der Intelligenz 102	
3.4.1. <i>Jean Piaget</i> : Genese und Struktur in der Psychologie der Intelligenz 106	
3.5. Logik und Gleichgewicht 114	
3.5.1. <i>Jean Piaget</i> : Problemstellung und Bedeutung des Begriffs Gleichgewicht 115	

3.6. Der Reversibilitätsbegriff im System Piagets 130 /
 3.6.1. *Thomas Bernhard Seiler*: Systematische Darstellung
 der Reversibilitätstheorie 132

4. Empirische Beiträge zu einer Lernpsychologie Piagets	148
X 4.1. Einführung 148	
X 4.2. Operatorisches Üben 150	
X 4.3. Mobilisierung des Denkens 164	
X 4.4. Die Übung grundlegender Operationen 175	
X 4.5. Reversibilitätstraining 182	
4.6. Lernen durch Analogie oder gelenkter Transfer 184	
4.7. Induktion kognitiver Konflikte 192	
4.8. Verhinderung von Denkgewohnheiten und „empirischen Begriffen“ 202	
X 4.9. Begriffsdifferenzierung 207	
4.10. Komplexe didaktische Versuche 214	
X 4.11. Der Einfluß der Sprache auf den Erwerb operatorischer Strukturen 220	
5. Lernexperiment und natürliche Entwicklung	234
5.1. Versuch einer Neuformulierung der Rolle der Erfahrung in der kognitiven Entwicklung 234	
5.1.1. <i>Joachim Wohlwill</i> : Versuch einer Neuformulierung der Rolle der Erfahrung in der kognitiven Entwicklung 237	
6. Literaturverzeichnis	247
7. Sachregister	252

Zur Einführung

Piaget ist ein ebenso wichtiger wie schwieriger Autor. Kein Wunder also, daß in Amerika gegenwärtig etwa alle sechs Monate eine „Einführung in die Entwicklungspsychologie von Jean Piaget“ erscheint: Das Bedürfnis nach Klärung und Deutung dieser Theorie ist bei den Psychologen und den Erziehern sehr groß. Diese Gesamtdarstellungen sind nützlich. Ob alle von ihnen der psychologischen Theorie und ihren Anwendungen viel weiterhelfen, kann man allerdings bezweifeln. Dies hängt nicht nur mit dem theoretischen Anspruch Piagets zusammen, der sich eines der komplexesten Probleme der modernen Psychologie stellt: dem Problem, die Mechanismen der geistigen Entwicklung zu erfassen. Darüber hinaus und vor allem ist Piagets Werk von den heute noch vorherrschenden psychologischen Denk- und Betrachtungsweisen zu verschieden, als daß es genügte, die lange Reihe seiner französischen Bücher auf 200 oder 400 Seiten zu komprimieren und sie auf englisch oder deutsch herauszubringen, um es in die gängige Psychologie einzubringen. Wo neunzig Prozent der heutigen Psychologen das Verhalten der Organismen in Begriffen von Reiz und Reaktion sehen (auch wenn sie es zum Teil nicht wahrhaben wollen), da denkt Piaget in den Begriffen eines Subjektes, das seine Umwelt handelnd erobert: Es ist also im echten philosophischen Sinne eine pragmatische Psychologie, und wo die gängigen Systeme (und Systemfragmente) in ihrer erkenntnistheoretischen Grundhaltung einen einfachen Empirismus vertreten, da ist Piaget ein Neukantianer französischer Prägung. Die Folge ist, daß Piaget heute nicht nur der meistzitierte, sondern auch der meist mißverstandene Autor ist, mindestens der Autor, von dem die meisten, die sich auf ihn beziehen, nur einen engsten und damit wahrscheinlich keineswegs repräsentativen Ausschnitt zu sehen vermögen. Aus diesen Gründen sind „Gesamtdarstellungen“ von Piaget zwar notwendig, sie reichen aber nicht aus. Hinzukommen müssen kritische Analysen unter spezifischen Gesichtspunkten. Diese Gesichtspunkte sollten sich auf zentrale Probleme im Werk Piagets beziehen.

Leo Montadas Buch stellt sich genau diese Aufgabe. Es untersucht Piagets Werk unter dem Gesichtspunkt der Beziehung von Lernen und Entwicklung. Es stellt die Frage, welche Rolle Piaget der Erfahrung im Prozesse der geistigen Entwicklung des Kindes zumißt und was von Piagets Antworten zu halten sei. Das Problem ist nicht nur theoretisch von höchster Bedeutung; es ist es auch praktisch. Daß eine jede Entwicklungstheorie

die Rolle bestimmen muß, die Lernen und Erfahrung in der Entwicklung spielen, leuchtet ein, ebenso daß eine Beantwortung dieser Frage unmittelbar zu der nächsten führt, was denn „Lernen“ bezüglich der höheren kognitiven Prozesse überhaupt bedeute und wie denn Erfahrungen zustande kommen. Daß die einfachen Schemata der Verbindung von Reiz und Reaktion nicht ausreichen, ist nachgerade einem jeden klar. Ja, einer der Gründe für das hohe Interesse, das Piagets Werk heute findet, ist sicher ein eigentliches Malaise, ein Gefühl, nicht mehr weiterzukommen, das heute die Reiz-Reaktions-Theorien belastet. Welches aber sind die Alternativen? Die Gestalttheorie ist tot. Der Begriff der „Ganzheit“, mit dem sich viele weiterzuhelfen suchten, enthält einen irrationalen Kern, der diesen Begriff weder in der Theorie noch in der Praxis je wirklich fruchtbar werden ließ. Hier eröffnet Piagets Theorie, die an die Stelle von molekularen Verbindungen von Reiz und Reaktion die „Assimilations-schemata“ des handelnden Subjektes und die beweglichen „Operationen“ und Systeme eines strukturierten Denkens und Tuns setzt, neue Möglichkeiten und neue Perspektiven. Sie sind reich genug, um Aussagen über Prozesse der Wahrnehmung und des Lernens, der Induktion und der Deduktion zu machen, und sie führen zu einer neuen Abstraktionstheorie, die über deren hergebrachtes Verständnis hinausführt, das seit Aristoteles und Thomas von Aquin über die englischen Empiristen zum kleinen Einmaleins der psychologischen und didaktischen Begriffstheorie geworden ist.

Aber das Problem von Lernen und Erfahrung in der geistigen Entwicklung des Kindes hat auch eine eminent praktische Bedeutung. Was anderes strebt der Erzieher an, als der Entwicklung des Kindes einige Schritte weiterzuhelfen? Wie also fügt sich sein Auftrag in den umfassenden Prozeß der Entwicklung ein? Eine jede Entwicklungstheorie sollte darauf eine Antwort haben. So ist es naheliegend, die Theorie des prominentesten Entwicklungspsychologen der Gegenwart, Piagets, auf dieses Problem hin zu befragen. *Montada* tut dies im vorliegenden Buch. Piagets Antworten sind nicht von der Art, die seine uneingeschränkte Zustimmung finden. Das Werk Piagets erscheint in dieser Hinsicht sonderbar schwankend und unbestimmt. Obschon er selber die Reifungstheorien des geistigen Werdens kritisiert, haben so scharfsinnige Theoretiker wie Bruner und Ausubel (und auch der Verfasser dieser Zeilen) sein Werk eine Quasi-Reifungstheorie genannt. Wie ist dies bei einem Autoren möglich, der eine Äquilibriumstheorie als Theorie des kognitiven Lernens anbietet? *Montada* zeigt, daß dieser innere Widerspruch eine Folge von Piagets Einschätzung der Möglichkeit ist, das Kind im Lern- und Erfahrungsprozeß anzuleiten und ihm Verhaltensmodelle anzubieten, die es lernend aufnimmt. Der gute

Kampf, den Albert Bandura in seinen „Principles of Behavior Modification“ und David Ausubel mit seinem Begriff des „Reception Learning“ für ein echt soziales Lernen führen, muß auch noch in dem von Piaget eröffneten Felde des Aufbaus kognitiver Strukturen gekämpft werden, soll die Entwicklungspsychologie endgültig aus dem Schatten Rousseaus heraustreten und fähig werden, der sozialen Umwelt und der Erziehung jene Rolle zuzumessen, die diese so offensichtlich spielen.

So stellt das Werk von Leo Montada einen wertvollen Beitrag zur kritischen Analyse des Werkes von Piaget dar. Als eine Mischung von thematischer Zusammenfassung und Anthologie über Piaget, seine Fortsetzer und seine Kritiker läßt es notwendigerweise viele Fragen unbeantwortet. Es wirft aber an vielen Stellen helle Schlaglichter auf das Werk des großen Genfers und wird das Nachdenken der Psychologen und Erzieher über dessen immenses Werk in mannigfaltiger Weise anregen.

Konstanz, 18. 8. 1970

Hans Aebli

Vorwort

Man schreibt Piaget den Ausspruch zu, er könne nur deshalb so viel schreiben, weil er nicht Piaget zu lesen brauche. Wer immer sich mit dem Genfer Entwicklungspsychologen beschäftigt hat, wird die Wahrheit dieser ironisierenden Bemerkung bestätigen können. In der Tat ist der Umfang seines wissenschaftlichen Werkes immens. Darüber hinaus ist aber die Lektüre vielfach zeitraubend und anstrengend. Faszinierend sind die Teile, in denen Piaget kindliches Verhalten beschreibt; gelegentlich geradezu ärgerlich aber kann die Lektüre der interpretativen theoretischen Teile stimmen. Piaget bedient sich häufig einer eher flüchtigen, konnotativen Sprache; die Begriffe sind vielfach unklar definiert; mancher Gedankengang ist daher kaum nachvollziehbar, auch wenn er eindringlich immer wieder wiederholt wird. Piaget ist heute in den angelsächsischen Ländern sicherlich *en vogue*. Es ist aber bezeichnend, daß diese Popularisierung im wesentlichen einer sehr klaren, sorgfältigen und umfassenden Darstellung zu verdanken ist, die Flavell (1963) publizierte. Die Arbeiten von Hunt (1961), Berlyne (1965) und Wohlwill (1962), die sich mit spezifischen Aspekten der Psychologie Piagets beschäftigen, haben sicherlich ebenfalls dazu beigetragen, daß das Interesse an der Genfer Schule rasch angewachsen ist.

Dieses Interesse betrifft vermutlich nicht nur die eindrucksvollen deskriptiven Teile des Werkes, die die Entwicklungsabfolgen in verschiedenen sensomotorischen, wahrnehmungsmäßigen und kognitiven Bereichen beschreiben. Das Interesse richtet sich vor allem auch auf die Theorie. Piagets gesamtes Werk zielt auf den Nachweis, daß die klassischen Erklärungsversuche der Entwicklung (Empirismus und Präformismus), die Entwicklung entweder als Lernen oder als Reifen auffassen, große Schwächen enthalten. Er stellt diesen beiden klassischen Erklärungsformen eine neue konstruktivistische Theorie gegenüber, die als Entwicklungsmechanismus den Äquilibrationsprozeß enthält und die von einer Interaktion zwischen Organismus und Umwelt ausgeht.

In dieser Arbeit soll versucht werden, einige Beiträge Piagets und Arbeiten anderer, von ihm beeinflusster Autoren zu einer Lernpsychologie zusammenzustellen, zu referieren und zu interpretieren. Auf den ersten Blick mag es vielleicht überraschend erscheinen, daß eine Entwicklungspsychologie einen Beitrag zu einer Lernpsychologie leisten sollte. Eine Entwicklungspsychologie, die aber nicht als eine reine Reifungstheorie konzipiert

ist, wird die Rolle der Erfahrung nicht leugnen, und indem sie die Rolle der Erfahrung präzisiert, wird sie zu einer Lernpsychologie, die ja nicht notwendigerweise auf die engen Modellvorstellungen der Assoziationspsychologie beschränkt sein muß. Seit Hans Aebli (1951) den Versuch unternommen hat, die Psychologie Piagets auf die Didaktik anzuwenden, ist die Zahl der Untersuchungen stark angewachsen, die sich mit dem Lernen der kognitiven Strukturen beschäftigen, deren „spontane“ Entwicklung die Genfer Schule Jean Piagets beschrieben hat.

Es kann heute als selbstverständlich vorausgesetzt werden, daß eine „Lernpsychologie Piagets“ kein Erklärungsmodell für alle Formen des Lernens wird anbieten können. Alle bekannten Lerntheorien — wie die von Pawlow, Hull, Tolman u. a. — sind auf einer vergleichsweise schmalen empirischen Basis entwickelt worden: Diese Forscher haben meist nur einen oder wenige Typen des Lernens (Signallernen, Diskriminationslernen, einfache Problemlösungen) an einer oder an wenigen Arten von Organismen (Hunde, Ratten) untersucht. Die empirische Basis dieser weithin bekannten Lerntheorien unterscheidet sich sehr deutlich von dem Untersuchungsgegenstand Piagets, der die Entwicklung komplexer Strukturen beim Menschen untersucht. Man versuche sich vorzustellen, wie die Lernpsychologie Halls aussehen würde, wenn sie eine Theorie über das Lernen logischer Strukturen wäre!

Es ist heute üblich, mehrere Kategorien des Lernens zu unterscheiden (s. beispielsweise Melton, 1964, und Gagné, 1965), für die u. U. unterschiedliche Lernprinzipien gelten. Piaget selbst unterscheidet auch verschiedene Lerntypen, was wir in Kap. 3.2 sehen werden. Wir können erwarten, daß die Beiträge der Psychologie Piagets zu einer Lernpsychologie einen eingeschränkten Geltungsbereich haben. Piaget hat sich nie intensiv mit Signallernen, mit S-R-Lernen, mit Auswendiglernen usw. beschäftigt. Wir können uns daher aus dem Studium Piagets kaum Aufschlüsse über die Prinzipien dieser Lernprozesse erwarten. Weiter ist zu sagen, daß die Entwicklungspsychologie Piagets zwar einen weiten Bereich umfaßt (von der Sensomotorik bis zu den formalen logischen Operationen), daß sich aber die bisher vorgelegten Lernstudien fast ausschließlich mit einem engeren Bereich befassen, nämlich mit dem Übergang vom sog. voroperatorischen zum operatorischen Denken, einem Übergang, der nach Piaget „spontan“ um das siebente Lebensjahr einsetzt. Ob die in diesen Studien untersuchten Lernprinzipien einen weiteren Geltungsbereich haben, wird nur zukünftige empirische Forschung zeigen können.

Dieses Buch soll keine Exegese sein, die etwa der „wahren Lehre“ nachspürt; es soll im wesentlichen Anregungen aus der Beschäftigung mit Piaget wiedergeben. Diese Anregungen sind „Assimilationen“, wie Piaget

sagen würde, die ohne Zweifel gelegentlich auch „deformierend“ sein mögen, weil sie Piagets Entwicklungspsychologie unter einer eigenen Perspektive erfassen. Der Versuch zur „Akkommodation“ fehlt dabei nicht, wird aber im Einzelfall ohne großes Engagement geführt. Das Ziel dieser Arbeit wäre erreicht, wenn das eine oder andere der dargestellten Prinzipien als heuristisch fruchtbar erkannt und auch im deutschen Sprachraum das eine oder andere lernpsychologische Experiment angeregt würde.

Es ist denkbar, daß diese Arbeit beiträgt, die Beschäftigung mit Piaget weiter zu fördern. Aber auch das Gegenteil ist denkbar. In dem Versuch, Piaget unter einer lernpsychologischen Perspektive zu verstehen, wird vielleicht deutlich, daß seine Beiträge möglicherweise überschätzt wurden. Es ist meine Überzeugung, daß die klassischen empiristischen Lerntheorien dort versagen, wo es um den Aufbau komplexer kognitiver Strukturen geht (s. z. B. Weinert u. a., 1968¹). Es ist aber auch meine Überzeugung, daß die didaktische Praxis über Techniken verfügt, die in ihrer Summe bei weitem wirkungsvoller sind als die aus heutigen psychologischen Systemen deduzierbaren und anwendbaren Prinzipien. Wenn der Psychologe versucht, einen Beitrag zum Lernen komplexer kognitiver Strukturen zu leisten, dann besteht eine Strategie darin, in vorliegenden psychologischen Systemen auf Schatzsuche zu gehen. Die vielleicht erfolgreichere Strategie besteht darin, mit dem methodischen und begrifflichen Instrumentarium der Psychologie den Lehrer in der praktischen Schulsituation zu beobachten und den Versuch zu machen, dort Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, die danach experimentell überprüft werden können.

¹ Nähere Angaben siehe jeweils in der Bibliographie Seite 247 ff.

1. Entwicklung und Lernen

Begriff des Lernens nach Kimble und Piaget

Die Lernpsychologie tut sich schwer mit einer Definition des Lernens, was die empirischen Forschungen allerdings nicht zu hemmen scheint. Wie Kimble (1961) feststellt, gab es allzeit eine allgemeine Übereinstimmung unter den Autoritäten des Bereiches, daß der Begriff des Lernens sich auf eine mehr oder weniger permanente Veränderung im Verhalten bezieht, die als Ergebnis der Tätigkeit des Organismus anzusehen ist. Kimble steht in der behavioristischen Tradition. Der Sensualismus mit seiner Abbildtheorie würde den Begriff der Tätigkeit (*practice*) vielleicht nicht akzeptieren können. Für ihn ist Grundlage des Lernprozesses die Empfindung, der Sinneseindruck. Ist Empfindung schon „practice“? Bleiben wir aber im Augenblick bei den Behavioristen und Kimble. Die Definition wird besser verständlich, wenn man betrachtet, welche Veränderungen ausgeschlossen werden. Zunächst kann es mehr oder weniger permanente Veränderungen im Verhalten aufgrund von Tätigkeiten geben, die nicht in die Klasse „Lernen“ fallen, wie Verletzungen und Krankheiten. Das Attribut „permanente“ hat man aufgenommen, um Phänomene wie Ermüdung und Sättigung, die zweifellos kurzfristige Verhaltensveränderungen bewirken, auszuschließen. Die spezifizierende Bedingung, daß die Veränderungen, die man Lernen nennt, als Ergebnis von Tätigkeiten anzusehen sind, ist aufgenommen worden, um beispielsweise Reifungsveränderungen oder „spontane“ Veränderungen auszuschließen. Wir werden sehen, daß eine solche faktische Lerndefinition durchaus Piagets Entwicklungsbegriff subsumieren kann.

Entwicklung

Der Begriff „Entwicklung“ wird vielfach als eine Ausfaltung von keimhaft Angelegtem verstanden (s. zur historischen Übersicht Thomae, 1959). Entwicklung meint also auch Verhaltensveränderung, es fragt sich nur, in Funktion welcher Faktoren. Schon früh hat man die Formel gewählt, daß in der Entwicklung Anlage und Umwelt zusammenwirken (bspw. W. Stern, 1914). Vor allem im deutschen Sprachraum aber hat man den Aspekt der Entfaltung von Anlagen im Reifungsvorgang immer betont, wobei der Umwelt nur noch eine Auslöserfunktion zukommt. Lerneinflüsse werden nicht geleugnet, ihre Bedeutung für den Entwicklungsfortschritt scheint jedoch eher geringgeschätzt zu werden. Wer Entwicklung im wesentlichen als Reifung auffaßt, für den sind Entwicklung und Lernen in der Tat zwei verschiedene Dinge. Reifung ist aber erst dann nachgewiesen, wenn der Erwerb einer bestimmten Funktion durch Tätigkeit und

Übung, kurz, durch Praxis, nicht beschleunigt werden kann, wie Carmichael (1928) das in seiner berühmten Untersuchung an Salamanderlarven für die Schwimmreaktion nachweisen konnte.

Im Humanbereich gibt es hingegen kaum Verhaltensveränderungen, die eindeutig auf Reifungsprozesse nach der Geburt zurückzuführen sind (vgl. Aebli, 1969). Was wir aber sehr häufig beobachten können, und was eine Erklärung durch Reifung nahelegt, ist der Tatbestand, daß wir vielfach keine Methode kennen, gewisse Erwerbungen vor einem bestimmten Alter zu erreichen. So wird es uns kaum gelingen, dem zweijährigen Kind Arithmetik zu lehren. Wir sind faktisch häufig gezwungen – und das werden wir auch in den Lernversuchen zur Genfer Schule sehen – abzuwarten, bis ein bestimmtes Alter (bis ein gewisser „Reifestand“) erreicht ist, um einen Stoff zu lehren. Es ist also offensichtlich so, daß nicht alles in jedem Alter gelernt werden kann. Dieser Tatbestand liegt der Formulierung Kessens (1960, S. 36) zugrunde: „Ein Merkmal wird entwicklungsbedingt genannt, wenn es in regelmäßiger oder gesetzmäßiger Weise auf das Alter bezogen werden kann.“

Menschen können sicherlich nicht in jedem Alter alles lernen, es müssen Lernvoraussetzungen gegeben sein. Die Annahme, daß diese Lernvoraussetzungen nur durch Reifung erreicht werden können, scheint von vielen Entwicklungspsychologen implizit mitgedacht zu sein, sie ist aber empirisch nicht belegt. Lernvoraussetzungen können selbstverständlich ihrerseits gelernt sein. Das Lernen der Differentialrechnung hat viele Voraussetzungen. Eine Vielzahl algebraischer Operationen muß ausgeführt werden können. Das Erlernen dieser Voraussetzungen braucht Zeit. In der in den hiesigen Schulen zur Verfügung stehenden Zeit für den Rechenunterricht wird man kaum vor dem vierzehnten Lebensjahr die Differentialrechnung lehren können. In der Definition von Kessen wäre das Ausführen einer Differentialrechnung ein entwicklungsbedingtes Merkmal. Es ist hochwahrscheinlich, daß in einem anderen Schulsystem mit stärkerer Betonung des Rechenunterrichts die Differentialrechnung bereits früher gelehrt werden könnte. Wenn wir aber akzeptieren, daß Lernprozesse und die Konsolidierung von Lernergebnissen und Lösungswegen Zeit brauchen, dann werden wir akzeptieren müssen, daß nicht alles in jedem Alter gelernt werden kann. Ein Verhalten kann demnach altersabhängig bleiben, ohne daß man Reifungsvorgänge annehmen müßte.

Eine Entwicklungspsychologie, die die Altersabhängigkeit von Verhalten und Verhaltensveränderungen untersucht, ist also nicht festgelegt auf eine Erklärung durch Reifung. Eine andere Erklärungsmöglichkeit für den Tatbestand, daß man in der Regel bis zu einem bestimmten Alter warten muß, um das Lernen eines bestimmten Stoffes einleiten zu können, beruht

auf einer Strukturanalyse des Lernstoffes, die die Lernvoraussetzungen deutlich werden läßt. Eine solche Strukturanalyse könnte ähnlich wie in der Mathematik auch in anderen Verhaltensbereichen den hierarchischen Aufbau komplexer kognitiver Strukturen aufzeigen, woraus deutlich würde, daß zunächst die hierarchisch tieferen Stufen beherrscht werden müssen, bevor die hierarchisch höheren gelernt werden können. Eine solche Strukturanalyse könnte damit eine vorgefundene zeitliche oder altersmäßige Abfolge von Lern- oder Entwicklungsschritten erklären. Jede Psychologie, die auf eine differenzierte Strukturanalyse dieser Art verzichtet, wie bspw. die S-R-Theorien¹ des Lernens, kann Entwicklungsphänomene nicht erklären. Wird Verhalten nur in den Begriffen der Assoziation beschrieben, müssen prinzipiell alle vorhandenen Verhaltenselemente des Repertoires jederzeit assoziierbar sein. Eine Veränderung des Repertoires ist in diesen lernpsychologischen Theorien nicht vorgesehen. Eine empirisch gefundene Entwicklungssequenz A-B-C-D-E kann als eine nicht zufällige, sondern gesetzmäßige Abfolge erklärt werden, wenn eine Strukturanalyse deutlich machen kann, warum die frühen Schritte der Sequenz vor den späteren erfolgen müssen. Aufrechtes Gehen setzt das selbständige Aufrechterhalten des Oberkörpers voraus. Also ist selbständiges Sitzen vor dem selbständigen Gehen zu erwarten. Die Verknüpfung zweier Elemente setzt die differenzierte Erfassung der beiden Elemente voraus. Also ist diese vor der Verknüpfung zu erwarten. Eine konstruktivistische Entwicklungstheorie wie die Piagets kann so Sequenzen erklären und prognostizieren, nicht aber damit schon die Zeitpunkte, wann die einzelnen Entwicklungsschritte erfolgen. Während Piaget in früheren Werken Altersnormen bestimmter Erwerbungen anstrebte, legt er später das Hauptgewicht auf die Abfolge der einzelnen Erwerbungen, die in einem Falle rascher, im anderen weniger rasch aufeinanderfolgen. Damit sind Entwicklungs- und Lernprozesse aber keine Gegensätze mehr. Im Prinzip wird es möglich, jenes Lernen Entwicklung zu nennen, das sich in gesetzmäßigen Abfolgen vollzieht, weil die späteren Lernschritte frühere voraussetzen. Nach diesen allgemeineren Vorbemerkungen wollen wir uns einigen Aspekten des Werkes Piagets genauer zuwenden.

¹ Stimulus-Response-Theorien = Reiz-Reaktions-Theorien.

2. Piagets Entwicklungsbegriff

Die Entwicklungspsychologie geht davon aus, daß Entwicklung eine Form der Veränderung sei. Was verändert sich aber? Was ist das Spezifische an dieser Veränderung? Enthält die Veränderung eine Richtung? Wodurch wird sie ausgelöst? Dies sind typische Fragen, die Entwicklungspsychologen zu beantworten versuchen. Piagets Entwicklungsbegriff läßt sich ebenfalls in der Beantwortung dieser Fragen darstellen.

2.1. Was verändert sich in der Entwicklung?

Piaget interessiert sich vor allem für die Verhaltensstrukturen, weniger für die Inhalte. Die Rohdaten der psychologischen Beobachtung, eine spez. Reaktion z. B., sind Verhaltensinhalte. Eine Plastilinkugel wird zur Wurst verformt. Frage an das Kind: Ist die Wurst genauso schwer wie die Kugel, oder ist sie schwerer oder leichter? Ein Kind mag antworten, die Wurst sei schwerer, weil sie länger als die Kugel ist. Ein zweites Kind mag richtig sagen, Kugel und Wurst seien gleich schwer, und es wird sein Urteil vielleicht mit dem Argument begründen, die Wurst sei zwar länger, aber auch dünner als die Kugel (Piaget/Inhelder, 1969). Diese Verhaltensbeschreibung enthält Inhalte des Verhaltens. Eine Strukturanalyse erlaubt es aber, bestimmte Strukturen zu erkennen, die den Verhaltensinhalten zugrunde liegen. Das erstgenannte Urteil, die Wurst sei schwerer, weil sie länger ist, zeigt, daß das Kind nur auf die Länge reagiert und nicht auf den Umfang. Daß die Wurst gleichzeitig dünner geworden ist als die Kugel, wird übersehen. Nicht alle relevanten Elemente werden beachtet, und man kann als strukturelle Besonderheit dieses Verhaltens eine Eingeschränktheit des Handlungsfeldes annehmen. Andere Aussagen Piagets über die Struktur dieses Verhaltens sind: Das Verhalten ist so organisiert, als ob das Kind von einer anschaulichen Größe (größere Länge der Wurst) so beeindruckt sei, daß es davon nicht rechtzeitig auf andere Größen (auf den geringeren Umfang der Wurst) umschalten könne. Die zweite der obengenannten Antworten, die Wurst sei gleich schwer wie die Kugel, weil sie zwar länger, dafür aber auch dünner geworden sei, zeigt eine andere Struktur. Piaget sagt, daß hier verschiedene Elemente (Länge und Umfang) in Beziehung gesetzt sind, nämlich in eine Beziehung der logischen Multiplikation, genauer, der Kompensation. Die beiden Verhal-

tenselemente, die hier in einem Urteil vereinigt werden und aufeinander bezogen sind, sind die Beachtung und Abschätzung der Länge und des Umfangs.

Greifen wir ein anderes Beispiel heraus. Wir stellen einem Kind die Aufgabe herauszufinden, von welchem Faktor oder welchen Faktoren die Pendelfrequenz abhängt. Wir stellen ihm für die Lösung dieser Aufgabe ein Stativ, drei unterschiedlich lange Pendelschnüre und drei unterschiedlich schwere Pendelgewichte zur Verfügung. Ein jüngeres Kind wird vielleicht wie folgt experimentieren: Es wird zufällig eine lange Pendelschnur mit einem leichten Gewicht aufhängen und zum Vergleich eine kurze Pendelschnur mit einem schweren Gewicht kombinieren. Es wird also zwei Faktoren zur gleichen Zeit variieren: Gewicht und Länge. Es wird feststellen, daß das kurze Pendel mit dem schweren Gewicht rascher schwingt, und es wird sich mit dieser Anordnung zufriedengeben. Vielleicht wird es nun sagen, das Pendel schwinde schneller, weil ein schweres Gewicht dranhängt, oder es wird sagen, das Pendel schwinde schneller, weil die Schnur kurz ist, oder es wird sagen, es schwinde schneller, weil eine kurze Schnur und ein schweres Gewicht dranhängen. Wiederum liegt die strukturelle Besonderheit dieses Verhaltens darin, daß das Handlungsfeld eingeschränkt ist: Das Kind begnügt sich mit zwei der möglichen Kombinationen zwischen Gewicht und Pendellänge, und es gründet sein Urteil auf den ersten festgestellten Unterschied, ohne daß es die möglichen anderen Kombinationen ins Auge fassen würde. Ein anderes Kind wird hingegen die Vielzahl der Kombinationsmöglichkeiten erkennen und systematisch durchprobieren. Sein Handlungsfeld ist größer, sein Urteil basiert auf einer größeren Anzahl von Kombinationen. Piaget neigt dazu, eine solche Struktur in einer logischen Sprache zu beschreiben (s. Kap. 2.5 und 3.4). Die logische Formalisierung wird im letztgenannten Fall alle möglichen Kombinationen der beiden Variablen enthalten.

In welcher Weise wird der Begriff der Struktur von Piaget gebraucht? Aufgrund der bisherigen Aussagen könnte es scheinen, als verwende er den Begriff Struktur lediglich zur Kategorisierung verschiedener Verhaltensweisen, so wie auf dem sensomotorischen Niveau die verschiedensten Greifhandlungen alle zur Kategorie „Greifen“ zusammengefaßt werden können. Strukturen wären damit nur Abstraktionen des beobachtenden, beschreibenden Verhaltensforschers. Piaget scheint das nicht zu meinen. An gewissen Stellen hat es den Anschein, als glaube er an eine irgendwie geartete physiologische Repräsentation der Strukturen. Strukturen haben so bei ihm den Status von hypothetischen Konstrukten. Es bleibt darzulegen, warum und wann die Annahme solcher hypothetischen Konstrukte sinnvoll ist.

An jeder Verhaltensweise kann eine Struktur aufgewiesen werden. Inhaltlich verschiedene Verhaltensweisen können die gleiche Struktur aufweisen. Die Annahme einer Struktur als hypothetisches Konstrukt ist immer dann gerechtfertigt, wenn verschiedene Verhaltensweisen, die die gleichen strukturellen Merkmale haben, zur gleichen Zeit in der Entwicklung auftauchen. Wer das obengenannte Pendelproblem lösen kann, weil er einen Überblick über die möglichen Kombinationen der beiden Variablen zu erstellen vermag, müßte — falls die Annahme einer über die spezifischen Inhalte hinausgehenden allgemeinen Struktur nützlich ist — andere Probleme dieser Art lösen können: zum Beispiel das Problem, welche Kombination verschiedener Flüssigkeiten eine gewünschte Färbung ergibt (Piaget/Inhelder, 1955); oder das Problem, wovon die Biegsamkeit eines Metallstabes abhängt, wenn Metallart, Durchmesser und Massivität (massiv oder hohl) variabel sind (Piaget/Inhelder, 1955).

Piaget behauptet, daß die von ihm zur Interpretation des Verhaltens verwendeten Strukturmodelle nützlich seien, weil sie genau dies leisten: Sie bezeichnen die strukturellen Gemeinsamkeiten inhaltlich u. U. sehr verschiedenen Verhaltens und erklären damit die Gleichzeitigkeit des Auftretens dieser Verhaltensweisen. Allerdings ist die Gleichzeitigkeit keine rigorose: Piaget selbst hat den Begriff der horizontalen Verschiebung eingeführt, um den Fall zu bezeichnen, daß ein strukturell gleiches Verhalten je nach Verhaltensinhalt früher oder später auftauchen kann. Berühmt ist sein Beispiel der Abfolge der Einsichten in die Konstanz der Substanz, des Gewichts und des Volumens eines Körpers bei Formveränderungen. Bestimmte Merkmale des Gegenstandes, also spezifische Verhaltensinhalte, scheinen eine Rolle zu spielen, die Piaget allerdings kaum näher spezifizieren kann. Das Fehlen einer Theorie der Verschiebungen ist ein Mangel im System Piagets, allerdings versprechen die Ansätze Aebli, diese Lücke zu schließen (Aebli, 1963a).

Auch wenn die Verschiebungen im Auftreten der Struktur noch ein gewisses Problem darstellen, so sollte doch offenkundig werden, daß eine Strukturanalyse, wie sie Piaget betreibt, in vielen Situationen außerordentlich viel leistungsfähiger ist als psychologische Systeme, die ohne eine Strukturanalyse auszukommen versuchen, wie beispielsweise die S-R-Theorien. Eine Strukturanalyse macht Prognosen über noch nicht beobachtete Verhaltensinhalte (also bspw. darüber, welche Probleme bewältigt werden können) außerordentlich viel treffsicherer. Psychologische Systeme, die im wesentlichen nur Lerninhalte zum Gegenstand haben, müssen bei solchen Prognosen versagen. Die Lernpsychologie hat dieses Problem unter dem Konzept des Transfers behandelt. Die Unzulänglichkeit von Lerntheorien, die Transfer nur unter dem Gesichtspunkt der

Ähnlichkeit oder Identität von Inhalten, nicht aber unter dem Aspekt der Ähnlichkeit oder Identität der Strukturen behandeln, ist evident (vgl. hierzu Bergius, 1969).¹

Piaget vertritt die Meinung, daß die wesentlichen Entwicklungsveränderungen die Strukturen betreffen. „Toute genèse part d'une structure et aboutit à une autre structure“ (Piaget, 1964) ist prägnanter Ausdruck dieser Meinung. Wenn es aber Strukturen sind, die sich entwickeln, kann man die Hoffnung hegen, durch eine Strukturanalyse empirisch vorgefundene Entwicklungssequenzen zu erklären, indem man aufzeigt, daß die späteren Entwicklungsschritte die vorhergehenden logisch notwendig voraussetzen. Dieses für die Genfer Schule typische Erklärungsmodell ist zu unterscheiden von einer Funktionsanalyse, wie sie beispielsweise in der traditionellen Lernpsychologie üblich ist: Dort wird die Funktion bestimmter Faktoren auf den Lernprozeß, auf die Bildung einer Assoziation untersucht. Der Lernprozeß wird in einem Netz funktionaler Abhängigkeiten gesehen; Faktoren wie Kontiguität, Verstärkung, Motivation usw. sind typische Untersuchungsgegenstände.

Piagets genetische Betrachtungsweise sucht den Nachweis zu führen, daß eine gegebene Struktur aus Ausgangsstrukturen deriviert ist. Die Derivation des genetisch Höheren aus dem genetisch Tieferen ist das Erklärungsmodell des Konstruktivismus. „Das Erfassen des Kausalmechanismus einer Genese besteht in erster Linie in der Rekonstruktion dessen, was zu Beginn dieser Genese gegeben ist (denn jede Entwicklung muß von bestimmten Ausgangsstrukturen ausgehen, die sie ergänzt und differenziert), und in zweiter Linie darin aufzuzeigen, auf welche Art und Weise und unter dem Einfluß welcher Faktoren diese Ausgangsstrukturen sich transformieren...“ (Piaget/Inhelder, 1959, S. 9). Jede Weiterentwicklung führt aber nicht nur zu neuen Strukturen, sondern zu Strukturen, die den Ausgangsstrukturen überlegen sind. In welcher Weise sie es sind, werden wir im Zusammenhang mit der nun folgenden Frage zu beantworten versuchen.

¹ Selbstverständlich kann die Berechtigung der Annahme von Strukturen auch durch die Prognose von Übungsübertragung nachgewiesen werden. Verhaltensinhalte der gleichen Struktur werden – sofern sie nicht spontan auftauchen – leichter und rascher gelernt werden, falls die Struktur an einem Inhalt realisiert werden konnte. Strukturdiagnosen lassen sich so didaktisch ausnutzen: Die gleiche Struktur kann auf verschiedene Inhalte transferiert (angewandt) werden (s. Kap. 4.6).

2.2. Ist die Veränderung der Strukturen gerichtet?

2.2.1. Piagets Gleichgewichtsbegriff

Piaget bezeichnet die Entwicklung als „marche vers l'équilibre“, als Auflösungsprozeß. In dieser Aussage sind zwei Dinge enthalten: Einerseits scheint es im Laufe der Entwicklung Zustände eines fehlenden Gleichgewichts zu geben, andererseits sichern die höheren Entwicklungsstufen gegenüber den tieferen ein größeres Gleichgewicht. Was kann diese Aussage bedeuten? Der Begriff des Gleichgewichts ist in der Psychologie weit verbreitet. Aussagen wie, der Organismus strebe nach Gleichgewicht, ein gestörtes Gleichgewicht werde durch zielgerichtetes Verhalten oder automatisch funktionierende Regulationsmechanismen wiederhergestellt usw., sind vielfach anzutreffen. Das physikalische Konzept des Ausgleichs der Kräfte und das biologische der Homöostase dienen als Orientierungspunkte für die psychologische Verwendung des Begriffs. Der physikalische Begriff meint, daß verschiedene, einander entgegenwirkende Kräfte sich gegenseitig aufheben und damit einen Ruhezustand des Körpers herbeiführen. Der biologische Begriff der Homöostase besagt, daß bestimmte Organfunktionen einen Sollwert besitzen und daß der Organismus mit Regulationsmechanismen ausgestattet ist, die Abweichungen von diesem Sollwert kompensieren können. Beiden Begriffen ist gemeinsam, daß sie stabile Zustände eines Gegenstandes bezeichnen. Das Problem bei der Übertragung solcher Begriffe in die Psychologie liegt vor allem darin, die Zustände exakt zu benennen, die stabil bleiben sollen, sowie die Mechanismen zu bestimmen, die die Stabilität garantieren.

Der Begriff des Gleichgewichts ist in einer sehr allgemeinen Form beispielsweise von Claparède verwendet worden, der in jedem Bedürfnis eine Störung des Gleichgewichts sah und in jeder Handlung den Versuch, den Gleichgewichtszustand wiederherzustellen. Wir finden ähnliche Auffassungen in den Triebkonzeptionen Freuds und den behavioristischen Lerntheorien. Spezifischere Verwendungen des Gleichgewichtsbegriffs kennen wir aus der Kognitionspsychologie, der Wahrnehmungspsychologie und der Sozialpsychologie. Am bekanntesten ist wohl Festingers Theorie der kognitiven Dissonanz, die, auf eine Grundformel gebracht, besagt, daß der Organismus nach einer getroffenen Entscheidung versucht, solche Information zu vermeiden, die dieser Entscheidung widerspricht, und nur Information aufzunehmen, die mit der getroffenen Entscheidung übereinstimmt und sie somit bestätigt. Eine Revision der Entscheidung ist dadurch nicht notwendig. Was bleibt hier stabil? Offensichtlich die getrof-

fene Entscheidung. Der Mechanismus, der diese Stabilität sichert, ist etwa als ein Informationsfilter aufzufassen.

Wie kann aber die menschliche Entwicklung als Äquilibrationsprozeß beschrieben werden, als Veränderung zu größerem Gleichgewicht hin? Wir finden in Piagets Werken eine Beschreibung der menschlichen Entwicklung als ein Fortschreiten von Zuständen geringeren Gleichgewichts, geringerer Stabilität zu Zuständen größeren Gleichgewichts, größerer Stabilität. Beginnen wir damit, uns zu fragen, wann wohl ein mangelhaftes Gleichgewicht gegeben ist. Piaget spricht viel von einem Gleichgewicht bzw. von fehlendem Gleichgewicht zwischen den Prozessen der Assimilation und der Akkommodation. Wir werden auf diese Prozesse später einzugehen haben, nehmen aber hier einige grundlegende Aussagen vorweg: Der Organismus verfügt über Schemata und Strukturen, mit deren Hilfe er die Gegenstände und Situationen der Umwelt assimilieren, begreifen kann.

Nur das kann gesehen, begriffen und manipuliert werden, wofür Assimilationsschemata bestehen. Wer nicht zählen kann, kann keine Anzahl erfassen; wer nicht über den Begriff der Horizontalität verfügt, „sieht“ nicht, daß der Wasserspiegel horizontal bleibt, wenn die Lage eines Gefäßes verändert wird; wer nicht über Schemata der Klassenverschachtelung verfügt, erkennt nicht, daß die Oberklasse immer mehr Elemente umfaßt als die Unterklasse. Es ist nicht so, daß sich die „objektive“ Umwelt einem passiven Geist als Information aufdrängt, im Gegenteil, ein aktiver Geist assimiliert sich die Umwelt, und er assimiliert das, was für ihn aufgrund seines Erkenntnis- und Verhaltensinstrumentariums assimilierbar ist. Nun gibt es allerdings viele Fälle, in denen eine Assimilation versucht wird, wo der Gegenstand aber gegen die Assimilation Widerstand leistet. Ein Stück Seife im Wasser ist nicht leicht zu greifen, es entgleitet immer wieder; der Mond am Himmel ist schon gar nicht zu greifen, obwohl ein sechs bis sieben Monate altes Kind das versuchen mag; der Umfang einer Kugel ist mit einem Zollstock nicht leicht zu messen usw. In solchen Fällen kann das Assimilationsschema u. U. so akkommodiert werden, daß der Gegenstand doch noch assimilierbar wird. Die Akkommodation besteht in einem Versuch, das Assimilationsschema den Eigenheiten des Objekts besser anzupassen. Wir haben eine Situation des Ungleichgewichts, wenn ein Assimilationsversuch wegen mangelhafter Akkommodation an die Eigenarten des Gegenstandes mißlingt.

In den letzten Jahren betont Piaget einen zweiten Fall mangelnden Gleichgewichts immer stärker: den Konflikt zwischen verschiedenen Assimilationen. Dies läßt sich schön am Fall der Entwicklung der Mengenkonstanzbegriffe aufzeigen. Wie wir bereits gesehen haben, gibt es eine Periode der Mengenin Konstanz bei Formveränderung, in der das Kind

beispielsweise meint, eine zu einer Wurst ausgerollte Plastinkugel enthalte nun mehr Plastilin, weil sie länger sei. Das Kind zentriert hier nur die gegenüber der Kugel größere Länge der Wurst, vernachlässigt aber deren geringeren Umfang. Kurz nach dem ersten Urteil mag es aber den geringeren Umfang zentrieren und nun zu dem Urteil gelangen, die Kugel enthalte mehr Plastilin als die Wurst. In dieser Periode (Piaget sagt: in der Periode des voroperatorischen Denkens) ist ein Kind abwechselnd von verschiedenen Dimensionen des Gegenstandes beeindruckt, und je nachdem, worauf es seine Aufmerksamkeit gerade richtet, schwankt es in seinen Urteilen hin und her. Dieses Schwanken zwischen verschiedenen Urteilen kann u. U. als Widerspruch, als Konflikt, als Ungleichgewicht erlebt werden. Dieser Zustand eines labilen Gleichgewichts ist dann überwunden, wenn die Annahme der Mengenkonzanz bei Formveränderung formuliert und durch die gegenläufige Veränderung der beiden Dimensionen Länge und Umfang begründet wird. Das Kind mag dann etwa sagen, Wurst und Kugel enthalten gleich viel Plastilin, weil die Wurst zwar länger, aber auch dünner ist. Oder greifen wir wieder zurück auf das Problem, von welchem Faktor die Pendelfrequenz abhängt. Ein Kind, das ein langes Pendel mit leichtem Gewicht verglichen hat mit einem kurzen Pendel mit schwerem Gewicht, mag auf das Gewicht achten und diesen Faktor für ausschlaggebend halten. Zeigt man ihm daraufhin ein langes Pendel mit ebenfalls schwerem Gewicht, dann befindet sich das Kind in einer Konfliktsituation, denn es würde seiner Theorie gemäß nun für beide Pendel gleiche Frequenz erwarten, das kurze Pendel wird aber schneller schwingen (s. Abb. 1).

	Gewicht	
	groß	klein
groß	- ⊕	- ⊖
Länge		
klein	+ ⊕	+ ⊖

Abb. 1:

Vorausgesagte Pendelfrequenz auf der Basis einer zu geringen Beobachtungszahl.

Tatsächliche Pendelfrequenz: hoch +
niedrig -

Vorausgesagte Pendelfrequenz: hoch ⊕
niedrig ⊖

Beobachtete Fälle: große Kreise

Der Zustand des Gleichgewichts wird in diesem Falle nur dann sicher erreicht werden können, wenn das Kind einen Plan mit allen möglichen Kombinationen zwischen diesen beiden Faktoren Länge und Gewicht des Pendels erstellen und systematisch durchprobieren kann. Bis dahin läuft jedes Urteil Gefahr, widerlegt zu werden, und jede neue Zentrierung einer anderen Dimension führt zu einer Veränderung des Urteils.

Piaget ist der Meinung, daß sich mit fortschreitender Entwicklung kognitive Strukturen aufbauen, mit deren Hilfe Unzulänglichkeiten und Konflikte immer sicherer vermieden werden können. Diese Strukturen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie die zunächst widersprüchlichen Assimilationsschemata in ein Gesamtsystem integrieren. So wird die Zentrierung der Länge und des Umfanges eines verformten Körpers in das Gesamtsystem einer logischen Multiplikation — genauer: einer Kompensation der beiden veränderten Dimensionen — integriert. Ebenfalls wird der Fall eines kurzen Pendels mit schwerem Gewicht und eines langen Pendels mit schwerem Gewicht, die sich isoliert betrachtet widersprechen, wenn das Kind das Gewicht zentriert und die Länge außer acht läßt, in ein Gesamtschema aller möglichen Kombinationen zwischen Länge und Gewicht integriert, in dem ein solcher Widerspruch nicht mehr möglich ist. Piagets Aussage ist also, daß ein Gleichgewichtszustand erreicht wird, wenn elementare Strukturen in eine Gesamtstruktur integriert werden, die ohne diese Integration in Widerspruch zueinander geraten können. Verbesserung des Gleichgewichts bedeutet in einer Theorie der kognitiven Entwicklung letztlich Vermeidung der Möglichkeit des Widerspruchs durch Beziehungsbildung zwischen verschiedenen Strukturen, und so ist Gleichgewicht eine Folge der Integration von Strukturen zu umfassenderen Gesamtstrukturen.

Dadurch ist gleichzeitig die Gesamtrichtung der kognitiven Entwicklung angegeben: Entwicklung ist gekennzeichnet durch eine immer umgreifendere Integration kognitiver Elemente. Neben dieser allgemeinen Richtung gibt Piaget noch vier spezifische Richtungen der Entwicklung an: größeres Handlungsfeld, größere Mobilität, größere Permanenz und größere Stabilität, die er in dem Aufsatz „Logique et équilibre“ beschreibt (s. Kap. 3.5), die wir aber zum besseren Verständnis vorher erörtern wollen.

2.2.2. Handlungsfeld, Mobilität, Permanenz und Stabilität

Entwicklung ist gekennzeichnet durch eine Vergrößerung des Handlungsfeldes, das die Strukturen decken. Dies bereitet kaum Verständnisschwierigkeiten. Die bisher dargestellten Beispiele können das Prinzip leicht illu-

strieren: Wird in einem Versuch zur Mengenkonzanz lediglich die Länge der Wurst oder deren Umfang zentriert, ist das Handlungsfeld ein eingeschränktes. Es wird erweitert, wenn sowohl Länge als auch Umfang gleichzeitig beachtet und verarbeitet werden können. Eine Struktur, die es erlaubt, zwei verschiedene Verhaltensweisen (bzw. ihre Resultate) zu verknüpfen, erstreckt sich über ein größeres Handlungsfeld als eine Struktur, die nur eine Dimension des Gegenstandes erfaßt. Dies wird auch besonders deutlich beim Problem der Pendelfrequenz: Ein Kind, das sich sein Urteil aufgrund nur zweier Kombinationen von Länge und Gewicht gründet, hat ein geringeres Handlungsfeld als ein Kind, das alle möglichen Kombinationen zu beachten imstande ist.

Bei der Beantwortung der Frage, wie denn eine Ausdehnung des Handlungsfeldes möglich wird, kommen wir gleich zum zweiten Merkmal, nämlich zur größeren Mobilität. Ein Verhalten, das ausschließlich auf einen Aspekt der Wirklichkeit zentriert bleibt, hat eine geringe Mobilität. Die Mobilität wird um so größer, je mehr Daten über einen Gegenstand aufgenommen und verarbeitet werden. Eine Struktur, die verschiedene Verhaltensweisen umfaßt oder — vom Gegenstand aus gesehen — die verschiedenen Aspekte des Gegenstandes getrennt erfaßt und kombiniert, hat eine größere Beweglichkeit als eine Struktur, die nur ein Merkmal des Gegenstandes verarbeitet. Beweglichkeit bedeutet also zunächst: rasch aufeinanderfolgende Assimilationsakte. Dies muß immer dann gegeben sein, wenn verschiedene Elemente erfaßt und integriert werden, wie das beispielsweise bei logischen Beziehungsbildungen der Fall ist.

Permanenz und Stabilität sind sehr verwandte Begriffe im System Piagets und können wohl am besten zusammen mit dem Begriff der Störung erläutert werden. Eine Kognition hat geringe Permanenz, wenn neue Information zu einer Veränderung, zu einer Störung führt. Wir beobachten das in der Wahrnehmung besonders häufig. Mit jeder Veränderung des Figurhintergrundes oder — allgemeiner — gewisser Elemente des Wahrnehmungsfeldes kann sich der Wert einer Figur verändern, was bei optischen Täuschungen besonders augenfällig ist. Piaget sagt, ein System sei insofern stabil, als es über die Möglichkeit verfügt, Störungen auszugleichen. Ein Beispiel aus dem Klassifikationsverhalten mag das erläutern. Nehmen wir die Aufgabe, eine Menge von Gegenständen zu kategorisieren. Ein Kind von etwa vier oder fünf Jahren wird diese Kategorisierungsaufgabe durch folgendes Verhalten lösen: Es wird einen ersten Gegenstand nehmen und vielleicht auf seine Form achten. Es wird dann einen zweiten Gegenstand zu diesem ersten hinzufügen, weil die Form die gleiche ist. Sodann wird das Kind seine Aufmerksamkeit etwa von der Form auf die Farbe verlegen und einen dritten in die gleiche Kategorie einordnen, der

die gleiche Farbe wie der zweite hat. Nun wird es vielleicht von der Dimension der Farbe auf die Dimension des Materials wechseln, um schließlich noch den Gesichtspunkt der Funktion des Gegenstandes aufzunehmen. Man sieht hier die geringe Stabilität des Kategorisierungsverhaltens. Jede Dimension, die beachtet wird, führt zum Aufgeben der vorher beachteten. Piaget bezeichnet ein solches Verhalten treffend „classification de proche en proche“. Es erübrigt sich zu sagen, daß auf diese Art und Weise keine definierbare Kategorie zustande kommt, weil das Kategorisierungskriterium von Fall zu Fall wechselt.

Größere Stabilität kann nun auf zwei verschiedene Weisen erreicht werden: erstens durch ein Festhalten an der bisher beachteten Dimension durch Abwehren von Störungen, von neuen Informationen. Alle Gegenstände werden z. B. nach ihrer Farbe kategorisiert, andere Dimensionen werden nicht beachtet. Diese Form der Stabilität kann entweder als willentliche Konzentration oder auch in der Form der Rigidität auftreten. Piaget meint mit Stabilität einen anderen Tatbestand. Es gibt nämlich eine zweite Möglichkeit, Stabilität zu erreichen: Die störende Dimension wird mitberücksichtigt, ohne daß die zuerst beachtete aufgegeben würde. So kann es zur Multiplikation von Dimensionen kommen. Dabei wird dann das ursprüngliche Klassifikationskriterium beibehalten, aber kombiniert mit einem neuen Gesichtspunkt. Wurde zuerst nach Farben kategorisiert, werden jetzt Formen ebenfalls berücksichtigt, und die Farbkategorien werden unterteilt nach Formen, und wir haben nun vielleicht grüne Dreiecke, grüne Vierecke, grüne Kreise, rote Dreiecke, rote Vierecke, rote Kreise usw. Dieses „Auffangen“ der störenden Dimension durch Integration, nicht durch Abwehr, führt zu einer Stabilität, die auf Mobilität fußt. Stabil bleibt dabei die ursprüngliche Dimensionsbeachtung (etwa Farbe). „Die Stabilität ist gesichert durch die Multiplikation zweier Dimensionen ... die gleichgewichtigste (Form) besteht darin, daß die Veränderung die alte Struktur nicht zerstört, sondern schließlich vollständig in eine neue Struktur integriert, die dann zwei Teilsysteme enthält: das alte und das neue, aber in einem Gesamtsystem vereinigt ...“ (Piaget/Inhelder, 1959, S. 201). Eine Struktur, die solche Beziehungsbildungen nicht ermöglicht, ist demnach anfällig gegenüber Störungen; je umfassender die Strukturen eines Individuums sind, um so eher kann neue Information verarbeitet werden, ohne daß das bisher Erarbeitete völlig aufgegeben werden muß. Piaget spricht dann davon, daß solche Strukturen Störungen „kompensieren“ können, wohl in Analogie zu den Regulationsmechanismen eines homöostatischen Systems.

2.3. Wodurch wird die Veränderung der Strukturen ausgelöst?

Nach dieser knappen Schilderung der Unterschiede zwischen einer höheren Struktur und den elementaren Strukturen, aus denen die höhere Struktur deriviert wird, kommen wir zur dritten Frage, die eine Entwicklungspsychologie zu beantworten hat: Welche Faktoren lösen die Entwicklungsveränderungen aus und bestimmen ihren Verlauf? Wir haben hier die Äquilibrationshypothese darzustellen, die Piaget den klassischen Erklärungsversuchen der Reifung, des Lernens und der sozialen (verbalen) Kenntnisvermittlung gegenüberstellt. In diesem Rahmen brauchen wir Piagets Stellung zur Reifungstheorie nur knapp zu skizzieren, müssen aber seine Auseinandersetzung mit den empiristischen Lerntheorien etwas intensiver darstellen. Piagets Meinung zur sozialen (verbalen) Vermittlung ist an anderem Ort (s. Kap. 3.1 und 4.11) dargestellt.

2.3.1. Piagets Kritik der Reifungstheorien

Wie viele andere, so glaubt auch Piaget, daß die Reifung des Nervensystems eine Rolle in der Abfolge der kognitiven Strukturen spielt. Wie viele andere formuliert er ebenfalls Einwände gegen eine reine Reifungstheorie (s. Kap. 3.1). So glaubt er, daß das Nervensystem bestimmte Möglichkeiten eröffne, während die Aktualisierung dieser Möglichkeiten von der materiellen und sozialen Erfahrung abhängt. Zum Beleg dieser Anschauung verweist er auf die großen Altersverschiebungen im Auftauchen bestimmter logischer Strukturen in verschiedenem Milieu. Diese Verschiebungen, so glaubt er, bezeugen, daß die Reifung nicht alles ausmachen könne.

Es ist aber interessant, daß Piaget selbst gelegentlich als ein Reifungstheoretiker angesehen wird. Erst kürzlich hat wieder Ausubel (1969) Piagets Äquilibrationshypothese als eine Abart einer Reifungstheorie gekennzeichnet. Wir werden später ausführlicher sehen, daß eine solche Interpretation nicht abwegig ist. Piaget hat zwar die Notwendigkeit der Erfahrung oft betont, sieht aber einen förderlichen Einfluß nur in den spontanen (nicht „von außen“ durch andere geleiteten) Erfahrungen, die das Kind in seiner natürlichen Umwelt, in Auseinandersetzung mit seinem materiellen und sozialen Milieu, sammelt. Er nimmt eine sehr skeptische Haltung gegenüber Versuchen einer Lenkung der Erfahrungsaufnahme und gegenüber Versuchen der Belehrung ein. Er selbst hat bis in die späten fünfziger Jahre keine systematischen Lernversuche angeregt. Und die in der Genfer Schule durchgeführten Untersuchungen zum Lernen kognitiver Strukturen haben

eher dazu beigetragen, die herkömmlichen Lerntheorien de facto abzuwerten, als eine eigene Theorie der Veränderungsmechanismen empirisch zu fundieren.

Piaget bindet in gewisser Weise dem Lernforscher und dem Didaktiker die Hände. Alles, was an Entwicklungsveränderungen geschieht, geschieht außerhalb des Laboratoriums und außerhalb der Schulklasse. Der Psychologe und der Lehrer müssen warten, bis sich eine bestimmte Struktur in der spontanen Erfahrung des Kindes gebildet hat, die dann zu diagnostizieren und pädagogisch zu nutzen ist. Piaget rät also dem Lehrer zu warten, bis sich ein Verhalten entwickelt hat. Genau dieser gleiche Ratsschlag ist von einer Reifungstheorie zu erwarten, und diese Haltung ist wohl der Grund dafür, daß man Piagets Äquilibrationstheorie als eine Reifungstheorie ansehen konnte. Daß sein System mit einer klassischen Reifungstheorie nichts zu tun hat, hat Hunt (1961) überzeugend geschildert, und wir werden versuchen, die Rolle der Erfahrung im Äquilibrationsprozeß deutlich herauszuarbeiten.

2.3.2. Piagets Kritik empiristischer Lerntheorien

Piaget kritisiert die empiristischen Lerntheorien, nicht weil er die Rolle der Erfahrung unterschätzt, sondern weil er diese Rolle anders deutet. Diese Kritik ist schwierig zu schildern, weil sich Piaget meist auf einem recht globalen Niveau mit den Lerntheorien auseinandersetzt. Vielfach unterscheidet er nicht zwischen empiristischen Theorien der sensualistischen und der behavioristischen Richtung, was auf alle Fälle getan werden müßte, denn diese beiden Richtungen unterscheiden sich z. B. in der Frage, was eigentlich gelernt wird. Wenn Piaget gegen empiristische Lerntheorien polemisiert, meint er in der Regel die Assoziations- und sensualistischen Prägnanzen. Seine Kritik leidet u. a. auch darunter, daß er nicht deutlich macht, was er selbst unter Lernen versteht, im Gegensatz zu dem, was andere Theorien unter Lernen verstehen. Piaget beschäftigt sich mit der Veränderung von Strukturen; Lernpsychologen in der Tradition Thorndikes z. B. beschäftigen sich mit der Selektion von Verhaltensweisen, der Assoziation dieser an bestimmte Stimulus-situationen und der Festigung dieser Assoziation. Postuliert wird, daß „die richtige Reaktion im Repertoire sein muß“ (Osgood, 1953, S. 303). Dieses Selektionsmodell des Lernens beschäftigt sich nicht mit der Veränderung von Verhaltensweisen oder von Strukturen. Verändert wird nur ihre Auftretenswahrscheinlichkeit in einer Stimulus-situation. Die Entwicklungspsychologie Piagets beschäftigt sich hingegen mit der Veränderung der Strukturen: „Um eine

logische Struktur zu lernen (nicht eine Assoziation Stimulus-Reaktion), ist es notwendig, andere logische oder vorlogische Strukturen einzusetzen...“ (Piaget, 1958, S. 181). Lernen besteht in einer Veränderung dieser Ausgangsstrukturen. Piaget interessiert sich nicht für die Auswahl und die Konsolidierung von Verhaltensweisen. In einer Auseinandersetzung zwischen zwei theoretischen Positionen, die als Gegenstand des Lernens so verschiedene Dinge behandeln, ist es leicht möglich, daß aneinander vorbeigeredet wird. Immerhin kann eine Darstellung der Kritik Piagets uns helfen, seine eigene Position besser zu verstehen.

Thorndike, der die amerikanische *S-R-Tradition* begründete, nahm als empirischen Ausgangspunkt Anordnungen, in denen ein Lerner ein Problem hat und ein Ziel erreichen muß. Thorndikes bekannteste sind die Katzen-Experimente. Die Katze ist hungrig, sitzt in einem Problemkäfig, und vor dem Käfig liegt Futter. Ein verborgener Mechanismus führt beim Drücken eines Hebels dazu, daß sich die Tür öffnet und die Katze zum Futter kann. Die Katze hat ein Verhaltensrepertoire: Sie kann beißen, kratzen, springen, stoßen, schreien usw. Sie kann mit diesem Repertoire auf ihre Umgebung einwirken, ein Instrument aus ihrem Repertoire mag zum Ziel führen, andere nicht. Die charakteristische Form des Lernens ist für Thorndike das „trial and error learning“ oder, wie er später sagte, Lernen „by selecting and connecting“. Der Lerner wählt eine Reaktion aus einer Reihe von Alternativen aus. Unter bestimmten Bedingungen wird diese Reaktion mit der Stimulus-Situation (Problemsituation) derart verknüpft, daß in einer Wiederholung der Problemsituation die gleiche Reaktion mit größerer Wahrscheinlichkeit auftritt. Wann wird diese Verknüpfung verstärkt? Sie wird nach dem Gesetz des Effekts verstärkt, wenn sie erfolgreich ist, d. h. wenn sie zu einem „satisfying state of affairs“ führt. Piaget nimmt die S-R-Theorien nicht in differenzierterer Form zur Kenntnis, und so reichen uns diese rudimentären Formulierungen, um seine Kritik darzustellen. Diese Kritik läßt sich unter drei Punkten zusammenfassen.

a) „Versuch und Irrtum“ oder Assimilation? Thorndikes Selektionsmodell des Lernens sieht eine Assoziationsbildung zwischen einer erfolgreichen Reaktion und einer Stimulus-Situation vor. Die so assoziierte Reaktion muß im Verhaltensrepertoire niedergelegt sein, sie wird nicht gelernt. Gelernt wird nur die Assoziation. Wie aber wird die erfolgreiche Reaktion ausgewählt? Thorndike nennt hier einen Prozeß, den er „Versuch und Irrtum“ nennt, in dem die Selektion als ein *blinder Griff* ins Repertoire angesehen wird. Es mag schon sein, daß dieser Griff ins Repertoire bei den Problemen, die Thorndike wählte, durchaus blind sein mußte. In seinen Versuchen mit Menschen z. B. hat sich Thorndike eine ähnliche An-

ordnung wie in den Tierversuchen ausgedacht: Eine Liste mit spanischen Wörtern wird gegeben, und zu jedem spanischen Wort stehen fünf englische zur Auswahl. Eines dieser ist die richtige Übersetzung. Die Versuchspersonen, die nicht spanisch können, müssen raten, welches die richtige Übersetzung ist. Der VI sagt dann „richtig“ oder „falsch“. Die Auswahl aus den fünf angebotenen Übersetzungsalternativen kann gar nicht anders als blind erfolgen. Schon früh wurde die Unnatürlichkeit der in Thorndikes Versuchen verlangten Reaktionen kritisiert, z. B. von Wolfgang Köhler, der zwar nicht den Tatbestand eines Lernens dieser Art leugnete, der sich aber weigerte, diese Lernsituation als eine für die normale Lebenssituation typische anzusehen. Auch Piaget sieht den typischen Lernprozeß nicht in einem blinden Probieren der eigenen Verhaltensmöglichkeiten und einem mechanischen Verknüpfen der Verhaltensweisen mit einer Stimulus-Situation. Die typische Lernsituation ist nicht durch eine blinde Emission des eigenen Verhaltensrepertoires gekennzeichnet, sondern durch einen gezielten Versuch, ein Problem zu bewältigen. Dabei ist die Aktivität des Subjekts immer ein Versuch zur *Assimilation*. Vielfach wird dieser Versuch die Form eines Probierens annehmen, aber seine Funktion bleibt immer die gleiche: Lösungen zu finden. Die Suche nach Lösungen ist immer der Versuch einer *Assimilation* an bestehende Schemata bzw. der *Akkommodation* dieser Schemata an den Gegenstand. (Vgl. auch die z. T. ähnliche Kritik Thorndikes von gestaltpsychologischer Seite durch Koffka, 1935.)

b) Es gibt Probleme, die mit dem gegenwärtigen Verhaltensrepertoire nicht zu lösen sind, die also nicht durch eine geeignete Selektion zu bewältigen sind. Probleme dieser Art haben in einer Selektionstheorie des Lernens keinen Platz, sie sind natürlich für eine Theorie der kognitiven Entwicklung von entscheidender Bedeutung. Ein Entwicklungsprozeß setzt immer ein mit dem Versuch der *Assimilation* einer Gegebenheit an ein vorhandenes Schema. Ist dieses Schema nicht erfolgreich, kann es zu Veränderungen an diesem Schema kommen. Dem Selektionsmodell der S-R-Theorien entspricht die Interpretation, die in diesem Rahmen der Funktion des Problems gegeben wird. Das Problem hat die Funktion, das Verhalten variabler zu machen, so daß die Emission der erfolgreichen Reaktion wahrscheinlicher wird: „Das Verhalten wird variabler und zufälliger werden, wenn die Problemsituation ungelöst bleibt“ (Osgood, 1953, S. 614). Je länger das Problem bestehenbleibt, um so variabler wird das Verhalten, um so mehr Reaktionen tauchen auf und um so eher besteht die Chance, daß die erfolgreiche Reaktion emittiert wird und mit der Stimulus-Situation verbunden werden kann.

Piaget, der einen ganz anderen Lernprozeß im Auge hat, sieht die Funk-

tion des Problems darin, die Unzulänglichkeit eines Assimilationsschemas aufzuweisen und dadurch die Akkommodation dieses Schemas einzuleiten: „... Die Äquilibrationshypothese sieht im gestellten Problem (wenn es sich wirklich um ein Problem handelt) eine Störung des Systems der Schemata eines Pb: Die doppelte Reaktion des Pb wird darin bestehen, soweit wie möglich die störenden Gegebenheiten an diese Ausgangsschemata zu assimilieren und, soweit das notwendig ist, diese gleichen Schemata auf die Gegebenheiten hin zu modifizieren...“ (Piaget, 1957, S. 108). Wir sehen hier den grundlegenden entwicklungspsychologischen Gedanken, den wir schon oben angesprochen haben: Es kann nicht alles jederzeit gelernt werden, es gibt Lernvoraussetzungen und damit eine gesetzmäßige Abfolge aufeinanderfolgender Lernprozesse. Lernen in diesem Sinne besteht im Erwerb immer komplexerer Strukturen, die auf elementareren aufbauen. Es ist also für eine Entwicklungspsychologie wesentlich, daß das Repertoire sich mit zunehmendem Alter verändert. Lernen, das lediglich als eine Selektion von Reaktionen aus dem Verhaltensrepertoire und eine Assoziation dieser an eine Stimulus-Situation aufgefaßt wird, kann eine Veränderung der Reaktionen selbst nicht zum Gegenstand haben.

Wir sehen also, daß sich die S-R-Theorie und Piaget mit ganz verschiedenen Lernprozessen beschäftigen. Wir können erwarten, daß Piaget einige Prinzipien nennen kann, die das Lernen im Sinne des Aufbaus komplexer kognitiver Strukturen bestimmt, während die S-R-Psychologie einige Prinzipien nennt, die die Auswahl einer Reaktion und die Verstärkung einer Assoziation betreffen. Wir dürfen nicht verschweigen, daß Piaget diese Probleme stark vernachlässigt hat: Welche Faktoren die Konsolidierung einer Gewohnheit oder einer Denkstruktur bestimmen, warum vor einem bestimmten Problem die eine Struktur aktiviert wird und nicht eine andere, diese und ähnliche Probleme sind von ihm nicht behandelt worden.

c) Vielleicht unterscheiden sich die verschiedenen S-R-Theorien in keinem Punkt stärker als in der Definition des verstärkenden Ereignisses. Wegen dieser Uneinheitlichkeit ist es schwierig, Piagets „Verstärkungstheorie“ (er hat eine solche nicht explizit formuliert, aber in seinem System ist eine impliziert) „der“ S-R-Theorie gegenüberzustellen. Wenn wir von Thorndikes Gesetz des Effektes ausgehen, dann scheint der Unterschied zu Piaget nicht unüberbrückbar. Thorndike postuliert, daß eine Verbindung durch angenehme Konsequenzen verstärkt werde, während sie nicht verstärkt werde durch unangenehme Konsequenzen. Piaget sagt, eine Entwicklungsveränderung wird wahrscheinlich, wenn eine äquilibrationsbedürftige Situation gegeben ist, im Sinne des Widerstands gegen Assim-

lationsversuche oder im Sinne des Konflikts zwischen verschiedenen Assimilationsschemata. Eine Entwicklungsveränderung hat das Ziel, diese äquilibrationsbedürftige Situation zu beseitigen, d. h. ein Gleichgewicht herzustellen. Ist eine Veränderung gefolgt von einer gleichgewichtigen Situation, so wird sie beibehalten, so ist sie ein Entwicklungsschritt nach vorwärts.

Wir können hierbei aber schon den grundlegenden Unterschied zwischen Piaget und der S-R-Psychologie aufzeigen. Während normalerweise in der S-R-Psychologie als verstärkende Verhaltenskonsequenzen bestimmte äußere, manipulierbare Ereignisse angesehen werden, wie bspw. Futter oder Wasser oder auch die Erreichung eines „sekundären Verstärkers“ (Piaget nennt alles dies „äußeres feedback“), betont Piaget die internen Verhaltenskonsequenzen (Beseitigung eines Widerspruchs, Beseitigung eines Konflikts). Formal ähnelt dabei seine Position noch mancher S-R-theoretischen, die wie Hull ebenfalls eine interne, d. h. physiologische Verstärkungsdefinition anbietet: Während Hull die Reduktion einer internen Stimulation als verstärkend ansieht, die jeweils auf primäre Triebe zurückführbar ist, ist für Piaget die Reduktion kognitiver Widersprüche und Konflikte die verstärkende Bedingung. Beide Theorien können als Gleichgewichtstheorien der Verstärkung interpretiert werden, wobei Hull eine physiologische Homöostasis, Piaget aber kognitive Widerspruchsfreiheit im Auge hat. Die Unterschiede zwischen beiden theoretischen Ansätzen werden aber sehr deutlich, wenn wir betrachten, was als Verstärker fungieren kann. Während Hull die physiologische Homöostasis von außen sichern kann (durch Fütterung usw.), verfügt Piaget nicht über von außen manipulierbare Verstärker. Er kann die Situationen, die einen Entwicklungsschritt verstärken, nicht objektiv beobachten.

In einer solchen Situation liegt die Gefahr einer zirkulären Definition nahe: Verstärkend wirkt das, was einen Entwicklungsschritt verstärkt. Piaget könnte diesem Vorwurf aber dadurch begegnen, daß er erstens angibt, wodurch ein Entwicklungsschritt wahrscheinlich gemacht wird, wann er ausgelöst wird (das ist die äquilibrationsbedürftige Situation), und daß er zweitens voraussagt, wie dieser Entwicklungsschritt aussehen wird: Er wird das gestörte Gleichgewicht wiederherstellen müssen durch eine Akkommodation oder durch eine größere Widerspruchsfreiheit zwischen verschiedenen Assimilationen: Nur ein solcher Entwicklungsschritt bringt Gleichgewicht und wird „verstärkt“.

Wir können Piagets Kritik des Sensualismus hier sehr knapp abhandeln, da diese Kritik an anderer Stelle (Kap. 3.3.1) ausführlich dargestellt ist. Ein sensualistisch-empiristischer Standpunkt behauptet, daß nichts „im Geist“ sei, was nicht vorher durch die Sinne erfahren wäre. Piaget

schreibt dem Empirismus darüber hinaus folgende Meinung zu: „Auf der einen Seite glaubt er, die Erfahrung dränge sich von selbst auf, ohne daß das Subjekt sie organisieren müßte, d. h. die Erfahrung dränge sich dem Organismus direkt auf, ohne daß eine Aktivität des Subjekts notwendig zu ihrer Bildung wäre...“ (Piaget, 1963, S. 316). Hinter dieser Ansicht vermutet Piaget einen erkenntnistheoretischen Realismus, den er nicht teilt. Er selbst interpretiert unser Bild von der Wirklichkeit als eine Konstruktion durch sensomotorische und intellektuelle Aktivitäten. Er sieht den Zusammenhang zwischen Subjekt und Realität als einen viel differenzierteren an, als die „Abbildtheorie“ dies tut. Die Gegenstände der Umwelt bilden sich nicht im Geist ab. Begriffe bilden sich nicht durch eine Abstraktion von den irrelevanten Teilen der Abbilder. Ein Organismus ist mit Assimilationsschemata ausgestattet, und die Dinge werden mit Hilfe dieser Schemata konstruiert. Erkenntnisse gibt es nur insofern, als Assimilationsschemata sie vermitteln. Dies ist das Kantsche Erbe der Psychologie Piagets. Als Beleg für seine Meinung sieht er die Veränderung unseres Bildes von der Wirklichkeit im Laufe der Entwicklung an. Ein Kind, das das Assimilationsschema (den Begriff) Horizontalität nicht gebildet hat, ist unfähig, die Horizontalität des Wasserspiegels in einem gekippten Gefäß zu sehen, was wir bereits erwähnten. Die Horizontalität wird nicht im Geiste „abgebildet“. Einen weiteren Beweis seiner These sieht Piaget in der Beobachtung, daß die Einsicht in die Konstanz der Substanz bei Formveränderung zeitlich vor der Einsicht in die Konstanz des Gewichts oder die Konstanz des Volumens auftaucht. Auf diese Beobachtung legt er größten Wert. Sie dient ihm ebenfalls als Beweis gegen einen naiven Empirismus: Während die Konstanz des Gewichts und auch die des Volumens evtl. sinnlich erfahren werden könnte, kann die Konstanz der Substanz bei Formveränderung nicht sinnlich erfahren werden. Es gibt hier keinen Beweis durch Wahrnehmung (vgl. Piaget 1959 b, S. 31 f.). Trotzdem taucht sie als erste der Konstanz auf. So glaubt er, daß die Einsicht in die Konstanz nicht durch äußere Feststellungen (wahrnehmungsmäßige Erfahrung) entstehen kann, sondern nur als Resultat intellektueller Operationen.

Piaget unterscheidet eine „abstraction à partir de l'objet“ von einer „abstraction à partir de l'action“ (Piaget, 1959 b, S. 24 f.; Piaget, 1959 c, S. 179). „L'abstraction à partir de l'objet“ führt zu empirischen Feststellungen über einen Gegenstand, „l'abstraction à partir de l'action“ führt zu deduktiv gewonnenen Feststellungen („expériences logico-mathématiques“), die eine über die empirische Erfahrung hinausgehende Erfahrungsquelle darstellen. Die empirische Feststellung („expérience physique“) besteht darin, mit den Gegenständen handelnd ihre Eigen-

schaften zu entdecken: z. B. einen Gegenstand mit der Hand abwägen, um sein Gewicht abzuschätzen, eine Kollektion durchzählen, um die Anzahl der Elemente festzustellen, usw. „L'abstraction à partir de l'action“ führt zu einem Urteil, das durch Verknüpfung bestimmter Handlungen und Operationen ohne direkte Befragung der Wirklichkeit zustande kommt. Um die größere Ausdehnung der Oberklasse B (Blumen) gegenüber ihrer Unterklasse A (Rosen) einzusehen, kann man die Oberklasse und die Unterklasse abzählen. Das wäre eine empirische Feststellung in der Terminologie Piagets, eine „abstraction à partir de l'objet“, wobei als selbstverständlich vorausgesetzt ist, daß auch diese Abstraktion nur mit Hilfe vorhandener Assimilationsschemata geschehen kann. Bei der „abstraction à partir de l'action“ wird hingegen aus der Zusammenordnung verschiedener Assimilationsschemata ein Ergebnis deduziert: Zum Beispiel könnte eine erste Handlung darin bestehen, eine Oberklasse zu konzipieren; eine zweite Handlung könnte in der Aufteilung der Oberklasse in zwei Unterklassen bestehen. Wenn aus diesen beiden Handlungen gefolgert wird, daß eine der Unterklassen gleich der Oberklasse abzüglich der anderen Unterklasse ist und aus diesem Grunde weniger Elemente enthält als die Oberklasse, dann haben wir hier eine „abstraction à partir de l'action“. Diese Möglichkeit, ein Urteil aus der Zusammenordnung verschiedener Handlungen zu deduzieren, widerspricht einem engen sensualistischen Empirismus. Wir werden später ausführlicher sehen, daß in der Genfer Schule Anstrengungen unternommen wurden, den Empirismus experimentell zu widerlegen, indem man versucht hat aufzuzeigen, daß empirische Feststellungen keine geeignete Basis für die Entwicklung kognitiver Strukturen sind (s. Kap. 4).

Piaget deutet die Erfahrung anders, als der Sensualismus dies tut. Für den sensualistischen Empirismus erfüllt die Erfahrung die Rolle der Kenntnisvermittlung über die Wirklichkeit; für Piaget hat die Erfahrung nur die Funktion, die vom Subjekt gebildeten Hypothesen und Erwartungen entweder zu bestätigen oder zu widerlegen. Greifen wir zurück auf unser Beispiel der Pendelfrequenz: Das Subjekt bildet im Idealfall einen Untersuchungsplan, in dem alle möglichen Kombinationen der Pendellänge und des Pendelgewichts vorkommen. Jede einzelne Kombination kann in der Erfahrung überprüft werden. Das Subjekt entwickelt seine Hypothesen und prüft diese an der Erfahrung. Einige der Hypothesen werden verworfen, andere werden beibehalten. Diese Funktion hat die Erfahrung nicht erst auf dem Niveau der formalen Operationen, sondern vom sensomotorischen Niveau an. Ein Säugling mag die Hypothese haben, daß der Mond etwas zum Greifen ist, greifbar ist. Die Erfahrung wird ihn lehren, daß der Mond nicht greifbar ist. Ein Säugling hat entdeckt, daß

verschiedene Gegenstände ein Geräusch machen, wenn man sie schüttelt. Er probiert nun alle Gegenstände, die ihm in die Hand fallen, aus, ob sie beim Schütteln ein Geräusch machen oder nicht.

Später, wenn das Kind die Sprache erlernt und wenn es beispielsweise einen Hund mit dem Namen „Wauwau“ bezeichnen kann, wird es ausprobieren, ob auch eine Katze, ein Kalb, ein Meerschweinchen oder was auch immer ein „Wauwau“ ist. Die Erfahrung (hier in Form der Bestätigung oder Korrektur durch Eltern oder Geschwister) wird das Kind lehren, die Klasse der „Wauwau“ so zu begreifen, wie das sozial üblich ist. Gewisse Generalisierungen werden von der Erfahrung als unzulässig zurückgewiesen. Noch später wird das Kind vielleicht mit dem Problem konfrontiert sein, welche Gegenstände schwimmen. Das Kind wird nach einzelnen Dimensionen suchen, die hierfür verantwortlich sind. So mag es die Hypothese äußern, daß leichte Gegenstände schwimmen, schwere aber untergehen. Die Erfahrung wird es aber lehren, daß diese Dimension allein unzulänglich ist, denn tonnenschwere Baumstämme schwimmen auch. Dann mag das Kind die Hypothese entwickeln, daß Dinge aus Holz schwimmen, Dinge aus Eisen aber untergehen. Die Erfahrung wird es jedoch lehren, daß auch Schiffe aus Eisen schwimmen und daß manches Holz sinkt.

Für Piaget ist die Erfahrung für die Vermittlung von Kenntnissen nicht primär wie für den Sensualismus. Die Erfahrung kann nur das bestätigen oder widerlegen, was vom Subjekt als Hypothese entwickelt worden ist. Das Subjekt probiert bei Problemen verschiedene Lösungen aus: „Dieses ‚Probieren‘ kann rein sensomotorisch sein oder sich in Form von ‚gedanklichen Versuchen‘ verinnerlichen, aber seine Funktion bleibt immer die gleiche: Lösungen zu erfinden, die die Erfahrung nachträglich auswählt (Piaget, 1947, 2. Aufl., S. 107). „Der vollständige Intelligenzakt setzt also drei wesentliche Momente voraus: Die Frage, die dem Suchen die Richtung gibt, die Hypothese, welche die Lösungen vorausnimmt, und die Kontrolle, die sie auswählt“ (ebd., S. 108). Wenn die Erfahrung zeigt, daß die bisher angewendeten Assimilationsschemata unzulänglich sind, erfolgt Lernen im Sinne der Modifikation oder Neukombination der Assimilationsschemata. Das Lernen wird durch die Erfahrung der Unzulänglichkeit nur angeregt. Darüber hinaus spielt die Erfahrung im Prozeß der Modifikation oder Neukombination keine Rolle mehr; Lernen im Sinne der Veränderung der Schemata ist ein interner Organisationsprozeß. Das Resultat dieses Prozesses kann dann an der Erfahrung wieder überprüft werden. Erweist sich dieses Resultat erneut als unzulänglich, wird eine neuerliche Reorganisation notwendig, die wiederum intern abläuft und die wiederum an der externen Erfahrung überprüft werden muß.

Lernen im Sinne der Veränderung von Strukturen wird notwendig, wenn die Unzulänglichkeit der bisherigen Assimilationsschemata aufgewiesen wird. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie solche Unzulänglichkeiten aufgewiesen werden können; wir werden darauf bald zurückkommen. Um ein Bild zu gebrauchen: Für den Empiristen bedeutet Erfahrungsaufnahme Abbilden der Wirklichkeit. Für Piaget ist Erfahrungsaufnahme identisch mit Assimilation der Wirklichkeit, was die Möglichkeit der Diskrepanz zwischen verschiedenen Assimilationsversuchen eröffnet. Solche Diskrepanzen verraten Unzulänglichkeiten und müssen beseitigt werden. Der interne Prozeß der Beseitigung macht die Erfassung der Wirklichkeit ein Stück widerspruchsfreier. Da wir die Wirklichkeit an sich nicht kennen, sondern nur über unsere Assimilationsschemata erfahren, können wir die Richtigkeit unseres Bildes von der Wirklichkeit nicht am Modell selbst beurteilen. Die Unzulänglichkeit unseres Bildes von der Wirklichkeit wird nur dann offenbar, wenn verschiedene Assimilationsversuche zu verschiedenen Ergebnissen führen. Innere Kohärenz und Widerspruchlosigkeit zwischen verschiedenen Assimilationsversuchen ist demnach das einzige Ziel des Entwicklungsprozesses, der zu einem größeren Gleichgewicht führt. Insofern haben auch für Piaget empirische Feststellungen ihren positiven Wert. (Sie werden selbstverständlich nur durch vorhandene Assimilationsschemata getroffen: Es wird nichts festgestellt, wofür kein Assimilationsschema vorhanden ist.) Auch deduktiv gewonnene Urteile können so an der empirischen Erfahrung durch empirische Feststellungen überprüft werden. Diese müssen widerspruchsfrei zu anderen Assimilationen der Wirklichkeit bleiben.

2.3.3. Piagets Äquilibrationstheorie der kognitiven Entwicklung

Kessen (1960) macht bei der Betrachtung der Entwicklung eine wichtige Unterscheidung zwischen dem Studium der Entwicklungsstadien und dem Studium der Gesetze des Übergangs von einem Stadium zum anderen. Dieser Mechanismus des Übergangs ist in der Theorie Piagets der Äquilibrationsprozeß. Wir haben bereits einiges zum Äquilibrationsprozeß gesagt. Piaget ist der Meinung, daß er sich vor allem in der spontanen Aktivität des Kindes in seiner natürlichen Umwelt abspielt. Dies ist wohl der Grund, weshalb Piaget keine spezifischen Lernversuche unternommen hat, in denen der Äquilibrationsprozeß operationalisiert und präzisiert untersucht wäre. Piaget gibt auch nur eine einzige detaillierte Beschreibung eines Äquilibrationsprozesses, nämlich die Entwicklung der Mengenkonzanzbegriffe (s. Kap. 3.5). Aber auch diese Darstellung enthält kaum präzise

gefaßte Faktoren, die den Äquilibrationsprozeß bestimmen, sondern ist eher die Aufzeichnung verschiedener Stadien.

Piaget bietet eine Erklärung an, die etwa folgenden Gedankengang enthält: Ausgangspunkt ist eine Beschreibung verschiedener Stufen der Entwicklung der Mengenkonzanzbegriffe, der Stufen 1, 2, 3 und 4. Piaget sagt nun, das Erreichen der Stufe 2 werde wahrscheinlicher, wenn die Stufe 1 erreicht ist, und das Erreichen der Stufe 3 werde wahrscheinlicher, wenn die Stufe 2 erreicht ist usw. Er sagt ferner, daß keine Stufe übersprungen werden kann, sondern daß jede Stufe Voraussetzung für das Erreichen der nächsthöheren ist. Piaget spezifiziert nicht, welche Faktoren den Übergang von der Stufe 1 zur Stufe 2 oder von der Stufe 2 zur Stufe 3 usw. genau bestimmen. Er sagt nur, daß mit fortgeführter Wiederholung des Verhaltens der Stufe 1 der Übergang zur Stufe 2 zunehmend wahrscheinlicher werde. Piaget meint, daß ein deterministisches Erklärungsmodell unangemessen sei, er zieht ein probabilistisches vor.

Piaget stellt diese Erklärungsweise der Entwicklung den klassischen Erklärungsversuchen wie Reifung, Lernen usw. gegenüber. Diese Theorien bieten Kausalerklärungen an, meint er, während der Äquilibrationsprozeß keine einfache Kausalität, sondern eine statistische Kausalität darstelle (Piaget, 1957, S. 30 f.). Zunächst zum Begriff der statistischen Kausalität: Dieser Begriff hebt sich doch wohl von demjenigen der deterministischen Kausalität ab. Man könnte sich vorstellen, daß eine Kausalität dann zur probabilistischen wird, wenn das verursachende Bedingungsgefüge nicht völlig bekannt oder zu komplex ist. Das allerdings scheint auf die Äquilibrationshypothese zuzutreffen. Piaget beschreibt das Bedingungsgefüge eines Übergangs von einer Äquilibrationsstufe zur anderen zumindest nicht ausreichend. Daher kann er den Übergang auch nur als probabilistischen ansehen, ohne aber eine Wahrscheinlichkeit schätzen zu können.

Was bewirkt die Auslösung und Ausrichtung des Äquilibrationsprozesses? Piaget hat die Bedingungen der Auslösung eines Äquilibrationsprozesses, d. h. die Bedingungen des Überganges von einer Äquilibrationsstufe zur nächsten nicht systematisch untersucht. Es finden sich aber einige Bemerkungen über auslösende Faktoren. Wenn er es auch nie unternommen hat, einen Faktor, der den Äquilibrationsprozeß auslösen könnte, in einem Experiment nachzuweisen, so sind diese unsystematischen Formulierungen doch eine Quelle für Hypothesen und empirische Forschung. Eine weitere Quelle stellen die Berichte über die Befragungen der Kinder dar. So werden in diesen Befragungen Pb auf die Widersprüchlichkeit ihrer Aussagen hingewiesen; sie werden mit Problemstellungen konfrontiert; ihre Urteile werden empirisch widerlegt usw. Viele Pb ändern ihr Verhalten in einer

solchen Untersuchung, die nach Genfer Auffassung nur der Diagnose dienen soll. Piaget kategorisiert solche Pb in ein „Übergangsstadium“, ohne den Ursachen dieses Übergangs genauer nachzuspüren. Versuchen wir aber, in Piagets praktischem Verhalten in Untersuchungssituationen sowie in theoretischen Äußerungen Faktoren und Situationen aufzufinden, die den Äquilibrationsprozeß auslösen. Wir haben schon verschiedentlich erwähnt, daß Piaget vor allem zwei Faktoren als Ursache des Äquilibrationsprozesses ansieht: erstens den Widerstand gegen Assimilationsversuche und zweitens die Widersprüchlichkeit, den Konflikt verschiedener Assimilationsakte. Beide Situationen stellen ein mangelhaftes Gleichgewicht dar, das durch einen Äquilibrationsprozeß überwunden werden soll. Wir können in diesem Rahmen verschiedene Kategorien eines mangelhaften Gleichgewichts unterscheiden:

a) Konflikte zwischen zwei Assimilationsschemata: Als Beispiel wollen wir wieder die Verformung einer Plastilinkugel zur Wurst wählen. Es ist die Frage gestellt, ob die Wurst wohl gleich viel oder nicht gleich viel Plastilin enthalte wie die Kugel. Ein fünfjähriger Pb mag zunächst auf die größere Länge der Wurst achten und sagen, die Wurst habe mehr Plastilin; danach mag er auf den größeren Umfang der Kugel achten und sagen, die Kugel habe mehr. Zumindest potentiell liegt in solchen durch die sukzessive Beachtung verschiedener Gegenstandsmerkmale bedingten Urteilsschwankungen die Gefahr eines Konfliktes, eines Widerspruches, eines Ungleichgewichts. In diesem Falle wird die Unzulänglichkeit eines Assimilationsschemas dadurch offenkundig, daß ein zweites Assimilationsschema zu einem Ergebnis führt, das dem ersten widerspricht. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, dieses Ungleichgewicht, den Konflikt, zu beheben: etwa durch Verstärkung eines der beiden Schemata oder durch die Wahl eines dritten Assimilationsschemas oder durch eine Integration der in Konflikt stehenden Assimilationen in eine umfassendere Struktur. Wir glauben, daß der Begriff der Äquilibration auf diesen letzten Fall beschränkt werden müßte.

b) Widerlegung eines Urteils durch ein empirisches Ereignis: Piaget hat Situationen, in denen Urteile durch empirische Ereignisse widerlegt werden, in verschiedenen Werken geschildert (Piaget, 1946 a, 1946 b, Piaget/Inhelder, 1955). Ein Urteil, auch die Vorhersage eines Ereignisses, wird empirisch widerlegt. Nehmen wir als Beispiel das Problem, welche Körper auf dem Wasser schwimmen (Piaget/Inhelder, 1955). Einem Pb wird eine Reihe von Gegenständen vorgelegt, die sich in der Größe, im Gewicht, in Material usw. unterscheiden. Der Pb mag zunächst die Hypothese haben, daß große Gegenstände untergehen, kleine aber schwimmen. Diese Hypothese wird empirisch widerlegt, indem ein großes Holzstück

auf das Wasser gelegt wird und schwimmt. Der Pb wird dann vielleicht seine Hypothese wechseln und nun annehmen, daß schwere Gegenstände untergehen, leichte aber schwimmen. Das kann widerlegt werden, indem gezeigt wird, daß ein schweres Holzstück schwimmt und ein leichtes Steinchen untergeht. Solche empirischen Widerlegungen von Urteilen und Vorhersagen sind eine andere Quelle von Ungleichgewicht. Widerlegungen zwingen zu einer Revision des Urteils und eventuell zu einer Reorganisation der kognitiven Strukturen, vielfach aber auch nur zu einer anderen Selektion, was kein Entwicklungsschritt wäre.

c) Ungleichgewicht durch fehlschlagende Assimilationsversuche: Auch diesen Fall haben wir bereits erwähnt. Ein Pb verfügt über verschiedene Assimilationsschemata. Bei dem Versuch, diese auf die Wirklichkeit anzuwenden, stellt sich heraus, daß die Wirklichkeit Widerstand leistet. So mag es geschehen, daß ein Kind im Alter von zehn Monaten einen Gegenstand greifen will, der außerhalb seiner Reichweite liegt. Das Greifschema allein erweist sich als unzulänglich. Das Kind mag entdecken, daß es diese Situation dann bewältigen kann, wenn es das Greifschema mit einem anderen Schema, dem Schema des Heranziehens, kombiniert: Piaget (1969) hat eine solche Entdeckung beschrieben. Ein Kind wollte einen außer seiner Reichweite liegenden Gegenstand greifen, griff zu kurz, griff in die Unterlage (ein Tuch) und konnte nun mit dem Tuch den Gegenstand heranziehen. Wenn das Greifschema also kombiniert wird mit dem Schema des Ziehens, kann die Situation gelöst werden. Ähnliches kann einem Erwachsenen passieren, der versucht, eine Schafherde zu zählen. Die Bewegung in der Herde und das ordnungslose Durcheinander der Schafe erschwert die Anwendung des Zählschemas erheblich. Um die Schafherde sicher zählen zu können, muß eine Ordnung hergestellt werden, die das Zählen erleichtert: Entweder wird die Herde durch ein schmales Tor geführt, und die durchgehenden Schafe werden gezählt, oder die Herde muß auf andere Weise geordnet werden.

d) Ungleichgewicht durch Problemstellungen und Fragen: Jede Problemstellung und jede Frage, die nicht ohne weiteres durch einen Griff in das Verhaltensrepertoire gelöst werden kann, stellt eine Situation des Ungleichgewichts (der Unzulänglichkeit des Verhaltensrepertoires) dar und kann eine Äquilibration auslösen. Wenn einem Pb fünf Rosen und zwei Tulpen vorgelegt werden und er gefragt wird, ob es mehr Blumen oder mehr Rosen seien, dann haben junge Pbn (bis etwa zum 7. Lebensjahr) die spontane Tendenz, gleichgeordnete Klassen zu vergleichen. Sie neigen dazu, die Anzahl der Rosen mit der der Tulpen zu vergleichen. Diese Tendenz widerspricht der objektiven Fragestellung. Ist diese objektive Fragestellung aber verstanden und es fehlt ein Lösungsweg, der dieser

Aufgabe gerecht wird, so ist das eine Situation des Ungleichgewichts. Immer dann wird durch die Aufgabenstellung eine Situation mangelnden Gleichgewichts geschaffen, wenn eine Reorganisation der kognitiven Strukturen zur Lösung notwendig ist. Daß nicht jedes Problem und jede Frage einen Äquilibrationsprozeß auslösen, auch wenn keine objektiv richtige Lösung gefunden werden kann, liegt daran, daß vielfach die Fragen und die Problemstellungen schon nicht verstanden werden. Wenn aber keine Diskrepanz zwischen dem unzulänglichen Lösungsversuch und dem subjektiven Verständnis der Frage existiert, dann ist natürlich keine äquilibrationsbedürftige Situation gegeben.

Piaget weist verschiedentlich auf die auslösende Funktion der Widersprüche und Konflikte, der Unzulänglichkeiten und des Widerstandes der Realität für den Äquilibrationsprozeß hin. Er spricht davon, daß die formalen Operationen gebildet werden, um „die offensichtlichen Widersprüche aufzuheben, zu denen der Gebrauch der konkreten Operationen führt“ ... „denn ihre (der konkreten Operationen) Inhalte interferieren untereinander“ (Piaget/Inhelder, 1955, S. 249). „Da es sich darum handelt, ... Probleme zu lösen, in denen mehrere Faktoren (mehrere Strukturierungsbereiche) interferieren, stößt sich das Kind früher oder später an Resultaten, die wenig kohärent und selbst widersprüchlich sind ... Die Realität bietet dem Kind Mischungen partieller Regelmäßigkeiten und Ausnahmen“ (ebd., S. 250). „In Gegenwart zu komplexer Beziehungen wirken sich die nicht aktuell beachteten Faktoren als Störung aus“ (ebd., S. 252).

Begnügen wir uns mit diesen Zitaten und versuchen, einige allgemeine Aussagen zu diesem Problem der Widersprüchlichkeit zu machen. Wie kommt Widersprüchlichkeit zustande? Piaget beschreibt ein Verhaltensinstrumentarium, das sich zusammensetzt aus verschiedenen Strukturen (Assimilationsschemata). Der Begriff der Assimilation besagt dabei, daß die Gegebenheiten der Umwelt in diese Schemata inkorporiert werden. Die Umwelt wird nur in dem Maße erfahren, wie Assimilationsschemata zur Verfügung stehen. Als grundlegende Aussage kann also gelten: Keine Erfahrung ohne Assimilationsschema.


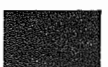







Wie kann eine solche Konzeption Weiterentwicklung bzw. Wandel erklären? Wenn ein Gegenstand nur durch die vorhandenen Assimilationsschemata erfahren werden kann und evtl. fehlerhaft oder unzulänglich erfahren wird, wodurch wird die Fehlerhaftigkeit und Unzulänglichkeit dieser Erkenntnis offenkundig? Es kann auf diese Fragen nur eine dem System angemessene Antwort geben: Die Unzulänglichkeit eines Assimilationsschemas kann nur durch ein anderes Assimilationsschema erfahren wer-

den. Wenn als Postulat gilt, daß nur das erfahren werden kann, wofür ein Erkenntnisinstrument existiert, dann braucht man ein zweites Erkenntnisinstrument, um die Unzulänglichkeit des ersten erfahren zu können. Auch im Fall c, in dem die versuchte Assimilation mißlingt, ist dies so. Das Fehlschlagen eines Assimilationsversuchs muß festgestellt werden. Didaktisch folgt aus dieser Aussage folgendes: Auch um einem Kind zu zeigen, was es nicht kann, was es falsch gemacht hat, muß man seine Assimilationsschemata kennen. Man wird die Fehler, die es macht, nur mit den Assimilationsschemata „erklären“ können, die es besitzt. Es reicht in der Regel nicht, zu sagen: „falsch“, es reicht also nicht aus, wie in der traditionellen Lernpsychologie eine „negative Verstärkung“ zu geben, es sollte vielmehr gesagt werden, inwiefern das Verhalten falsch ist. Selbstverständlich ist es möglich, daß das Kind, wenn es das Wort „falsch“ hört, gleich selbst weiß, was „falsch“ ist. Vielfach erfordert aber das Aufzeigen eines Fehlers eine Erklärung, die nur dann verstanden wird, wenn der Erklärende das Begriffs- und Verhaltensrepertoire verwendet, das dem Kinde angemessen ist.

Die Analyse der auslösenden Faktoren des Äquilibrationsprozesses vermittelt uns auch ein vertieftes Verständnis für die Richtung der Entwicklung. Wenn Entwicklung Äquilibration ist, d. h. in der Überwindung von Unzulänglichkeiten und Widersprüchen besteht, dann kann es nur Veränderung in einer Richtung geben, nämlich in der Richtung der Überwindung der Widersprüche. Eine Regression auf frühere Stufen der Entwicklung wäre gleichbedeutend mit dem Wiederauftauchen der alten und überwundenen Widersprüche. Dies müßte sofort zur Einleitung des gleichen (oder eines funktional äquivalenten) Äquilibrationsprozesses führen, der auch beim erstenmal die Widersprüche überwunden hat. Daher kann es nur eine Progression geben im Sinne des Aufbaus von umfassenderen Strukturen, die eine zunehmende Widerspruchslosigkeit garantieren. Tauchen auf einem gegebenen Stadium neue Widersprüche auf, dann kann es keine Regression geben, sondern nur eine „Flucht nach vorn“.

Eine weitere didaktische Konsequenz aus Piagets Äquilibrationsgedanken ist vielfach formuliert worden (s. z. B. Hooper, 1968). Piaget hat oft betont, daß die von ihm beschriebenen Entwicklungssequenzen notwendige und irreversible Abfolgen darstellten: Keine Stufe kann übersprungen werden, weil sonst die nächstfolgende nicht erreicht werden könnte. Haben wir eine Abfolge A-B-C und wird im Sinne des Erwachsenen erst auf dem Stadium C das korrekte Urteil erreicht, nicht aber auf dem Stadium B, dann müßte – will man Piaget eng auslegen – zunächst das Stadium B durchlaufen werden, bevor das Stadium C erreicht werden kann. Ich will das erläutern am Beispiel der Multiplikation zweier Dimensionen. Ange-

nommen, wir haben eine Matrix, in der zwei Dimensionen (Farbe und Form) mit je drei Werten (grün, gelb und schwarz; Dreieck, Kreis und Quadrat) multipliziert sind (s. Abb. 2).

			schwarz
			gelb
			grün

abgedeckte Zelle

Abb. 2:

Multiplikative Matrix mit zwei Dimensionen (Form und Farbe) zu je drei Werten.

Wir prüfen die Einsicht in den Aufbau dieser Matrix, indem wir eine Zelle abdecken und sie durch das Kind selbst ergänzen lassen. Wir können nach verschiedenen Untersuchungen (bspw. Haverkamp, 1970) folgende Entwicklungsstufen unterscheiden:

A = Auswahl nach Ähnlichkeit oder Symmetrie. Das Kind wählt hierbei ein Muster, weil es einer einzelnen anderen Karte ähnlich ist. Das Kind beachtet also weder, daß die Zellen einer Spalte, noch, daß die Zellen einer Zeile unter einem Gesichtspunkt alle gleich sind.

B = Eindimensionales Urteilen. Das Kind erkennt hier, daß die Zeilen einer Spalte (bzw. einer Zeile) unter einem Gesichtspunkt gleich sind, und ergänzt in dieser Hinsicht richtig, ist aber nicht in der Lage, gleichzeitig auf das Charakteristikum der Zeile und der Spalte zu achten.

C = Zweidimensionales Urteilen. Das Kind vermag sowohl das Zeilen- als auch das Spaltencharakteristikum zu erkennen und beide zu kombinieren.

Angenommen, wir finden in entwicklungspsychologischen Untersuchungen immer diese Abfolge A, B, C. Folgt daraus, daß B immer realisiert sein muß, bevor C erreicht werden kann? Piaget bejaht und betont dies eindeutig. Wir können dieser Auffassung aber nicht folgen, und zwar aus mehreren Gründen. Wir beziehen uns hier auf Aebli's Kritik an der Genfer Interpretation des entwicklungspsychologischen Experiments (Aebli,

1963 a). Piaget sieht das entwicklungspsychologische Experiment als Instrument der Aufdeckung vorhandener Strukturen an. Diese Strukturen haben sich nach ihm in der spontanen Auseinandersetzung mit der materiellen und sozialen Umwelt gebildet. Sie werden in der entwicklungspsychologischen Untersuchung nur noch aufgedeckt. Aebli wendet sich gegen eine solche Auffassung, vor allem, weil kein Nachweis vorliegt, daß ein Pb sich mit dem im Experiment gestellten Problem im bisherigen Verlauf seiner Entwicklung schon auseinandergesetzt hat. Wenn man die Art der in den Untersuchungen der Genfer Schule behandelten Probleme ansieht, dann ist es in der Tat recht wahrscheinlich, daß die meisten Pb zum erstenmal in ihrem Leben während der entwicklungspsychologischen Untersuchung mit einem solchen Problem konfrontiert sind. Aebli leitet daraus ab, daß man das Verhalten der Pb nicht so interpretieren dürfe, als seien die hinter dem Verhalten angenommenen kognitiven Strukturen vor dem Experiment schon vorhanden. Statt dessen müsse angenommen werden, daß das Verhalten der Kinder in der Versuchssituation aktuell „elaboriert werde“. Elaborieren heißt: aus vorhandenen Elementen neue Strukturen aktuell konstruieren.

Diese Interpretation scheint uns nicht nur das Geschehen in der entwicklungspsychologischen Untersuchung adäquater zu interpretieren, es erlaubt vor allem didaktisch sinnvollere Deduktionen. Würden wir Piaget ernst nehmen, daß keine Stufe einer Abfolge übersprungen werden kann und daß das entwicklungspsychologische Experiment die vorhandenen Strukturen aufdeckt, dann würde didaktisch daraus folgern, daß man die Kinder zunächst die fehlerhaften Urteile der Stufe A, dann die fehlerhaften Urteile der Stufe B lernen lassen müßte, damit sie schließlich zu den richtigen Urteilen der Stufe C gelangen. Wir müßten die Kinder also erst etwas Falsches lehren, damit sie in der Lage sind, das Richtige zu begreifen. Eine solche didaktische Konsequenz ist zweifellos abenteuerlich und logisch durchaus nicht evident. Was gesichert werden muß, damit die richtigen Lösungen der Stufe C möglich werden, sind nicht die fehlerhaften Urteile der Stufe B, sondern die Lernvoraussetzungen für C, die auch in den Fehlern der Stufe B sichtbar sind: nämlich das Erfassen der Gemeinsamkeiten aller Zellen einer Zeile und aller Zellen einer Spalte. Die Gemeinsamkeiten der Spalten und der Zeilen müssen in der Tat erkannt werden, damit Zeilen- und Spaltencharakteristika in der Stufe C kombiniert werden können.

Ohne also Piagets Formulierungen wörtlich zu folgen, können wir aus dem Gedanken einer notwendigen und irreversiblen Abfolge für eine Lernpsychologie doch das Prinzip herausstellen, daß jede Stufe der Entwicklung (das Lernen jeder neuen Struktur) Lernvoraussetzungen

hat, die vorher gesichert sein müssen. Diese didaktische Konsequenz mag recht trivial sein, es ist aber interessant, daß sie im Bereich der Lernpsychologie erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewinnt. Erst die Arbeiten von Gagné (Gagné und Mitarbeiter, 1961, 1962) haben das Augenmerk auf den hierarchischen Aufbau komplexer kognitiver Strukturen gelenkt und nachgewiesen, daß die Stufen dieser Hierarchie aufeinander aufbauen, woraus folgt, daß die höheren Stufen die tieferen als Lernvoraussetzung haben.

Wir wollen hier ein letztes lernpsychologisches Prinzip aus Piagets Analyse des Äquilibrationsprozesses abzuleiten versuchen, das Prinzip der Beweglichkeit. Wir haben gesehen, daß Piaget Entwicklung als auf größere Beweglichkeit hingerichtet ansieht. Es ist z. B. offenkundig, daß voroperatorisches Denken, das nur eine Dimension des Gegenstandes zu beachten und zu verarbeiten vermag, eine geringere Beweglichkeit aufweist als operatorisches Denken, das immer charakterisiert ist durch eine Beziehungsbildung zwischen verschiedenen Handlungselementen. Das voroperatorische Denken ist hingegen durch eine Zentrierung auf ein Element oder einen Aspekt des Gegenstandes gekennzeichnet. Das Kind, das meint, die zur Wurst verformte Kugel sei nun schwerer, weil die Wurst länger als die Kugel sei, zentriert nur die Länge. Eine solche Zentrierung kann eine gewisse Zähigkeit haben. Sie kann aber auch gefolgt sein von einer Dezentrierung (d. h. von einem Wechsel der Zentrierung) auf die zweite veränderte Dimension, den geringeren Umfang.

Beim Problem der Pendelfrequenz haben wir eine ähnliche Situation: Ein Kind sieht, wie ein kürzeres Pendel mit einem schweren Pendelgewicht schneller schwingt als ein langes Pendel mit leichtem Gewicht. Es mag in dieser Situation nur das Merkmal Pendelgewicht zentrieren, es kann aber auch von dieser Zentrierung zu einer Zentrierung der Pendellänge gelangen, was eine Dezentrierung darstellen würde. Gelingt diese Dezentrierung, wird das Kind kaum noch unbefangen äußern können, daß das schwerere Pendel die höhere Frequenz bedingt. Dies ist nun nur noch eine Hypothese, der eine zweite Hypothese gegenübersteht: Das kürzere Pendel bedingt das schnellere Schwingen. In der gegenwärtigen Anordnung kann das Kind nicht mehr entscheiden, ob Gewicht oder Länge oder beides die Pendelfrequenz determiniert. Weitere empirische Versuche werden dadurch notwendig.

Solche Dezentrierungen stellen nach Piaget einen Zuwachs an Beweglichkeit dar. Die lernpsychologisch interessante Frage ist nun die, wie solche Dezentrierungen zustande kommen, was ihre bedingenden Faktoren sind, und durch welche manipulierbaren experimentellen Variablen Dezentrierungen erreicht werden können. Piaget schildert eine Methode im Zusammen-

hang mit der Untersuchung der Entwicklung der Einsicht in die Mengenkonstanz. Verformt man eine Kugel zu einer Wurst, ist es sehr wahrscheinlich, daß die größere Länge der Wurst ins Auge fällt und zentriert wird. Wird nun die Wurst weiter verlängert, bis sie zu einem langen dünnen Faden geworden ist, dann ist es wiederum wahrscheinlich, daß der nun drastisch verminderte Umfang ins Auge fällt und zentriert wird. Seiler (1968) hat solche Phänomene durch systematische Variation der experimentellen Bedingungen zu provozieren versucht und die Rolle dieser provozierten Dezentrierungen oder Regulationen für die Entwicklung der Mengenkonstanzbegriffe untersucht (s. Kap. 4.3). Piaget hält es aber auch für möglich, daß ein Kind spontan zu einer Dezentrierung gelangt, wenn es mehrere Male hintereinander das gleiche Merkmal eines Gegenstandes zentriert hat. Er nimmt hier einen Hemmungsprozeß an, den er in Anlehnung an Hulls Konzept der reaktiven Hemmung konzipiert. Wir haben in einer Untersuchung (Montada, 1968) die Mobilität im Sinne der Dezentrierung (Wechsel der Zentrierung von einer Dimension des Gegenstandes auf eine andere) systematisch zu erhöhen versucht, ohne auf die spontanen Dezentrierungen des Kindes zu warten (s. Kap. 4.3). Die Übung der Mobilität bestand darin, daß ein VI durch Fragen und Aufgaben, die rasch aufeinanderfolgten, die Aufmerksamkeit des Kindes auf die verschiedenen Aspekte des Gegenstandes zu lenken versuchte. Die Erhöhung der Beweglichkeit wird auch in den allgemein-psychologischen Theorien des Problemlösens als eine wichtige Variable angesehen. Autoren wie Maier, Saugstad, Luchins u. a. haben auf die Notwendigkeit hingewiesen, rigide Fixierungen aufzulösen, damit neuartige Probleme gelöst werden können.

Eine systematischere und vollständigere Durchsicht der Hypothesen, die aus Piagets Konstruktivismus und aus seinem Äquilibrationskonzept hergeleitet werden können, wird bei der Schilderung der empirischen Forschungsansätze im Bereich des Lernens kognitiver Strukturen möglich sein (s. Kap. 4). Bis heute liegen weit über hundert Arbeiten vor, die für eine Lernpsychologie Piagets relevant sind. In einigen dieser Arbeiten wird versucht, Lernprinzipien einer empirischen Prüfung zu unterziehen, die aus der Entwicklungspsychologie Piagets deriviert sind und die aus einer traditionellen empiristischen Theorie nicht ableitbar wären.

2.4. Entwicklung als Akkommodation

Wir haben bisher verschiedentlich gesehen, daß Piaget im Gegensatz zu den S-R-Theorien eine Modifikation des Verhaltensrepertoires annimmt. Solche Modifikationen sind unter dem Begriff der Akkommodation sub-

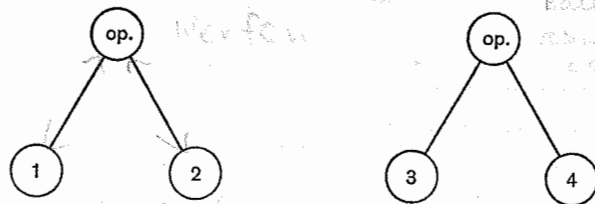
sumiert. Piaget übernimmt das Begriffspaar Assimilation und Akkommodation aus der Biologie: Die Assimilation bezeichnet den Prozeß der Aufnahme und Verarbeitung, kurz, der Einverleibung von Elementen der äußeren Welt in das eigene System; die Akkommodation bezeichnet die Modifikationen des Organismus, die unter dem Druck der Umwelt notwendig werden. Im psychologischen Bereich sprechen wir von Assimilation, wenn ein Individuum die Erfahrungsgegebenheiten in seine Verhaltensmuster, in seine Schemata einordnet. Ein Objekt assimilieren heißt: handelnd oder denkend auf dieses Objekt einwirken. Handlungen und Denkakte lassen sich als Transformationen verstehen. Wenn ich einen Gegenstand greife, verändere ich seine Lage; ich verleihe ihm eine Bedeutung — er ist greifbar. Wenn ich einen Gegenstand wahrnehme (ihn wahrnehmungsmäßig assimiliere), verleihe ich ihm eine Bedeutung, indem ich ihn beispielsweise einer Klasse zuordne: Das ist ein Hund, oder das ist rot. Wenn ich eine Klasseninklusion denke (Rosen sind Blumen), stifte ich Beziehungen zwischen Rosen, Tulpen, Schneeglöckchen usw. und fasse alle diese Kategorien unter einem Gesichtspunkt zu einer Oberklasse zusammen.

Handlungen und Denkakte haben eine Struktur oder ein Schema, in das — wie Piaget sagt — Objekte oder Ereignisse inkorporiert werden. Das Schema, das ist die Struktur einer Handlung, die — wenn sie konsolidiert ist — wiederholbar und anwendbar wird. Sie wird anwendbar auf Situationen und Gegenstände, die von denen verschieden sind, die zu ihrer Konstruktion geführt haben. So kann das Schema „Werfen“ am Gegenstand einer Kinderrassel konstruiert worden sein, künftighin werden aber viele Gegenstände geworfen. Was ist die Struktur dieses Schemas? Wir verdanken Aebli (1969 b) eine interessante Analyse des Strukturbegriffs im Rahmen der kognitiven Entwicklung. Sensomotorische Schemata wie logisch-mathematische Operationen enthalten eine Struktur. Wir können an einer Struktur Elemente und Verknüpfungsoperationen unterscheiden, was wir schematisch darstellen können wie in Abb. 3. Dabei sind die Elemente variabel, während die Verknüpfungsoperation der Struktur immer dieselbe ist.

Es erübrigt sich wohl, die Existenz solcher Strukturen im Bereich der Begriffe und der logisch-mathematischen Strukturen nachzuweisen. Es ist

Operationen

Elemente



aber interessant aufzuweisen, daß auch im sensomotorischen Bereich, also im Bereich des praktischen Handelns, solche Strukturen existieren. Wir können am sensomotorischen Schema des Greifens Elemente und Verknüpfungsoperationen unterscheiden: Die Elemente sind einerseits die ge-griffenen Gegenstände, andererseits Körperteile (die Finger einer Hand, die Hände, evtl. die Füße), und die Verknüpfungsoperation besteht in dem Vorgang, den wir normalerweise Greifen nennen: Die zu greifenden Elemente werden mit den Körperteilen umschlossen. Wenn wir sagen, Assimilation besteht in der Inkorporation in eine Struktur, so wird deutlich, worin die Transformation besteht: Die Struktur der Handlung wird dem Gegenstand aufgezwungen.

Piaget unterscheidet drei Typen der Assimilation: Die reproduktive Assimilation, d. h. die einfache Wiederholung einer Handlung, was die Konsolidierung einer Struktur bewirkt (dies ist das Analogon zu den üblichen lernpsychologischen Gesetzen der Übung und der Wiederholung); die rekognitive Assimilation bezeichnet den Tatbestand, daß ein Gegenstand wiedererkannt wird als assimilierbar an ein bestimmtes Schema; der für uns im Zusammenhang mit lernpsychologischen Überlegungen interessanteste Typ der Assimilation ist die generalisierende Assimilation, die zu einer Ausweitung des Anwendungsbereichs eines Schemas führt.

Der Transformation des Objektes in der Assimilation durch das Subjekt entspricht die Modifikation der Schemata, die durch die Eigenheiten des Milieus notwendig werden. Diesen Vorgang nennt Piaget Akkommodation. Die Akkommodation wird immer dann notwendig, wenn ein Gegenstand oder eine Situation sich nicht assimilieren läßt. Eine Veränderung der Struktur ist dann erforderlich. Es wäre jedoch verfehlt anzunehmen, daß diese Veränderungen einer direkten Einwirkung des Objekts auf das Subjekt zuzuschreiben wären, die vom Subjekt passiv hingenommen würden. Wie die Assimilation ist die Akkommodation eine Aktivität des Subjekts: „Es gibt keine Akkommodation, wenn sich das Individuum damit begnügt, die Unzulänglichkeit seiner Schemata zu konstatieren, und wenn es sich daraufhin nicht mehr für das Objekt oder die Situation interessiert, die zunächst seine Handlung provoziert haben“ (Hatwell, 1966, S. 129). Das Subjekt muß ein verändertes Assimilationsschema emittieren, und am Gegenstand wird nur geprüft, ob dieses modifizierte Assimilationsschema adäquat ist oder nicht. Das Nichtgelingen einer Assimilation haben wir schon als einen Zustand mangelnden Gleichgewichts kennengelernt, der einen Äquilibrationsprozeß, d. h. einen Versuch der Modifikation auslösen kann. Wir brauchen darauf nicht mehr zurückzukommen, wollen aber die verschiedenen Möglichkeiten der Akkommodation kurz zusammenstellen.

1. Differenzierung eines Ausgangsschemas. Der Versuch einer Assimilation ist fehlgeschlagen. Beispielsweise hat das Kind versucht, Wasser zu greifen. Wasser hat sich aber nicht als greifbar erwiesen. Es ist nun möglich, daß sich das Schema des Greifens in das Schema des Schöpfens modifiziert, indem vom Schema des Greifens das Umschließen des Gegenstandes beibehalten wird, wobei aber die Handstellung eine entscheidende Bedeutung gewinnt, die sie vorher nicht hatte: Die Handinnenfläche muß nach oben zeigen.² Ist eine solche Differenzierung, die hier nur hypothetisch angenommen wird, erfolgt, dann mag das Selektionsmodell der S-R-Theorien ein adäquates Modell sein. Sind von nun an Greifen und Schöpfen beide im Repertoire des Subjekts, dann mag das Subjekt das Schema „Schöpfen“ selektieren, wenn sich das Schema „Greifen“ als unzulänglich erweist. Wie erklärt eine S-R-Theorie die Modifikation des Greifschemas in das Schema „Schöpfen“? Skinners Konzept des „shaping“ scheint hier der einzige einigermaßen angemessene Ansatz zu sein.³

Ein zweites Beispiel wäre die von Piaget beschriebene Differenzierung eines globalen Mengenbegriffs „groß“ (gros) in einzelne Dimensionen lang, breit, schwer, viele usw. Auch hier werden neue Begriffe durch die Beachtung zusätzlicher Merkmale gebildet. Ebenfalls in diese Kategorie der Akkommodation fällt die Bildung neuer gegenständlicher Kategorien durch die zusätzliche Beachtung von Merkmalen. Während für ein zweijähriges Kind ein Großteil der Tiere Hunde sein mögen, wird es allmählich differenzieren und verschiedene Tierkategorien unterscheiden. Ausgelöst werden mag eine solche Differenzierung – wie schon oben erwähnt – durch Reaktionen der sozialen Umwelt auf die undifferenzierten Bezeichnungen des Kindes.

2. Koordination mehrerer Assimilationsschemata: Ein zweiter Typ der Akkommodation besteht darin, daß verschiedene Schemata kombiniert werden, die vorher schon differenziert bestanden haben. Piaget nennt diesen Vorgang gegenseitige Assimilation der Schemata. Wir erinnern an

² Es wird ein neuer Aspekt beachtet, der zuvor irrelevant war. Differenzierung besteht in der Beachtung eines zusätzlichen Attributes, das vorher nicht beachtet werden konnte oder brauchte.

³ Skinner erreicht eine Reaktionsdifferenzierung durch differentielle Verstärkung. Der Organismus emittiert seine Reaktionen mit einer gewissen Variabilität. Einmal sind die Reaktionen heftiger, ein anderes Mal weniger stark, dann wieder erfolgen sie rascher oder langsamer; auch im Verlauf und in der Form sind gewisse Variationen die Regel. Wird nun eine Variante der Reaktion (z. B. intensive Reaktionen) ständig verstärkt, wird die Häufigkeit dieser Variante ansteigen. Durch differentielle Verstärkung der erwünschten Varianten bzw. solcher Formen, die in Richtung der erwünschten Variante liegen, läßt sich eine sukzessive Approximation an das erwünschte Verhalten erreichen. Wir können solche Reaktionsdifferenzierungen beim Erwerb jeder Fertigkeit beobachten, vom Erlernen des optimalen Drucks beim Schreiben bis zum Erlernen eines optimalen Stoßwinkels beim Kugelstoßen.

den Fall, wo das Kind versucht, einen außer seiner Reichweite liegenden Gegenstand zu greifen, was ihm mißlingt. Durch eine Kombination der beiden Schemata Ziehen und Greifen kann es den Gegenstand heranziehen, wenn es die Unterlage greift und heranzieht, auf der dieser liegt. Die Einsicht in die Mengenkonstanz wird erworben, wenn die verschiedenen in der Transformation veränderten Dimensionen, die sich gegenseitig kompensieren, koordiniert werden. Die Einsicht in die Klasseninklusion setzt voraus, daß die Oberklasse und gleichzeitig auch die Unterklassen assimiliert werden können.

Über diese klar verständlichen Bedeutungen der Akkommodation hinaus spricht Piaget vielfach von Assimilation und Akkommodation als zwei entgegengesetzten Tendenzen, die miteinander im Gleichgewicht (wie in den logischen Operationen), aber auch im Ungleichgewicht zueinander stehen können wie im Spiel, wo seiner Meinung nach die Assimilation überwiegt, und in der Nachahmung, wo die Akkommodation überwiegt (Piaget, 1970). Die Gefahr liegt darin, daß Akkommodation als ein der Assimilation entgegengesetzter, selbständiger Prozeß gesehen wird. Akkommodation ist aber immer Assimilation, und es ist lediglich sinnvoll, von unterschiedlich akkommodierten Assimilationen zu sprechen. Was ist der Sinn von Aussagen, wie „überwiegende Assimilation“ und „überwiegende Akkommodation“? Assimilation bedeutet Einverleibung in ein Schema. Diese Einverleibung kann auf die Merkmale und Eigenheiten des Gegenstandes mehr oder weniger Rücksicht nehmen, d. h. sie kann mehr oder weniger deformierend sein. Eine deformierende Assimilation liegt dann vor, wenn der Gegenstand nicht sachlich adäquat erfaßt wird. Insbesondere im Symbolspiel haben wir deformierende Assimilationen. Wenn eine Schnecke auf einer Schachtel im Symbolspiel zu einer Katze auf der Mauer wird (Piaget, 1970), dann nimmt diese Assimilation auf die Eigenheiten der Schnecke und der Schachtel keine Rücksicht, weil beide im Spiel sehr frei interpretiert werden. Solche deformierenden Assimilationen, die der Wirklichkeit nicht entsprechen, haben wir im voroperatorischen Denken häufig (denken wir an die animistischen und artifiziellistischen Naturdeutungen.⁴) und vor allem auch im Traum. Akkommodation bedeutet Anpassung an die Gegebenheiten der Situation, und wir verstehen, daß man un-

⁴ Eine animistische Deutung schreibt der Natur in Analogie zum Menschen Wille, Absichten und Emotionen zu. So mag ein Kind behaupten, der Regen „wolle“ uns naß machen, oder der Stein, an dem es sich gestoßen hat, sei böse. Wir sprechen von einer artifiziellistischen Deutung, wenn Naturerscheinungen in Analogie zum werkenden Menschen gesehen werden. Sie liegt bspw. vor, wenn erklärt wird, ein Maurer habe den Felsen gemacht, und ein Riese habe Wasser aus dem Meer geholt, um den See zu machen.

terschiedlich akkommodierte Assimilationen unterscheiden kann. Schwierig ist es aber, Piagets Rede vom „Überwiegen der Akkommodation“ (z. B. in der Nachahmung) zu verstehen. Verständlich wäre das nur, wenn angenommen werden könnte, daß es eine Akkommodation gäbe, die nicht Assimilation wäre. Dies aber widerspricht den Grundannahmen des Systems. Wenn aber jede Akkommodation einen Assimilationsversuch darstellt, kann man nicht von einem Überwiegen der Akkommodation sprechen. Allein sinnvoll ist es, unterschiedlich akkommodierte Assimilationen zu unterscheiden, wobei es selbstverständlich sehr gut akkommodierte Assimilationen geben kann. Auch das Konzept des Gleichgewichts zwischen Assimilation und Akkommodation ist aus den gleichen Gründen unverständlich. Verständlich hingegen sind wieder die Strukturen, denen Piaget das Merkmal Gleichgewicht zwischen Assimilation und Akkommodation zuschreibt: Die logischen und infralogischen (die Zeit, den Raum betreffenden) Strukturen.

2.5. Gleichgewichtsformen: Die Gruppierungen

Eine Darstellung der logischen und infralogischen Operationen des konkreten und formalen Denkens würde in diesem Rahmen zu weit führen. Eine ausgezeichnete Darstellung findet sich bei Flavell (1963, Kap. 5 u. 6). Hier sei nur einiges wenig zum Verständnis des Weiteren gesagt. Piaget beschreibt die Strukturen der konkreten und formalen Operationen in einer logischen Formalisierung. Er verwendet also logische Strukturen (die er zum Teil selbst entwickelt hat, wie die Gruppierungen der logischen Klassen und Relationen) als Strukturmodell der Handlungen und Denkoperationen. Als Beispiel wollen wir nur die Gruppierung I, die Addition der Klassen besprechen. Sie ist die einfachste der Gruppierungen, und wir können an ihr die allen gemeinsamen Merkmale aufweisen. Sie ist ein Strukturmodell der Operationen und Beziehungsbildungen zwischen den Operationen, die bei der Kognition einfacher Klassenverschachtelungen impliziert sind. (Wir folgen im weiteren Verlauf der Darstellung von Flavell, 1963.) Nehmen wir eine normale zoologische Klassifikation unter Verwendung der Zeichen, die auch Piaget verwendet: A = die Klasse der Spaniels; A' = alle anderen Unterklassen innerhalb der Klasse der Haushunde; B = die Klasse der Haushunde; B' = alle anderen Unterklassen innerhalb der Klasse der Hundetierte (Wölfe, Dingo, Füchse usw.); C = die Klasse der Hundetierte; C' = alle anderen Unterklassen innerhalb der Klasse der Säugetiere; D = Klasse der Säugetiere; D' = alle anderen Unterklassen innerhalb der Klasse der Wirbeltiere; E = die Klas-

se der Wirbeltiere. Man kann nun innerhalb dieser Klassenhierarchie eine Anzahl von Operationen vollziehen. Man kann zunächst eine Klasse A geistig ins Auge fassen, und man mag sie ausschließen (indem man an die übergeordnete Klasse B unter Ausschluß von A denkt, so daß die Unterklasse A' übrigbleibt usw.). Wenn wir das Ins-Auge-Fassen mit einem + bezeichnen (logische Addition) und das Ausschließen durch ein - (logische Subtraktion), dann haben wir elementare Operationen + A und - A, + B' und - B' usw. Es ist möglich, eine Serie solcher elementarer logischer Operationen durchzuführen und sie aufzusummieren, ähnlich wie man das aus der Arithmetik kennt. So können wir operieren + A + A' + B' = C, da A und A' zusammen B ausmachen. Oder B - A = A' oder D - C' - B' - A' = A usw. Wir erkennen, daß man sich auf vielen Wegen durch dieses System bewegen kann. Die Bewegungen innerhalb des Systems unterliegen einigen Regeln, die für Gruppierungen allgemein gelten:

1. *Komposition*: Das Ergebnis, das aus der Kombination irgendwelcher Elemente mittels der Operationen der Gruppierung resultiert, ist selbst ein Element des Klassensystems. Zum Beispiel $A + A' = B$ oder ein komplizierterer Fall $(A + A' = B) + (B + B' = C) = (A + A' + B' = C)$.
2. *Assoziativität*: Die Summe einer Serie von Elementen bleibt gleich, wenn auch verschiedene Wege der Zusammenstellung eingeschlagen werden: Zum Beispiel $[(B - A' = A) + (C - B' = B)] + (D - C' = C)$ und $(B - A' = A) + [(C - B' = B) + (D - C' = C)]$ sind beide gleich.
3. *Identität*: Es gibt ein und nur ein Element (das identische Element), das, zu irgendeinem anderen Element addiert, dieses andere Element unverändert läßt. Wenn wir 0 zu A addieren, verändert sich an A nichts.
4. *Reversibilität*: Jede Operation im System kann durch eine inverse Operation rückgängig gemacht werden: $A + A' = B$; $B - A' = A$.
5. Piaget nennt noch ein weiteres Merkmal, nämlich die *Tautologie* oder die *besondere identische Operation*: Jede Klasse spielt die Rolle des identischen Elementes in bezug auf sich selbst: $A + A = A$. Wir können Schäferhunde zu Schäferhunden addieren, die Klasse bleibt unverändert, nämlich Schäferhunde. Dies unterscheidet die Addition der Klassen von der arithmetischen Addition, bei der das Addieren von Elementen auf alle Fälle zu einem neuen Ergebnis führt. Die tautologische Operation der Gruppierung I bezeichnet die Fähigkeit der Resorbierung: Jede Klasse kann sich selbst resorbieren, und jede Oberklasse kann alle ihre Unterklassen resorbieren, d. h. daß eine Addition der Klasse mit sich selbst oder der Unterklasse mit der Oberklasse tautologisch ist.

Wir wollen uns hiermit begnügen und einige allgemeinere, für eine Lernpsychologie interessante Aspekte herausstellen.

a) Die Strukturen der konkreten Operationen weisen gegenüber den voroperatorischen Strukturen ein vergrößertes Handlungsfeld auf: Eine Vielzahl von Kompositionen ist möglich, während das voroperatorische Denken durch spezifische Zentrierungen auf wenige Elemente gekennzeichnet ist. Probleme der Klasseninklusion (B enthält mehr Elemente als A) bereiten auf diesem Niveau keine Schwierigkeiten mehr, weil A einmal als selbständige Klasse und gleichzeitig als Teil der Oberklasse B verstanden werden kann. Im voroperatorischen Denken sind solche Kompositionen nicht möglich, was dazu führt, daß die Oberklasse B – falls sie zentriert wird – nicht als Komposition von A und A' aufgefaßt wird.

b) Das operatorische Denken ist durch eine größere Beweglichkeit charakterisiert. Das System der Klassenverschachtelungen kann rasch und in verschiedenen Richtungen durchlaufen werden. Wir müssen wieder betonen, daß das voroperatorische Denken gewisse Zentrierungen enthält, was die Beweglichkeit einschränkt, wenn diese nicht mit Dezentrierungen kombiniert sind. Wenn das Element A zentriert wird, hat das Kind Schwierigkeiten, den Umfang der Klasse B korrekt zu erfassen, weil es in diesem Falle nicht mehr A als Teil von B auffassen kann. Ein sensibles Kriterium für diesen Tatbestand sieht Piaget in der Tatsache, daß Kinder dieses Niveaus außerordentliche Schwierigkeiten haben einzusehen, daß es mehr B als A gibt. Mit der Frage konfrontiert, ob es mehr B oder mehr A gebe, haben sie die Tendenz, A mit A' zu vergleichen.

Die größere Beweglichkeit im Durchlaufen dieses Systems ist logisch vor allem durch zwei Merkmale dieser Struktur der Gruppierung charakterisiert: durch die Reversibilität und die Assoziativität. Die Reversibilität sichert, daß das Denken jederzeit zu seinem Ausgangspunkt wieder zurückkehren kann, sie sichert das Durchlaufen des Systems in verschiedenen Richtungen. Sie sichert zudem ein Wissen, wie ein Ergebnis zustande gekommen ist, weil die Etappen der Komposition vom Ergebnis aus rekonstruiert werden können. Dadurch ist ein Ergebnis nicht ein isolierter Zustand, sondern ein Zustand im Gesamtzusammenhang des Lösungsweges. Ein Ergebnis wird erst recht verstanden, wenn der Weg, der zum Ergebnis geführt hat, rekonstruiert werden kann. Reversibilität bedeutet im weiteren Sinne die Möglichkeit der Rekonstruktion eines Lösungsweges, und dies erst sichert eine Einsicht in den Lösungsweg eines Problems. Piaget glaubt, daß die Beweglichkeit des Denkens logisch durch die Reversibilität der Operationen gesichert sei. Neben der Reversibilität haben wir aber ein zweites Merkmal, das die Beweglichkeit im Durchlaufen des Systems gewährleistet: die Assoziativität. Assoziativität bedeutet, daß man auf verschiedenen Wegen zum gleichen Ergebnis gelangen kann und daß die Äquivalenz der verschiedenen Lösungswege erkannt wird. Es ist unmittel-

bar evident, daß eine kognitive Landkarte (Tolman spricht von „cognitive map“) eine größere Beweglichkeit sichert, wenn der gleiche Punkt auf der Landkarte auf verschiedenen Wegen erreicht werden kann.

c) Die konkreten Operationen sichern gegenüber den voroperatorischen Strukturen des Denkens eine größere Stabilität. Im voroperatorischen Denken haben wir eine ungenügende Stabilität: Angenommen, das Kind hat eine Klasse Haushunde gebildet mit Schäferhunden, Boxern, Dackeln usw. Lenken wir nun die Aufmerksamkeit des Kindes auf eine Unterklasse Schäferhunde, dann verliert die Oberklasse ihre Identität. Das läßt sich daran ablesen, daß das Kind die Klasse der Haushunde anders begreift, nachdem wir seine Aufmerksamkeit auf die Schäferhunde gelenkt haben. Wir sagen dem Kind erst: „Zeige mir mal die Schäferhunde!“, und danach: „Zeige mir mal die Haushunde!“ – und wir werden feststellen, daß Kinder des voroperatorischen Niveaus sehr häufig nun alle Haushunde außer den Schäferhunden zeigen. Diese fehlende Stabilität erklärt Piaget durch ein Fehlen der Reversibilität. Eine Handlung kann nicht in beiden Richtungen durchlaufen werden, d. h. ein Handlungsergebnis (die Aussonderung der Schäferhunde aus der Oberklasse der Haushunde) ist eine Transformation, deren Zustandekommen nicht rekonstruiert werden kann. Im operatorischen Denken haben wir Stabilität, weil durch reversible Operationen jederzeit der Ausgangspunkt einer Transformation wieder aufgesucht werden kann und weil gewußt wird, auf welche Weise ein Ergebnis zustande gekommen ist.

d) Dies führt uns schließlich zum größeren Gleichgewicht der operatorischen Strukturen. Im voroperatorischen Denken bedeutet jede neue Information eine Störung des alten Systems. Angenommen, wir haben eine Kategorisierung einer Kollektion von Formen in Kreise, Dreiecke, Vierecke usw. Führen wir nun eine neue Dimension ein, die Dimension Farbe, dann wird das voroperatorisch denkende Kind die erste Klassifikation aufgeben und nun nach Farben sortieren: rote, blaue, gelbe. Dies ist ein Indiz für fehlendes Gleichgewicht. Das operatorisch denkende Kind wird die erste Klassifikation nach Formen beibehalten können, weil es ihm gelingt, Unterklassen der einzelnen Formen je nach der Farbe zu erstellen: rote Kreise, gelbe Kreise, blaue Kreise usw. Es ist also in der Lage, ein System ineinander verschachtelter Klassen aufzubauen, was ihm die Beibehaltung der ersten Klassifikation nach Formen erlaubt. Wir müssen selbstverständlich im Auge behalten, daß Stabilität und Gleichgewicht in vielen Fällen nicht durch die Gruppierung I erreicht werden können, sondern daß andere Gruppierungen, etwa die Multiplikation von Klassen oder die Addition asymmetrischer Beziehungen usw., notwendig sind. Welche lernpsychologischen Konsequenzen hat diese Analyse der Ope-

rationen? Aebli hat Piagets Analyse der Operationen didaktisch ausgewertet und die Hypothese formuliert, daß eine spezifische Übung der Assoziativität und der Reversibilität, was er operatorische Übung nennt, ein Verständnis des Aufbaus der Strukturen fördert (Aebli, 1963). Dieses Verständnis einer komplexen kognitiven Struktur wird gefördert, wenn durch eine günstige Zusammenstellung von Aufgaben die Einsicht in die Assoziativität und Reversibilität erreicht wird. Das heißt, daß in der operatorischen Übung Aufgaben gestellt werden müssen, die ein Durchlaufen des Systems in verschiedenen Richtungen und das Aufsuchen eines Punktes im System auf verschiedenen Wegen erfordern. Wir werden Aebli's didaktische Anwendung des Systems Piagets in Kap. 4.2 ausführlich darstellen.

Piaget sieht in den Operationen ein Gleichgewicht zwischen Assimilation und Akkommodation realisiert. Ich habe oben bereits dargelegt, daß dieser Begriff des Gleichgewichts zurückzuweisen ist. Allerdings ermöglichen logische Operationen gut akkommodierte Assimilationen. Die Struktur einer Gruppierung erlaubt eine gute Akkommodation an den Gegenstand. Akkommodation heißt Berücksichtigung der Eigenarten des Gegenstandes, heißt Verwerten von viel Information, heißt Einbeziehen verschiedener Perspektiven. Das Einbeziehen von nur wenig Information kann zu einem unzulänglichen Grad an Akkommodation führen. Wie im Symbolspiel, wo die Assimilation deformierend ist, werden nur wenige Merkmale eines Objekts berücksichtigt, um diesem Objekt eine Spielbedeutung zuzuschreiben. Die Schnecke auf der Schachtel, die die Katze auf der Mauer symbolisiert, hat bestenfalls eine entfernte Ähnlichkeit mit dem, was sie darstellt. Voroperatorisches Denken vernachlässigt typischerweise relevante Merkmale des Gegenstandes: Wenn eine zur Wurst verformte Kugel als schwerer angesehen wird, weil die Wurst länger als die Kugel ist, wird nur eine Dimension berücksichtigt, die zweite veränderte Dimension, der geringere Umfang, wird vernachlässigt. Operatorische Strukturen erlauben hingegen die Verarbeitung von mehr Information. Aus diesem Grunde können wir erwarten, daß die Akkommodation der logischen Operationen eine bessere ist als die der voroperatorischen Strukturen. Wenn in letzterem nach einer Kategorisierung einer Kollektion von Formen das Merkmal Farbe beachtet wird und eine Akkommodation des Klassifizierungsverhaltens an das Merkmal Farbe erfolgt, wird die Berücksichtigung der Form aufgegeben. Eine gleichzeitige Akkommodation des Klassifikationsverhaltens an verschiedene Dimensionen ist unmöglich. Je komplexer die Strukturen werden, um so mehr Information kann verarbeitet werden, um so besser ist die Akkommodation. Greifen wir wieder auf das Problem der Pendelfrequenz zurück: Ein Kind, das alle möglichen

Kombinationen zwischen Pendellänge und Pendelgewicht gedanklich konstruieren kann, akkommodiert sein Urteil nicht nur an die aktuellen Gegebenheiten, sagen wir: an zwei realisierte Kombinationen (langes Pendel und leichtes Gewicht; kurzes Pendel und schweres Gewicht), sondern sein Denken ist auch akkommodiert an alle möglichen anderen Fälle. Das Handlungsfeld ist sehr stark erweitert, und eine Akkommodation an viele Elemente des Feldes (d. h. deren adäquate Berücksichtigung) ist hier möglich geworden. Außer einem gegebenen Zustand I werden andere Zustände mitberücksichtigt. Insofern ist eine Assimilation nicht deformierend, weil sie akkommodiert ist an das gesamte System aller möglichen Fälle.

3. Theoretische Beiträge zu einer Lernpsychologie Piagets

Nach der einführenden Übersicht über lernpsychologisch relevante Aspekte der Entwicklungspsychologie Piagets soll nun Piaget in diesem zweiten anthologieartigen Teil selbst zu Wort kommen. Seine hier in der Übersetzung abgedruckten Beiträge werden ergänzt durch zwei Ausschnitte aus Aebli's „Psychologische Didaktik“ (Stuttgart, 1963) und durch eine Diskussion des Reversibilitätsbegriffs von Seiler aus „Die Reversibilität in der geistigen Entwicklung“ (Stuttgart, 1968). Die ausgewählten Beiträge Piagets sind im deutschen Sprachraum weitgehend unbekannt, enthalten aber wichtige systematische Stellungnahmen zu lernpsychologischen Problemen. Am Beginn steht ein Ausschnitt aus einem Aufsatz von Piaget und Inhelder, der einen kritischen Abriss der wichtigsten Erklärungen der Entwicklung enthält (Kap. 3.1). In gedrängter Form ist die Haltung der Genfer Schule zu Reifungstheorien, zu empiristischen Lerntheorien und zu Theorien der sozialen Übermittlung und die eigene Äquilibrationshypothese dargestellt.

Daran schließt sich eine Diskussion verschiedener Formen der Veränderung einschließlich verschiedener Lerntypen an (Kap. 3.2). Dieser Aufsatz erlaubt eine Einordnung der Äquilibrationstheorie in die Palette der Veränderungsprozesse. Es wird besonders deutlich, daß verschiedene Theorien (Äquilibrationstheorie, S-R-Theorie des Lernens usw.) sich auf verschiedene Gegenstandsbereiche beziehen und unterschiedliche Gültigkeit für verschiedene Veränderungsprozesse beanspruchen können.

Durch diesen Beitrag wird auch deutlich, daß die in Kap. 3.3 folgende Kritik der S-R-Theorien nicht als generelle Ablehnung zu verstehen ist, sondern als Einschränkung des Geltungsbereichs dieser Theorien. Die Bildung von Automatismen (Gewohnheiten) und der Aufbau von Operationen unterliegt verschiedenen Gesetzmäßigkeiten (Hans Aebli). Piaget (Kap. 3.3.2: Sensomotorisches Lernen oder das Lernen von Gewohnheiten) stellt dem Begriff der Gewohnheit den des Assimilationsschemas gegenüber. Umlernen ist dabei nicht identisch mit der Bildung neuer Gewohnheiten, sondern ist als Akkommodation zu interpretieren, als Veränderung von Ausgangsschemata. Stärken und Schwächen beider Interpretationen werden sichtbar.

Die Kritik des Sensualismus auf der Basis der neukantianischen Genfer Position wird in Kap. 3.3.1 von Hans Aebli formuliert (Vorstellungsbild und Operation). Die unterschiedlichen theoretischen Positionen werden

besonders deutlich in der Gegenüberstellung der aus ihnen abgeleiteten didaktischen Maßnahmen und ihrer Begründung.

In Kap. 3.4 kommt wieder Piaget zu Wort (Struktur und Genese in der Psychologie der Intelligenz). Piaget stellt hier seine eigene Deutung der Entwicklung dar: Entwicklung als Aufbau von Strukturen. Dieser Aufbau-prozeß geht jeweils aus von Ausgangsstrukturen und führt zu komplexeren Strukturen, die die Ausgangsstrukturen umgreifen. Eine Diskussion des Gleichgewichtsbegriffs schließt sich an (Kap. 3.5), in dem auch die dynamische Funktion des Ungleichgewichts für die Einleitung neuer Aufbauschritte deutlich wird.

Dieser zweite Teil des Bandes, der den Charakter einer Anthologie trägt, wird abgeschlossen mit einer Diskussion des Reversibilitätsbegriffs. Piaget beurteilt die Leistungsfähigkeit kognitiver Strukturen an dem Grad ihrer Reversibilität. Strukturen mit Reversibilität sichern ein besseres Gleichgewicht als Strukturen ohne Reversibilität. Strukturen, in denen inverse und reziproke Operationen möglich sind, die also zwei Formen der Reversibilität aufzeigen, sichern ein besseres Gleichgewicht als Strukturen, die nur eine Form der Reversibilität enthalten. Wie aber entsteht Reversibilität? Seiler (Kap. 3.6: Logik und Gleichgewicht) diskutiert Piagets Antwort auf diese Frage.

3.1. Abriss der Erklärungen von Entwicklung

In der folgenden kurzgefaßten, kritischen Darstellung heben Piaget und Inhelder ihre Deutung der Entwicklung von traditionellen Erklärungsweisen ab. Begrenzungen der Reifungstheorie, der empiristischen Lerntheorien und der Theorie der sozialen Übermittlung werden aufgezeigt und der Äquilibrationshypothese des Konstruktionsprozesses, den wir Entwicklung nennen, gegenübergestellt. Wesentliche Grundzüge dieser Auseinandersetzung haben wir in Kap. 2 bereits kennengelernt: Reifungstheorien übersehen einen oft sehr deutlichen Beitrag der Erfahrung; empiristische Lerntheorien übersehen, daß jedes Lernen eine Organisation, „eine Logik“ voraussetzt. Das Modell der Tabula rasa ist inadäquat, das Lernen logischer Strukturen gelingt nur, wenn es sich auf andere, frühere Strukturen stützt. Strukturen werden auch nicht durch direkte soziale (bspw. sprachliche) Übermittlung (z. B. Belehrung) erworben, sondern setzen einen Strukturierungsprozeß voraus, was besonders deutlich an Fällen zu beobachten ist, wo Sprachgebrauch und Verständnis auseinanderklaffen (s. Kap. 4.11). Nach Ansicht der Autoren umgeht die Äquilibrationshypothese alle diese Schwierigkeiten und kann den Impuls und die Richtung der Entwicklung am angemessensten interpretieren.

3.1.1. Jean Piaget und Bärbel Inhelder: Abriß der Erklärungen von Entwicklung¹

1. Der Reifungsprozeß

Der Reifungsprozeß des Nervensystems spielt sehr wahrscheinlich in der Aufeinanderfolge der operatorischen Strukturen eine Rolle. McCulloch und Pitts haben die Existenz eines gewissen Isomorphismus zwischen den sechzehn binären Operationen der zweiwertigen Aussagenlogik und den neuralen Verbindungen nachgewiesen, die der gleichen Kombinatorik gehorchen. Aber das besagt nicht, daß a) die operatorischen Strukturen im Nervensystem ganz vorgebildet seien, denn dieses beschränkt sich darauf, Möglichkeiten zu eröffnen, während ihre Aktualisierung auch noch von der Erfahrung und dem sozialen Milieu abhängt; die großen Altersunterschiede im Auftauchen der Entwicklungsstadien je nach Umwelt beweisen, daß die Reifung allein nicht ausschlaggebend ist (nach laufenden kanadischen Untersuchungen ist eine starke durchschnittliche Retardierung bei den Schulkindern auf Martinique und Haiti festzustellen); b) die Neurologen sind heute nicht in der Lage, ein eindeutiges Indiz für die Reifung zu finden, das unseren entscheidenden Altersgruppen (sieben/acht und elf/zwölf Jahre) entsprechen würde, und wenn Grey Walter das Vorhandensein einer gewissen Beziehung zwischen der Entwicklung der EEG-Muster und unseren Strukturen bestätigen konnte, so bleibt diese Relation doch sehr global; c) das Gehirn enthält nicht nur erbliche Verknüpfungen, sondern auch eine wachsende und ansehnliche Zahl erworbener Verknüpfungen, die nicht mehr alle allein aus der Reifung hervorgehen.

2. Die Erfahrung²

Zweitens kann man sich auf die erworbene Erfahrung berufen, die natürlich bei der Bildung der Operationen eine bedeutsame Rolle spielt. Doch muß man wissen, wie die Erfahrung wirkt und welche Formen von Erfahrung hier von Bedeutung sind.

¹ Aus Jean Piaget et Bärbel Inhelder: Les opérations intellectuelles et leur développement. In: P. Fraisse et J. Piaget (eds.): Traité de psychologie expérimentale. Vol. VII. Paris, P. U. F., 1963.

² S. o. Kap. 2.3

a) Zum ersten kann man an ein Lernen denken. Aber die Experimente von Gréco, Morf, Smedslund, Wohlwill, Matalon (1959) haben gezeigt, daß das Lernen logischer Strukturen nur gelingt, wenn es sich auf andere, frühere Strukturen stützt, und daß jedes Lernen selbst eine Logik voraussetzt. Die Lektüre der Erfahrung und die Verwendung der Erfahrung vollziehen sich im allgemeinen nicht durch ein Zusammenspiel von Assoziationen, die die Beziehungen zwischen den Objekten kopieren würden, sondern sie beruhen im wesentlichen auf einer schematisierenden Assimilation. Die auf diese Weise gebildeten Schemata sind Ausgangspunkt für die Entwicklung der nachfolgenden Strukturen (wir werden gleich ein Beispiel sehen, und zwar das Schema des permanenten Objekts).

b) Andererseits gibt es verschiedene Formen der Erfahrung trotz des empiristischen Vorurteils, das alle Formen auf den einzigen Typ der physischen Erfahrung mit Abstraktion vom Objekt her zurückführen will. Doch wenn auch eine Anzahl von logisch-mathematischen Begriffen erfahrungsmäßig gewonnen wird (was auf dem voroperatorischen Niveau unzweifelhaft der Fall ist), so handelt es sich hier nicht um eine physische Form der Erfahrung, sondern um eine logisch-mathematische: Diese besteht ebenfalls darin, mit Objekten umzugehen, doch die neuen Erkenntnisse, die durch sie gewonnen werden, sind nicht vom Objekt als solchem abstrahiert, sondern von den Handlungen des Kindes, die auf das Objekt angewendet wurden. Beispiel: Ein Kind von fünf bis sechs Jahren zählt zehn aneinandergereihte Steine von links nach rechts; wenn es nun dieselben Steine von rechts nach links oder in kreisförmiger Anordnung zählt, so stellt es fest, daß in jedem Falle die gleiche Summe herauskommt; durch Erfahrung lernt es also, daß die Summe unabhängig ist von der Anordnung (was der allgemeine Ausdruck der Kommutativität ist). Doch was es entdeckt hat, ist ein Merkmal seiner Handlungen des Ordnen und des Summierens, nicht aber eine Eigenart der Steine, denn diese haben weder eine Ordnung noch eine Summe, bevor das Kind sie nicht in einer Reihe oder in einem Kreis geordnet und sie zusammengefaßt und gezählt hat.

c) Daraus geht hervor, daß der Ursprung der intellektuellen Operationen in den Handlungen des Kindes zu suchen ist und in den Erfahrungen, die es mit diesen Handlungen macht, und diese Erfahrungen zeigen, daß die Handlungen in ihren allgemeinsten Koordinierungen immer auf das Objekt anwendbar sind. Um das Beispiel des Begriffs der Reihe (Prinzip der Seriation usw.) wiederaufzunehmen: Es ist ganz klar, soweit man auch zurückgeht (selbst bis zur Reflexorganisation), daß die Handlungen eine geordnete Aufeinanderfolge haben, die schon in ihren elementarsten Koordinierungen auftritt. Daraus folgt, daß selbst in dem Fall, wo das Kind eine bereits bestehende Ordnung in einer Gruppe von Objekten ent-

deckt, etwa wenn ein Kleinkind die Aneinanderreihung der Stäbe seiner Wiege entdeckt, daß es selbst dann diese einen nach dem anderen berühren oder ansehen muß, um die Ordnung zu erkennen, d. h. es gebraucht die Ordnung seiner Explorationshandlungen, um die Ordnung der Objekte zu entdecken. Darum ist D. Berlyne (1960), als er den Lernprozeß der Seriation vom Gesichtspunkt der Verhaltenstheorie aus untersuchte, zu der Schlußfolgerung gelangt, daß dieser Lernprozeß einen „Zähler“ voraussetzt, was wir eher ordnende Aktivität nennen werden (eine Aktivität, die Basis der künftigen Operationen der Reihung ist).

d) Wir müssen also bis zu den sensomotorischen Aktivitäten zurückgehen, um den Ursprung der Operationen zu finden. Es ist in dieser Hinsicht bemerkenswert, daß man beginnend mit der Periode neun/zehn bis sechszehn/achtzehn Monaten die Konstruktion einer Analogie zu den Begriffen der Konstanz und der Reversibilität beobachten kann. Einerseits ist dem Säugling das Schema des permanenten Objekts nicht angeboren (z. B. erkennt man das im Fehlen jeden Versuchs, Objekte zu suchen, die aus dem Gesichtsfeld verschwinden), und so ist er gezwungen, es Schritt für Schritt in einer bestimmten Anzahl von Etappen zu bilden. Das permanente Objekt ist die erste der Strukturen der Konstanz, und wenn sie sechs bis sieben Jahre vor den anderen auftritt, dann geschieht das, weil es sich hier nicht um einen Fall der Formveränderung handelt (höchstens um eine wahrnehmungsmäßige), sondern um einen Fall von Positionsveränderung. Andererseits und wegen dieser Positionsveränderungen läuft die Konstruktion des Schemas des permanenten Objekts parallel mit einer Organisation der Lage- und Positionsveränderungen, im Sinne einer „Gruppenstruktur“ mit Reversibilität (zurück zur Ausgangsstellung) und „Assoziativität“ (Umwege), mit dem Unterschied zu den operatorischen Strukturen, daß es sich hierbei natürlich noch nicht um eine Repräsentation aller Wege handelt, sondern um eine Folge sukzessiver Handlungen, die sich mit Hilfe perzeptiver Anzeichen „de proche en proche“ koordinieren. Diese beiden Beispiele zeigen aber nicht weniger deutlich, wie wahrscheinlich der sensomotorische Ursprung der Operationen ist, wie der assimilatorische Schematismus der Koordinierung der Handlungen denjenigen der operatorischen Strukturen vorbereitet.

3. Sprache und soziale Übermittlung³

Ein dritter großer Faktor, auf den man sich bei klassischen Erklärungen der Entwicklung beruft, ist der Einfluß der sozialen Faktoren, insbesondere der Sprache. Es versteht sich von selbst, daß diese Faktoren für die Voll-

³ S. a. Kap. 4.11

endung der operatorischen Strukturen notwendig sind, zumal auf dem Niveau der propositionellen oder formalen Operationen. Aber sie sind nicht deren Ursache, und zwar aus folgenden Gründen:

a) Was die Sprache angeht, so findet man auch bei den Taubstummen die normalen operatorischen Strukturen (Klassifikation, Seriation usw.), wenn auch mit einer langsameren Entwicklung (Oléron, Vincent usw.). Zweifellos verfügen diese Kinder über die Symbolfunktion und eine Zeichensprache, die zu einer oft sehr ausgeprägten sozialen Interaktion befähigen; aber das Fehlen einer gesprochenen Sprache beweist zur Genüge, daß die Operationen nicht von außen her nur durch Erziehung vermittelt sind. Und wenn man die Störungen der Sprache beim Kind beobachtet, was eine von uns gegenwärtig in Zusammenarbeit mit J. de Ajuriaguerra entstehende Arbeit tut, so findet man keine klare Korrelation zwischen diesen Störungen und der Entwicklung der Operationen: In manchen Fällen zeigen diese einen deutlichen Vorsprung vor der Sprachentwicklung, in anderen ist das Gegenteil der Fall.

b) Um eine durch die Sprache zum Ausdruck gebrachte logische Struktur zu verstehen (z. B. die Begriffe „alle“ oder „einige“), benötigt das Kind ein Assimilationsinstrument, das das Wesentliche dieser Struktur impliziert; ohne das assimiliert es sie nicht. Es ist überraschend festzustellen, daß bis zu den propositionellen Operationen⁴ (elf/zwölf Jahre) die Entwicklung der Operationen der entsprechenden Entwicklung der Sprache voran- eilt. Das ganze Niveau der „konkreten“ Operationen beweist das und zeigt engere Beziehungen der operatorischen Strukturen mit den Koordinierungen der Handlungen als mit ihrer Verbalisierung.⁵

c) Deswegen ist der soziale Austausch für den Erwerb der operatorischen Strukturen nicht weniger wichtig, doch eher in Form einer Zusammenarbeit als in Form einer aufgedrängten Übermittlung. Wenn man die Mechanismen des Austauschs analysiert, stößt man auf ein System von Operationen: Reziprozitäten, Vereinigungen, Intersektionen, Negationen usw. Insofern ist der Austausch im echten Sinne des Wortes eine Zusammenarbeit (*co-opération*), was bedeutet, daß die Operationen im Grunde weder eine exklusiv-soziale noch eine exklusiv-individuelle Angelegenheit sind, sondern daß sie die allgemeinsten Koordinierungen der Handlungen zum Ausdruck bringen, ob diese nun in Gemeinschaft oder im Verlaufe individueller Anpassungshandlungen ausgeführt werden.

⁴ S. a. Kap. 3.5

⁵ Als Indiz hierfür könnte auch gelten, daß nichtsprachliche Prüfungen oft bessere Ergebnisse erbringen als sprachliche (z. B. Braine, 1962).

4. Äquilibration

Diese wenigen Hinweise zeigen, daß man — will man die Bildung der Operationen erklären — noch einen vierten Faktor einbeziehen muß, der von jedem der anderen (vor allem aber, wenn man sie alle zusammennimmt) impliziert wird, der aber durchaus ein neuer Faktor ist: Es handelt sich um die Äquilibration.

a) Stellen wir zunächst einmal fest: Wenn die Operationen von den Handlungen und ihren Koordinationen hergeleitet sind (s. 2 b bis d), kann man daraus niemals schließen, sie seien präformiert oder von Anfang an vollendet: Sie zeigen eine kontinuierliche Konstruktion, weil die Abstraktion von den Handlungen aus nicht von der gleichen Art ist wie die Abstraktion vom Objekt aus. Die erstere sucht eine Gegebenheit zu fassen und sie von anderen wahrgenommenen Gegebenheiten zu unterscheiden. Die letztere dagegen ist „reflektierend“ im doppelten Sinne des Wortes, denn um eine Beziehung, die unbewußt in einer Handlung enthalten ist, zu begreifen, muß man sie auf eine neue Ebene projizieren (oder reflektieren im physikalischen Sinne), nämlich auf die Ebene der Repräsentation oder der Bewußtwerdung (mit Reflexion im geistigen Sinne). Die reflektierende Abstraktion ist daher notwendigerweise konstruktiv in dem Sinne, daß sie rekonstruiert, indem sie die in der Handlung gegebene elementare Struktur erweitert und bereichert: Ein Beispiel dafür ist die Schwierigkeit der Kleinen, sich den Weg zur Schule (oder umgekehrt) vorzustellen, den sie doch täglich allein zurücklegen (Rekonstruktion einer praktischen „Gruppe der Ortsverlagerung“ in einer repräsentierten „Gruppe“).⁶

b) Aber solche reflektierenden Abstraktionen und Konstruktionen haben kein spekulatives Ziel, und nichts wäre falscher, als die Entwicklung der Operationen auf eine intellektualistische Weise zu interpretieren, weil diese darin bestehen, die Situationen und Objekte zu verändern, also auf die Umwelt einzuwirken. Solche Veränderungen werden nur nötig, wenn Probleme, Lücken, Konflikte, kurz, wenn Ungleichgewichte auftreten, deren operatorische Lösungen darin bestehen, so zu reagieren, daß das Gleichgewicht wiederhergestellt wird. Dasselbe haben zahlreiche Autoren in den verschiedensten Formulierungen festgestellt, und wenn Wallon z. B. auf der Rolle der Krisen in der Entwicklung und auf der Notwendigkeit, sie dialektisch zu überwinden, besteht, übrigens in einem Bereich, der vor allem die Affektivität und Persönlichkeitsbildung betrifft, so drückt er den gleichen Gedanken aus, nämlich daß eine Störung des Gleichgewichts und seine Äquilibration eine notwendige Rolle spielen.

⁶ Vgl. das Problem der Verinnerlichung, das Aebli (1963) (Kap. 3.3.1 dieses Bandes) behandelt.

c) Im Bereich der intellektuellen Operationen ist der Begriff der Äquilibration besonders einleuchtend, weil er hier durch die Kompensation charakterisiert ist: Das Gleichgewicht ist hier also nicht ein Ruhezustand, sondern es ist ein mobiles Gleichgewicht, insofern als das Kind danach trachtet, die auftretenden Störungen durch Veränderungen, die in entgegengesetzter Richtung wirken, zu kompensieren. Daraus rührt die zweifache Konsequenz her, daß die Äquilibration funktionell zur Reversibilität führt, die das fundamentale Merkmal der operatorischen Strukturen bildet, und daß die Operationen, so verstanden, die höheren Formen der Regulationen bilden, die sich auf allen Stufen zeigen.⁷ Der Terminus „höher“ bedeutet hier lediglich, daß die Operationen zur vollständigen Reversibilität gelangen, während die Regulierungen auf den früheren Stufen sich mit einer angenäherten Kompensation begnügen.

d) Die Übersetzung der Entwicklung der Operationen in die Termini der Äquilibration entspricht nicht nur einem funktionalistischen Interesse: Sie ist zweifellos auch die beste Einführung zu ihrer Interpretation vom neurologischen und mechanisch-physiologischen Gesichtspunkt aus. Um die Herkunft der adaptativen Verhaltensweisen zu erklären, schlägt W. R. Ashby (1960) vor, das Gehirn über das Modell des Homöostaten zu verstehen. Übrigens ist das nicht nur eine verbale Analogie, denn die zu diesem Zweck konstruierten mechanischen Modelle (wie der berühmte Homöostat, der nach Ashby selbst benannt ist) sind durch operatorische Strukturen und Wahrscheinlichkeiten der Verknüpfungen gekennzeichnet. Während aber diese ersten Modelle noch keine verschiedenen Stufen des Gleichgewichts enthalten (wenn die Lösung nicht gefunden wird, beginnt die Maschine wieder bei 0), hat Papert (1963) ein mathematisches Modell entwickelt, das den genetischen Gegebenheiten näherkommt, nämlich das „Genetron“, in dem Sinne, daß sich der Äquilibrationsprozeß etappenweise verwirklicht. Erst muß ein bestimmtes Gleichgewichtsniveau auf der Stufe n erreicht sein, damit die neue operatorische Kombination der Stufe $n + 1$ möglich wird.

3.2. Die verschiedenen Typen des Lernens

Piaget stellt sich in der folgenden Abhandlung die Frage, auf welche Weisen Erkenntnisse zu gewinnen sind. Er unterscheidet sieben Kategorien, die z. T. zwar interdependent sind, die aber nach den Prozessen ihrer Entstehung unterscheidbare Kategorien bilden. In Anbetracht der Schwierigkeit

⁷ Vgl. die Analyse Seilers in Kap. 3.6

rigkeit und Abstraktheit der Darstellung ist ein kleiner Kommentar im voraus angezeigt.

1. Reifung: Der Säugling „erkennt“ Dinge zum Saugen (z. B. die Mutterbrust oder den Daumen), weil der Saugreflex herangereift ist. Sofern eine physiologisch-anatomische Reifung direkt Erkenntnisse ermöglicht, ist Lernen nicht notwendig. Es scheint allerdings beim Menschen kaum höhere Erwerbungen zu geben, die direkt und ausschließlich auf Reifung beruhen (s. Aebli, 1969).

2. Wahrnehmung: Ohne auf die Frage einzugehen, wie Wahrnehmungen durch Reifungsprozesse und/oder Lernprozesse ermöglicht werden, kann die Wahrnehmung im Sinne der empirischen Feststellung bestimmter Merkmale als eine Form der Erkenntnisgewinnung angesehen werden. Die Rezeptoren für Schmerzempfindung sind vermutlich durch Reifung entstanden. Die Wahrnehmungsschemata, die uns erlauben, Formen und Gegenstände zu erkennen, sind sicherlich nicht ausschließlich durch Reifung erworben. Sind diese Schemata aber einmal ausgebildet, erlauben sie empirische Feststellungen über die Gegenstände der Umwelt.

3. Voroperatorisches, unmittelbares Verstehen: Im Gegensatz zur Wahrnehmung haben wir hier eine Interpretation der Gegebenheiten, die aber nicht völlig deduktiv, sondern jeweils auf anschauliche Situationen gestützt ist. Die Unterscheidung zwischen Wahrnehmung und voroperatorischem, unmittelbarem Verstehen ist fragwürdig. Viele Forscher sehen auch in der Wahrnehmung einen Interpretationsanteil. Wahrnehmung ist nicht identisch mit Sinneseindruck. Piaget subsumiert unter diesem Punkt aber die Tatbestände, die er sonst unter der Bezeichnung „anschauliches Denken“ beschreibt: Fälle von Urteilsbildung auf der Basis nur eines Gegenstandsmerkmals; transduktive und nicht deduktive Schlüsse usw. Aber auch Leistungen der sensomotorischen Intelligenz gehören hierher, wie die plötzliche Einsicht der Affen Köhlers, daß man mit einem Stock die vor dem Käfig liegende Banane erreichen kann. Während die Wahrnehmung nur zur Feststellung von Merkmalen führt, wird die Feststellung von Merkmalen hier zu einem Verstehen von Zusammenhängen führen. Dieses Verstehen ist unmittelbar insofern, als es keine vermittelnden Zwischenglieder verlangt wie eine längere deduktiv geführte Beweiskette.

4. Lernen (sensu stricto): Dies ist Piagets erste Form der mittelbaren Erkenntnisgewinnung (4–7). Er versteht hierunter das Erfassen empirischer Wahrscheinlichkeiten, empirischer Regeln. Ein Lernen dieser Art liegt etwa bei der Bildung von Gewohnheiten vor, wo gelernt wird, daß auf eine Reaktion R in einer Situation S mit einer Wahrscheinlichkeit p ein bestimmter Effekt (Lohn oder Strafe z. B.) eintritt. Lernen in dieser Form liegt ebenfalls vor, wenn Regelmäßigkeiten in der Natur erkannt

werden: Abendrot – morgens gut, und andere Wetterregeln beispielsweise. Daß ein solches Lernen dem klassischen Konditionieren zugrunde liegt, ist offensichtlich: Dort erwirbt ein konditionierter Stimulus Signalfunktion für einen unkonditionierten Stimulus, wenn er diesem regelmäßig vorausgeht. Daß ein Lernen dieser Art nur in Funktion der Erfahrung, und zwar mehrfach wiederholter Erfahrungen möglich ist, versteht sich von selbst. Nicht in diese Kategorie fällt das Lernen neuer Verhaltensschemata, wohl aber wird durch solches Lernen festgestellt werden können, ob ein Assimilationsschema erfolgreich ist oder ob es akkommodiert werden muß.

5. Induktion: Schon Lernen *sensu stricto* ist eine Form der Induktion: Aus einer empirischen Beobachtungsreihe wird induktiv eine empirische Regel gewonnen. Piaget bezeichnet mit Induktion aber die systematische Durchführung von Beobachtungsreihen. Wenn wir unser Beispiel von der Pendelfrequenz wieder aufgreifen, so wird diese Kategorie idealtypisch dargestellt werden können (Piaget nimmt übrigens alle Zwischenformen zwischen Induktion und Lernen *sensu stricto* an): Durch eine systematische Variation von Pendelfrequenz und -länge kann an der Erfahrung überprüft werden, worauf die Pendelfrequenz beruht. Lernen und Induktion beruhen beide nicht auf einer unmittelbaren Erfahrung der Wirklichkeit, sondern stellen eine Zusammenfassung ganzer Erfahrungsreihen dar.

6. Voroperatorische Kohärenz (Aquilibration): Piaget nennt zum Schluß noch zwei Modi der Erkenntnisgewinnung, die nicht direkt auf empirischen Erfahrungen beruhen. Als erstes nennt er die voroperatorische Kohärenz. Hiermit meint er eine Beziehungsbildung zwischen zwei Assimilationen a und b, die zu einem Resultat c führt, „sei es als Resultat ihres Zusammenwirkens, sei es daher, daß ein Widerspruch zwischen a und b aufgehoben wurde, wenn dieser bis dahin nicht wahrgenommen wurde oder nicht überwunden werden konnte“ (Piaget, 1959, S. 37). Piaget faßt unter dieser Kategorie alle Fälle von Aquilibration, vollständiger oder unvollständiger, von den tertiären Kreisreaktionen, die eine Kombination verschiedener Assimilationsschemata darstellen (beispielsweise Ziehen an einer Unterlage mit dem Ziel, ein auf der Unterlage befindliches Objekt greifen zu können), bis zur Überwindung von Konflikten zwischen zwei Assimilationsschemata, wie z. B. in der Entwicklung der Konstanzbegriffe. Die wesentliche Aussage ist folgende: Es werden keine empirischen Wahrscheinlichkeiten (s. 4) gelernt, sondern die Beziehungsbildung ist ein interner Organisationsprozeß. Dieser Organisationsprozeß kann bis zur Bildung der operatorischen Strukturen führen. Nach Entwicklung der operatorischen Strukturen erfolgt die Beziehungsbildung im Sinne der Deduktion.

Es ist hier noch anzumerken, daß Piaget der Meinung ist, daß Lernprozesse im engen Sinne vielfach kombiniert sind mit Äquilibrationsprozessen, so daß er die Kategorien 4 und 6 zu „Lernen im weiten Sinne (*sensu lato*)“ zusammenfaßt.

7. *Deduktion*: Die Deduktion besteht im Gegensatz zur Äquilibration, die die Organisation erst ermöglicht, innerhalb der deduktive Schlüsse möglich werden, in einer reglementierten Beziehungsbildung nach den im Organisationssystem festgelegten Transformationen. Im Vergleich zur strengen Regelung der Deduktion ist die Äquilibration ein Suchen und Tasten nach Möglichkeiten der Überwindung von Widersprüchen. Äquilibration ist eher als Problemlösen anzusehen, während Deduktion die Anwendung von Lösungsregeln wäre.

3.2.1. Jean Piaget: Die verschiedenen Typen des Lernens⁸

Es ist nicht das Ziel dieses Kapitels, die Probleme sofort durch geeignete Definitionen zu lösen, es geht vielmehr darum, sich über die Fragen der Klassifikation und der Terminologie zu unterhalten. Ausgehend von der Tatsache, daß man Tiere und Pflanzen unterscheidet, kann man doch nicht – weder negativ noch positiv – die Frage entscheiden, ob es für alle Lebewesen gemeinsame Gesetze gibt. Hingegen erlaubt es eine gut erstellte Klassifikation besser, die Existenz und auch die Grenzen solcher gemeinsamer Gesetze zu präzisieren. Auch in diesem Sinne scheint es uns nützlich, daß wir uns zunächst über die Klassifikation der Formen des Lernens verständigen.

Eine solche Vorsicht ist sogar unentbehrlich, wenn man, wie wir es ausschließlich tun werden, vom genetischen Standpunkt ausgeht. Es handelt sich also darum zu entscheiden, ob man all das „Lernen“ nennt, was in der Entwicklung nicht durch Vererbung determiniert ist, oder ob man hier verschiedene Bereiche unterscheidet. Andere untergeordnete Fragen müssen ebenfalls im voraus geklärt werden: Thorpe und Schmuller z. B. sprechen von einem Lernen durch „Einsicht“, als wäre die Gestalttheorie des unmittelbaren Verstehens eine Lerntheorie. Wir meinen aber, unmittelbares Verstehen sei überhaupt keine Form des Lernens, doch stellt sich die Frage, ob es aus einem vorausgehenden Lernen resultiert oder nicht. Es ist notwendig, sich auch über diesen Punkt zu unterhalten, zumal diese zweite Frage aus der ersten resultiert, denn das unmittelbare Verstehen kann un-

⁸ Mit Genehmigung des Verlags aus Jean Piaget: *Apprentissage et connaissance*. In: P. Gréco et J. Piaget: *Apprentissage et connaissance. Etudes d'épistémologie génétique*. VII. Paris, P. U. F., 1959.

ter den Entwicklungsfaktoren auftreten, und der eventuelle Übergang von einem graduellen Verstehen zu einem unmittelbaren Verstehen wird allgemein als eine Form der Entwicklung angesehen, während es gar nicht sicher ist, ob es sich hier um Lernen handelt.

In der Folge werden wir zunächst Lernen im weiten Sinne des Wortes (*sensu lato* = s. lat.) und Lernen im engen Sinne des Wortes (*sensu stricto* = s. str.) unterscheiden, denn ohne diese Unterscheidung riskieren wir ständig Zweideutigkeiten und selbst Widersprüche. Vom Lernen im engen Sinne reden wir nur da, wo ein Resultat (Kenntnis oder Leistung) in Funktion der Erfahrung erzielt wird, wobei diese Erfahrung übrigens physischer oder logisch-mathematischer Art oder auch beider Arten zugleich sein kann. Aber nicht jedes Ergebnis, das in Funktion der Erfahrung erzielt wurde, stellt einen Lernprozeß dar. Einmal erworben, vermittelt eine bestimmte Wahrnehmungsform, auch wenn sie früher selbst gelernt wurde (im Sinne des perzeptiven Lernens, das von F. Bresson untersucht wurde), neue Kenntnisse durch Lektüre der aktuellen Erfahrungsgegebenheiten. Ebenso verhält es sich mit dem Akt des unmittelbaren Verstehens, selbst wenn das sensomotorische oder begriffliche Instrumentarium, das hier in Funktion tritt, früher gelernt wurde: Es kann neue Kenntnisse anhand der neuen Erfahrungsgegebenheiten vermitteln. Im Gegensatz zur Wahrnehmung und zum unmittelbaren Verstehen muß man den Terminus „Lernen“ für eine Aneignung in Funktion der Erfahrung reservieren, die sich innerhalb einer gewissen Zeit abspielt, also mittelbar und nicht unmittelbar wie die Wahrnehmung und das plötzliche Verstehen ist. Es gibt aber noch eine andere Art mittelbarer Aneignungen in Funktion der Erfahrung, die nicht einen Lernprozeß darstellen: Dies sind die Aneignungen durch eine Induktion im eigentlichen Sinne. Wir unterscheiden sie von den Lernprozessen (die natürlich auch induktive Folgerungen und Vor-Folgerungen voraussetzen) durch den Tatbestand, daß bei der eigentlichen Induktion die Kontrolle systematisch und gezielt ist (die Kontrolle zielt auf den gesamten Prozeß und nicht nur auf einzelne Phasen des Prozesses), was beim Lernen nicht der Fall ist. Nichtsdestoweniger muß man zwischen beiden alle möglichen Zwischenformen annehmen.

Andererseits gibt es Aneignungen, die nicht auf Erfahrung zurückzuführen sind, wenigstens was den vollentwickelten Zustand dieser Mechanismen anbetrifft. Es sind diejenigen, die einem deduktiven Prozeß zu verdanken sind. Selbst wenn z. B. die Transitivität gelernt wird (was darauf hinausläuft zu sagen, daß sie in Funktion der Erfahrung erworben wird), so führt ihre Anwendung zu neuen Aneignungen, wenn der Mechanismus einmal konstituiert ist, und diese neuen Aneignungen sind als solche nicht auf Erfahrungen zurückzuführen. Vom operatorischen Niveau an (vom

7. bis 8. Lebensjahr an) stellt die Deduktion eine Quelle von Aneignungen dar, die unabhängig von der Erfahrung sind. Aber schon vor dem 7. Lebensjahr müssen wir einen Teil der Aneignungen als von der Erfahrung unabhängig annehmen. Es sind diejenigen, die dem Versuch um Beziehungsbildung zu verdanken sind; sie sind noch nicht eigentlich als deduktiv zu betrachten, aber sie zeugen von einer hinreichenden Organisation, daß sie neue Kenntnisse zu erwerben gestatten. Hier ordnen wir die Aneignungen ein, die von einem Äquilibrationsprozeß zeugen (beschrieben in „Logik und Gleichgewicht“, Teil II; s. Kap. 3.5), allerdings auf dem voroperatorischen Niveau (das völlige Gleichgewicht führt dann zur Deduktion). In diesem Falle handelt es sich um ein stufenweises Verstehen, also nicht mehr um ein unmittelbares, doch so, daß die Beziehungsbildung von zwei Aussagen a und b (die beide und jede für sich auf einen Lernprozeß oder eine Lektüre der Erfahrung [empirische Feststellungen] im Verlauf des Lernprozesses zurückgeführt werden können) zu einem Resultat c führt, sei es als Resultat ihres Zusammenwirkens, sei es daher, daß ein Widerspruch zwischen a und b aufgehoben wurde, wenn dieser bis dahin nicht wahrgenommen wurde oder nicht überwunden werden konnte. Mit dem Terminus „voroperatorische Kohärenz“ bezeichnen wir die Aneignungen, die auf einen Äquilibrationsprozeß zurückzuführen sind, der sich von einem Lernprozeß im engen Sinn (s. str.) unterscheidet. Da sie aber mit einem solchen Lernprozeß kombiniert sein können, nennen wir „Lernprozeß im weiten Sinne (s. lat.)“ die Vereinigung von Lernprozessen im engen Sinne mit diesen Äquilibrationsprozessen.

Wir gelangen schließlich dahin, sechs verschiedene Möglichkeiten der Aneignung zu unterscheiden, von denen der Lernprozeß im engen Sinne nur eine spezifische Form darstellt. Hinzu müssen noch die Kenntnisse gezählt werden, die auf Reifung beruhen; z. B. wird ein Kind von vier bis fünf Monaten den in seinem Gesichtsfeld wahrgenommenen Objekten die Eigenschaft beimessen, „zum Greifen zu sein“, sobald es imstande ist, Sehen und Ergreifen zu koordinieren. Selbst wenn dieser Koordinierung eine Übung vorausgehen muß, so ist die Reifung der in Frage kommenden Nervenstränge der wesentliche Faktor für die Bildung dieser sensomotorischen Erkenntnis.

Nachstehende Tafel gibt uns eine Übersicht über die Möglichkeiten der Erkenntnisgewinnung nach dem Modus ihrer Entstehung.

Bildung der Kenntnisse (Entwicklung)	Aneignung	Vererbung		1. Reifung
		unmittelbar	Lektüre	2. Wahrnehmung
			Sensomotorische oder begriffliche Interpretation (nicht völlig deduktiv) . . .	3. voroperatorisches unmittelbares Verstehen ⁹
		In Funktion der Erfahrung	Nicht systematische Kontrolle	4. Lernprozeß (s. str.)
			Systematische Kontrolle	5. Induktion
		mittelbar	Nicht systematische Kontrolle	6. Voroperatorische Kohärenz (Äquilibration)
			Nicht in Funktion der Erfahrung	Systematische Kontrolle

Es sei daran erinnert, daß Lernen (s. lat.) durch Definition die Kombination (4 + 6) ist.

Aus dieser Übersicht können wir einige Feststellungen und vor allem einige Probleme derivieren. Die erste Feststellung ist die, daß zwischen 2 und 4 (vielleicht auch zwischen 3 und 4) gegenseitige Abhängigkeit besteht. Die Wahrnehmung ist für den Lernprozeß notwendig, es gibt aber auch ein Lernen der Wahrnehmung. Ebenso gibt es zwischen 3 und 6 (und vielleicht auch zwischen 2 und 6) gegenseitige Abhängigkeit: Das unmittelbare Verstehen spielt eine Rolle bei der graduellen Kohärenz, aber es ist selbst Funktion eines früheren Äquilibrationsprozesses. Kurz gesagt, die Übersicht hat nur einen Sinn vom synchronischen Gesichtspunkt her, während im diachronischen Sinn die Geschichte jeder Art der Aneignungen auf andere Arten bezogen ist.

Eine andere Feststellung, die aber zu einem Problem führt, ist folgende: Lernen (4) führt zur Induktion (5), wie Äquilibration (6) zur Deduktion (7) führt. Die Induktion setzt jedoch die Deduktion voraus, da sie eine Anwendung der Deduktion auf die Erfahrung ist, wogegen das Umge-

⁹ Richtig oder falsch: Wenn z. B. die Längen zweier ungleicher, aber paralleler Strecken nur nach Maßgabe ihrer Endpunkte „verstanden“ werden (wobei die Ausgangspunkte nicht beachtet werden).

kehrte nicht gilt. Daraus muß geschlossen werden, daß Lernen (s. str.) die Äquilibration (6) voraussetzt, ohne daß das Umgekehrte richtig wäre. Oder gibt es ein Lernen der Äquilibration, wie es eine Äquilibration der Lernprozesse gibt?

Hier ist also eines der Probleme, die wir zu lösen haben. Doch zu diesem Zweck ist es erforderlich, vorher die verschiedenen Lerntypen unter dem Gesichtspunkt ihrer Entsprechung zu den Beziehungen zwischen Kind und Objekt zu klassifizieren. Unter einem solchen Gesichtspunkt ist es natürlich nötig, Lernprozesse (s. lat.), die eine Handlung des Kindes betreffen, von solchen zu unterscheiden, die zum Erkennen einer Eigenschaft oder eines Gesetzes der Objekte (Regeln, Regelmäßigkeiten) führen. Zur ersten Kategorie rechnen wir die Lernarten, die die Ausbildung einer neuen Gewohnheit bewirken, und zwar auf allen Ebenen: beim Kleinkind z. B. das Daumenlutschen oder die Treppe hinuntergehen, beim schon älteren Kind das Auf-das-Fahrrad-Steigen oder Zahlen ordnen, zusammenzählen, abziehen usw. Was das Lernen äußerer Regelmäßigkeiten betrifft, so kann man das Erkennen eines Gesetzes des Alternierens oder der Einzigartigkeit einer Art usw. anführen, von den einfachsten Gesetzen angefangen bis zum Lernen der Induktion. Man wird zweifellos bemerken, daß die Lernarten, die die Handlung betreffen, voraussetzen, daß diese Handlungen am Objekt ausgeführt werden (selbst beim Lernen der Deduktion bezieht sich diese zunächst auf Objekte, und erst am Ende dieses Lernprozesses wird die Deduktion in einer symbolischen oder „reinen“ Form möglich). Ebenso wird man feststellen, daß die auf Objekte gerichteten Lernprozesse ebenfalls die Bildung neuer Gewohnheiten (also neue Handlungen) voraussetzen. Wenn alle elementaren Lernprozesse auf Objekte bezogen sind (oder auf eigene Körperteile, die als Mittel für einen anderen Zweck dienen, wie der Daumen für das Saugen), so bleibt festzustellen, daß diese Objekte entweder einfach als Werkzeuge oder als Gelegenheit zum Üben einer Handlung dienen oder aber als Objekte selbst interessieren. Selbst wenn man alle Zwischenformen zwischen diesen beiden Kategorien findet, so ist das Kriterium der Unterscheidung im Prinzip klar: In den Lernprozessen der ersten Kategorie sucht das Kind eine Handlung oder eine Operation zu leisten, und in denen der zweiten Kategorie sucht es ein physikalisches Gesetz (im weitesten Sinne) zu erkennen. Da wir uns andererseits vornehmen, das Lernen logischer Strukturen zu untersuchen, so ist es für uns ebenfalls von Interesse, das Lernen der Formen (Strukturen) vom Lernen der Inhalte zu unterscheiden, wobei wir unter Formen nicht irgendwelche Formen (wahrnehmungsmäßige usw.) verstehen, sondern solche, die sich auf einem gegebenen Niveau von ihrem Inhalt lösen können (Deduktion), oder solche Formen, die eine hinrei-

chende Allgemeinheit erreichen, daß sie auf beliebige Inhalte anwendbar sind (z. B. Methoden der Beweisführung in der Induktion).

Das führt uns zu einer Tafel mit doppeltem Zugang, auf der die vier Kategorien der Lernprozesse (sensu stricto oder sensu lato) dargestellt sind:

- a) die Kategorie der Handlungen als Inhalte, d. h. nichtoperatorische Handlungen, sondern Handlungen mit einer einzigen Richtung (elementare Gewohnheiten);
- b) die Kategorie der Handlungen als Formen, d. h. operatorische Strukturen und Formen der Deduktion, die mit ihnen verbunden sind;
- c) Kategorie der empirischen Regeln (der regelmäßigen oder unregelmäßigen Aufeinanderfolgen), und zwar der Inhalte;
- d) und schließlich die Kategorie der Formen, die auf empirische Zusammenhänge angewendet werden, d. h. der Formen der Induktion, insofern sie auf das Experimentieren angewandte Deduktionen sind.

Diese Tafel erlaubt uns, zwei Kategorien von Fragen aufzuwerfen. Zunächst ist es klar, daß die Lernprozesse a und c, genetisch gesehen, den Varianten b und d vorausgehen; die Variante a geht b voraus, ebenso wie die Variante c der Kategorie d vorausgeht. Einerseits versucht das Kleinkind in der Tat, die Objekte zu gebrauchen, bevor es darangeht, sie genauer zu untersuchen. (Diese letztere Verhaltensweise ist nichts anderes als eine tertiäre Zirkulärreaktion.) Andererseits wird die systematische Induktion lange nach den ersten Deduktionen erworben, und die Geschichte zeigt uns, daß die experimentellen Wissenschaften Jahrhunderte nach der Logik und der Mathematik aufgekommen sind. Hier liegt also ein Problem, das eine Theorie der Lernprozesse beachten sollte und das sofort die Frage aufwirft, ob die vier Typen des Lernprozesses nicht den gleichen Gesetzen unterworfen sind.

Andererseits, was die besonderen Verbindungen zwischen den Lernprozessen sensu stricto (4) und denen der Äquilibration (6) betrifft, könnte man sich fragen, ob diese vier Lernformen sensu lato die gleichen Verbindungen zwischen den zwei eventuellen Komponenten aufweisen. Doch dem ist nicht so, denn das Gleichgewicht zwischen Assimilation und Akkommodation führt im Falle des Lernens der empirischen Inhalte (a und c) nur zu nichtpermanenten Systemen, aber im Falle der reversiblen operatorischen Strukturen (b und d) zu permanenten Systemen.

3.3. Kritik der traditionellen Lernpsychologie¹⁰

Die folgenden Beiträge stellen wesentliche Punkte der Kritik Piagets an der traditionellen Lernpsychologie dar. Aebli („Vorstellungsbild und Operation“) setzt sich mit der sensualistisch-empiristischen Psychologie auseinander und diskutiert sie im Rahmen didaktischer Überlegungen. Piaget („Sensomotorisches Lernen“) setzt sich in dem ausgewählten Beitrag mit den S-R-Theorien des Lernens auseinander, wobei er auf einer Diskussion von Apostel (1958) fußt. Aebli („Automatismus und Operation“) diskutiert dann didaktische Konsequenzen der S-R-Psychologie und stellt sie den Prinzipien einer operatorischen Didaktik gegenüber. In der Diskussion der Nützlichkeit der verschiedenen Interpretationen des Lernens auf dem Niveau der Bildung komplexer Strukturen werden dabei die Unterschiede zwischen den verschiedenen Interpretationen besonders deutlich. Die Unzulänglichkeit des Assoziationsbegriffes und die Notwendigkeit, die höheren kognitiven Prozesse in Begriffen der Struktur zu interpretieren, wird augenfällig. Der Begriff der Struktur und Piagets genetischer Strukturalismus wird im dann folgenden Beitrag „Genese und Struktur in der Psychologie der Intelligenz“ (Kap. 3.4) behandelt.

3.3.1. Hans Aebli: Vorstellungsbild und Operation¹¹

Das Grundelement des Denkens: Bild oder Operation?

Die sensualistisch-empiristische Psychologie (Assoziationspsychologie) und die herkömmliche Didaktik beruhen auf der Theorie der Bildeindrücke im menschlichen Geist. Nach diesen Lehren sind die Bilder die grundlegenden Elemente des arithmetischen Denkens (Bilder der einfachen Zahlen), des geometrischen Denkens (Bilder von räumlichen Figuren) und der Naturwissenschaften (Bilder von Gegenständen, lebendigen Wesen u. ä.). Von den allgemeinen Begriffen nimmt man an, sie entstünden durch einen Prozeß der Abstraktion, der die zufälligen Merkmale ausscheidet. Entweder wird das Vorkommen der Operationen stillschweigend übergangen (weil sie nicht in das System passen), oder sie werden als Ableitungen aus Bildern angesehen. Schon die tägliche Erfahrung im Schulunterricht macht die Unzulänglichkeit dieser Theorie klar. In Wirklichkeit genügt es nicht,

¹⁰ S. auch Kap. 2.3

¹¹ Mit Genehmigung des Autors aus Hans Aebli: Psychologische Didaktik. Stuttgart, Klett, 1963.

einer Klasse Bilder zu zeigen und ihre Aufmerksamkeit auf deren Einzelheiten zu lenken, um im Geist der Schüler jene Eindrücke hervorzurufen, aus denen sich ohne weiteres die gewünschten Begriffe und Operationen ergeben. Wir haben gesehen, daß jeder Lehrer gezwungen ist, auf irgendeine Weise die Aktivität der Schüler anzuregen, damit sie die ihnen gezeigten Gegebenheiten vergleichen, sich Umformungen vorstellen oder ganz einfach den Demonstrationen des Lehrers folgen. Nun gehen aber alle diese Tätigkeiten bereits über den einfachen Prozeß des Eindrucks hinaus und zeigen an, daß die grundlegenden Elemente des Denkens nicht statische Bilder sind (Abbilder äußerer Modelle), sondern Schemata von Tätigkeiten, an deren Ausführung das Subjekt einen wichtigen aktiven Anteil hat.

Die Psychologie Jean Piagets umreißt die Wirkungsweise und die Bedeutung dieser Aktivität des Subjekts. Ohne die Existenz der Bilder zu leugnen, weist er ihnen eine ganz andere Funktion zu, als es die klassische Psychologie getan hatte. Er zeigt, daß das Denken vor allem eine Form des Tuns ist, die sich im Verlauf ihrer Entwicklung differenziert, organisiert und ihre Wirkungsweise verfeinert. Ohne sich auf die Ergebnisse seiner Untersuchungen über die Psychologie des Kindes zu berufen, erweist Piaget seine These an der Mathematik:

„In irgendeinem Ausdruck, wie z. B. $(x^2 + y = z - u)$, bezeichnet jedes Glied im Grunde eine Handlung. Das Zeichen $(=)$ drückt die Möglichkeit eines Austausches aus, das Zeichen $(+)$ eine Vereinigung, das Zeichen $(-)$ eine Trennung. Das Quadrat (x^2) steht für die Handlung, den Wert x x -mal wiederzugeben, und jeder der Werte u, x, y, z bedeutet die Handlung, die Einheit eine gewisse Anzahl mal zu reproduzieren. Jedes dieser Symbole bezieht sich also auf eine Handlung, die real sein könnte, bei der sich aber die mathematische Sprache darauf beschränkt, sie abstrakt anzuzeigen, und zwar in der Form verinnerlichter Handlungen, d. h. gedanklicher Operationen.“ (Piaget, 1947, S. 44)

Was für das arithmetische Denken zutrifft, gilt auch für das geometrische Denken: Die zahlreichen Untersuchungen über die Raumvorstellung beim Kinde haben sämtlich die grundlegende Rolle des Handelns in diesem Denkbereich bekräftigt. Am Schluß des ersten der großen Werke, die sich damit beschäftigen, schreibt Jean Piaget:

„Was die Tätigkeit selbst betrifft, so habe ich immer wieder festgestellt, wie grundlegend ihre Rolle ist, im Gegensatz zu der des Bildes. Die geometrische Anschauung ist wesentlich aktiv: sie besteht vor allem in virtuellen Handlungen, abgekürzten Schemata früherer tatsächlicher Handlungen oder vorwegnehmenden Schemata späterer Handlungen. Und wenn die Handlung fehlt, so fällt die Anschauung aus. Angefangen bei den elementaren Beziehungen der Ordnung (Gegenstände in zweierlei Richtung aufstellen), der Umhüllung (Knoten) oder

den projektiven Beziehungen (Perspektiven wiederherstellen, Schatten projizieren, Strahlenbündel brechen, Oberflächen abwickeln u. a.), affinen Beziehungen (einen Rhombus strecken), bis zu den Ähnlichkeiten und zu den Mengen, die in Ebenen zu koordinieren sind, beruhen alle Formen räumlicher Anschauung, die wir untersucht haben, auf Handlungen: auf der Handlung, Dinge nebeneinander (Nachbarschaft) oder in einer bestimmten Reihenfolge (Ordnung) aufzustellen, auf Handlungen wie einhüllen, verknüpfen und auflösen, den Standpunkt wechseln, schneiden, herunterklappen, falten und entfalten, vergrößern und verkleinern usw.“ (Piaget, 1948, S. 537)

Die Ergebnisse der genetischen Untersuchungen liefern eine Menge von Beispielen, die diese Betrachtungsweise bekräftigen. Wir führen nur zwei besonders bezeichnende an:

Zeigt man Kindern unter acht bis neun Jahren einen geometrischen Körper, z. B. einen Zylinder oder einen Kegel aus Papier, und stellt ihnen die Aufgabe, die abgewinkelte Oberfläche zu zeichnen, so sind sie dazu nicht imstande, sondern liefern zunächst Zeichnungen, die mit denen übereinstimmen, durch die sie – im Alter von fünf bis sieben Jahren – den Körper in gewöhnlicher Sicht und – im Alter von sieben bis acht Jahren – unvollständige oder noch nicht koordinierte Abwicklungen wiedergaben. Man sieht, die Aufgabe, die sich dabei dem Kinde stellt, bezieht sich nicht auf die Wahrnehmung der statischen Form der Volumina, sondern auf die Vorstellung der Umformung der Oberfläche in eine ebene Figur. Im Kommentar zu diesem Versuch schreibt Jean Piaget:

„Es ist klar, daß das Kind einen Zylinder oder Kegel in gleicher Weise wie wir wahrnimmt, unabhängig von der Handlung, die Oberfläche abzuwickeln: das Kind sieht den Zylinder und den Kegel wie wir in drei Dimensionen, erkennt wie wir ihre kreisförmige Grundfläche und den Deckkreis oder die Spitze, bemerkt wie wir die gekrümmten Seitenflächen. Was es nicht erfaßt, wenn man ihm die Aufgabe stellt, die Oberfläche abzuwickeln, das sind also nicht die Formen der Oberflächen als solche, sondern einzig und allein ihre entsprechenden Umlegungen und ihre Anordnung in einer einzigen Ebene. Diese Handlungen kann es sich eben nicht vorstellen bis zum Niveau III b (Stadium der Bewältigung der Aufgabe), wo ihm deren operatorische Verinnerlichung schließlich gelingt.“ (Piaget, 1948, S. 337)

Nun wollen wir ein Beispiel zeigen, das sich auf die Entstehung des Zahlbegriffs beim Kinde bezieht und das gleichfalls die Wichtigkeit der Operationen bei der Bildung der grundlegenden Denkbegriffe augenscheinlich macht, im Gegensatz zu der zweitrangigen Rolle, welche die Wahrnehmung der statischen Konfigurationen (Bilder) dabei spielt.

Würden bei der Bildung des Zahlbegriffes die Bilder tatsächlich die beherrschende Rolle spielen, die ihnen Mill und W. Lay zugeschrieben haben – um nur zwei illustre Namen aus der Philosophie und Didaktik

zu nennen –, so begriffe man schwerlich die Reaktionen der Kinder in einer experimentellen Situation wie der folgenden: Man beauftragt die Kinder, zu einer gegebenen Reihe von sechs Spielmarken „gleich viele darunter“ zu setzen. Im Alter von ungefähr fünf bis sechs Jahren ist das Kind imstande, zwischen zwei Reihen von Spielmarken eine genaue Zugehörigkeit herzustellen, und es bejaht infolgedessen ihre Gleichwertigkeit. Man könnte also meinen, es habe den Begriff der numerischen Gleichheit von zwei Mengen erworben, gestützt auf das Wahrnehmungsbild ihrer Glieder, die einander gegenübergestellt worden sind. Allein es genügt schon, die Steine der einen Reihe zu lockern oder einen Haufen daraus zu machen, damit das Kind den Glauben an diese Gleichheit verliert. Hingegen bejaht das Kind im Alter von sieben und mehr Jahren die Gleichheit der beiden Mengen, selbst wenn die sichtbare Entsprechung zerstört ist. Warum? Weil es jetzt eine Operation erworben hat, die ihm gestattet, unabhängig von den trügerischen Wahrnehmungsbildern die Gleichwertigkeit zu erkennen und wiederherzustellen. Wenn die Zwischenräume der Glieder einer Menge vergrößert werden, so kann das Kind in Gedanken diese Veränderung annullieren, indem es zur Ausgangslage zurückkehrt, und gleichzeitig hat es gelernt, die Gesamtlänge einer Reihe mit der Dichte ihrer Glieder in Beziehung zu setzen. Jetzt hat das Kind erkannt, daß diese Glieder zwar eine längere Reihe bilden, gleichzeitig aber weiter verteilt sind, genau wie es auch eine Plastilinkugel, die in eine Wurst umgeformt wurde, als mengenmäßig unverändert ansieht, weil sie zwar länger, dafür aber dünner geworden ist. Demnach benötigt man die Vermittlung einer umkehrbaren (reversiblen) Operation und die aktive Herstellung der Beziehungen zwischen den gegebenen Längen für die Bildung des elementaren Begriffs der Gleichwertigkeit zweier Mengen; man versteht dann, daß die komplexeren Begriffe des mathematischen Denkens erst recht nicht als aus statischen Bildern hervorgehend erklärt werden können.

Die Aufgabe des Bildes im operatorischen Denken

Wir sahen, daß die Psychologie Jean Piagets dem Bilde nicht den zentralen Platz einräumt, den es in den Lehren der klassischen Psychologie innehatte. Um seine allgemeine Funktion im Denkmekanismus genau zu bestimmen, muß man es in die Reihe der Symbole und Zeichen einordnen, auf die wir etwas später zurückkommen werden. Begnügen wir uns für den Augenblick mit folgenden Feststellungen: Sobald eine Operation vom Kind erworben worden ist, wenn es sich zum Beispiel eine Umgestaltung im Raum, etwa die Abwicklung der Oberfläche eines Körpers oder seinen

Schnitt mit einer Ebene, vorstellen kann, wird ihm das Bild des Gegenstandes — der abgewinkelten Oberfläche oder des Schnittes — zu einem *Symbol*, dessen Wahrnehmung oder Vorstellung ihm ermöglicht, sich der Operation (der Abwicklung, des Schnittes usw.) zu erinnern, zu der das fragliche Objekt Anlaß geben kann. So gestattet uns das wahrgenommene oder vorgestellte Bild eines Würfels, uns die Operation seiner Abwicklung vorzustellen und so sein Netz zu finden; und umgekehrt ermöglicht die Wahrnehmung oder Vorstellung des Netzbildes dem Subjekt, sich den Wiederaufbau des anfänglichen Körpers vorzustellen. Das Bild ist eine Art Stütze des Denkens, welches durch die symbolische Vertretung der Operationen ihre innerliche Vorstellung ermöglicht (s. Piaget, 1948).

Die Verinnerlichung der Handlungen zu Bildern und Operationen

Das erste Ergebnis meiner Analyse der Psychologie Jean Piagets ist also folgendes: In seinen höheren Ebenen ist das Denken vor allem ein System von logischen, physischen (raumzeitlichen) und numerischen Operationen. Die Operation ist das aktive Element des Denkens. Sie ist es, welche die wesentlichen Fortschritte der Intelligenz sichert, im Gegensatz zum Bild, das die Rolle eines verhältnismäßig statischen Elementes spielt, da es nur Augenblicksbilder der operatorischen Umgestaltungen festhält. Das Bild ist somit ein Symbol der Operation, dessen Wahrnehmung oder Vorstellung dem Subjekt erlaubt, sich die gesamte Operation vorzustellen.

In diesem Abschnitt wollen wir zu zeigen versuchen, daß Bild und Operation ihren gemeinsamen Ursprung im Handeln haben, obwohl sie unter dem Gesichtspunkt ihrer *Funktion* beim Denken einander entgegengesetzt sind.

Beginnen wir mit der Operation. Die angeführten Stellen haben schon durchblicken lassen, daß zwischen Operation und Handlung eine enge Beziehung besteht. In diesem Zusammenhang sind wir im besonderen dem Begriff „Verinnerlichung“ begegnet. Es handelt sich hierbei in der Tat um einen Vorgang, dessen grundlegende Bedeutung bei der Entwicklung des Denkens die Entwicklungspsychologie Jean Piagets augenscheinlich gemacht hat.

Bis zum Alter von eineinhalb bis zwei Jahren muß das Kind jede Handlung, die ihm ein Problem stellt, auch wirklich ausführen, so z. B. den Schlitz einer Streichholzschachtel erweitern, um deren Inhalt zu erreichen. Es ist noch nicht fähig, diese Handlung nur in Gedanken auszuführen, sie sich „einzubilden“ oder „vorzustellen“, wie die Umgangssprache sich ausdrückt. Im weiteren Verlauf aber wird dieser Fortschritt gemacht: Statt zur wirklichen Ausführung jeder Handlung gezwungen zu sein, er-

langt das Kind die Fähigkeit, sie *innerlich* und ohne sichtbare Bewegungen auszuführen. Man kann daher sagen, daß die Handlung *verinnerlicht* wurde, daß durch einen Vorgang der *Verinnerlichung* sich die tatsächliche Handlung in eine Vorstellung der Handlung verwandelt hat. Jean Piaget ist es geglückt, bei einem sechzehn Monate alten Kind in dem Fall der Öffnung einer Zündholzschachtel den Übergang von der einfachen materiellen Ausführung der Handlung zu ihrer Verinnerlichung festzuhalten. Er beschreibt die fragliche Beobachtung folgendermaßen:

„Ich lege die Kette in die Schachtel zurück — es handelt sich um eine Uhrkette und eine Zündholzschachtel, mit denen das Kind gerade spielt — und verkleinere den Spalt auf 3 mm. Das Kind Lucienne kennt den Vorgang des Schließens und Öffnens der Zündholzschachtel nicht und hat mich den Versuch nicht vorbereiten sehen ... Sie steckt ihr Fingerchen hinein und versucht, die Kette zu erreichen, scheitert aber völlig. Es folgt eine Unterbrechung, während der Lucienne eine sehr merkwürdige Reaktion zeigt, die nicht nur erstaunlich gut beweist, daß sie versucht, den Vorgang zu ‚denken‘ und sich die auszuführenden Bewegungen durch Gedankenverbindung vorzustellen, sondern die auch verdeutlicht, welche Rolle die Nachahmung beim Entstehen der Vorstellungen spielt: Lucienne ‚mimt‘ die Vergrößerung der Spalte. Sie betrachtet die Spalte sehr aufmerksam, dann öffnet und schließt sie mehrere Male nacheinander ihren Mund, zuerst nur wenig, dann immer weiter. Offenbar begreift Lucienne die Existenz eines Hohlraumes unter der Spalte und wünscht, diesen Hohlraum zu vergrößern. Den Versuch der Vorstellung, den sie dabei liefert, drückt sie plastisch aus; d. h., da sie die Situation nicht in Worten oder in klaren Bildern denken kann, macht sie, als Zeichen oder Symbol, eine einfache Bewegung.“ (Piaget, 1936, S. 337)

Das Kind geht also nicht mehr mit tatsächlichen Tastversuchen zu Werke, erkundet nicht mehr den Schlitz mit dem Finger, bis es das Verfahren entdeckt, das darin besteht, die Seitenwand der Schachtel an sich zu ziehen, um die Öffnung zu vergrößern, andererseits ist es ebensowenig imstande, sich schon diese Handlungen einfach vorzustellen, d. h. sie innerlich auszuführen. Deshalb mimt es das Öffnen der Schachtel, was nicht mehr eine wirkliche Handlung am Objekt ist, aber ebensowenig schon eine Vorstellung, denn sie äußert sich in wirklichen Bewegungen des Mundes.

Wenn wir nun noch einmal die schon erwähnten geistigen Operationen kurz vorüberziehen lassen, so kann man sagen, daß etwa von zwei Jahren an das Kind fähig wird, sich Operationen vorzustellen, wie z. B. das Vereinen und Trennen der Stücke eines Ganzen, das Zerteilen eines Gegenstandes, das Ausbreiten und Näherrücken von Spielmarken u. ä. Nur ist noch ein langer Weg zu durchlaufen, bis diese Handlungen des Vereinens usw. zahlenmäßige Operationen werden, bis die Ausführung eines Schnittes mehr ist als eine einfach praktische Handlung und zum Voraussehen der Schnittform führt. Das Kind muß im besonderen die Struktur der Opera-

tionen differenzieren und die Operationen zu Systemen koordinieren. Wir werden später auf diesen Aspekt der Operationsbildung zurückkommen.

Zunächst müssen wir prüfen, was nach Jean Piaget der Ursprung des Vorstellungsbildes ist. Stellt es trotz allem eine statische Wesenheit im Geiste dar, eine dauerhafte Spur des Sinneseindrucks? Setzt sich also der Geist aus zwei durchaus verschiedenen Elementen zusammen, aus starren „Inhalten“ einerseits (Bilder) und aus Handlungsschemata andererseits (Operationen)? Hier ist die Antwort Jean Piagets:

„Das Bild ist nicht eine primäre Tatsache, wie die Assoziationspsychologie lange geglaubt hat: es ist ... eine aktive Nachbildung und nicht eine Spur oder ein durch die Sinne eingprägtes Abbild der wahrgenommenen Gegenstände.“ (Piaget, 1947, S. 150)

Das Vorstellungsbild muß viel eher als eine Zeichnung aufgefaßt werden – die jedesmal im Geist entsteht, wenn das Subjekt sich etwas vorstellt – denn als eine Fotografie, die aus einem geheimnisvollen Untergrund (dem „Gedächtnis“, dem „Unterbewußtsein“ usw.) im Augenblick des Vorstellungsaktes auftaucht. Die Analogie zwischen der Zeichnung und dem Vorstellungsbild ist in der Tat verblüffend:

„Die Zeichnung ... wie das Vorstellungsbild gehen nicht aus der reinen Wahrnehmung hervor, wohl aber aus der Gesamtheit der Bewegungen, ... Vergleiche usw., welche die Wahrnehmung begleiten und die wir Wahrnehmungstätigkeit nennen. Zeichnung und Bild sind äußere oder innere Nachahmungen des Gegenstandes, nicht aber Fotografien des Geistes ...“ (Piaget, 1948, S. 49)

Die neue Erklärung des Vorstellungsbildes, die Piaget vorschlägt, entspricht einer neuen Auffassung der Wahrnehmung selbst. Diese ist nicht mehr ein rezeptiver Prozeß der Einprägung sinnlicher Gegebenheiten, sondern es hat sich erwiesen, daß in ihr die Wahrnehmungstätigkeit eine wichtige Rolle spielt. Eine ganze Reihe von Untersuchungen über die Psychologie der Wahrnehmung hat Jean Piaget zur Entwicklung dieses Begriffes geführt und hat dessen Wichtigkeit bekräftigt.¹² Im Rahmen dieses Buches beschränken wir uns jedoch darauf, ein Experiment der Entwicklungspsychologie anzuführen, das eine sehr klare Vorstellung davon gibt, was man unter dem Ausdruck „Wahrnehmungstätigkeit“ zu verstehen hat.⁶⁶ Die Versuchsleiter haben dabei Kindern von drei bis acht Jahren Gegenstände des täglichen Gebrauchs vorgelegt (ein Stück Kreide, einen Schlüssel u. ä.) und besonders auch einfache geometrische Figuren, ausgeschnit-

¹² Zu den Problemen der Wahrnehmung siehe die Artikel von Jean Piaget und Marc Lambecier in den „Archives de Psychologie“. Jahrgang 1941 ff.

ten aus Pappe (Kreise, Ellipsen, Quadrate), aber auch komplexere Formen (Sterne, Kreuze u. ä.). Das Kind sah die Gegenstände nicht; man gab sie ihm nur zum Betasten und zur Manipulation hinter einem Schirm. Es mußte sie benennen oder zeichnen oder mußte sie unter mehreren sichtbaren Modellen oder unter vorbereiteten Zeichnungen erkennen. Der Versuchsleiter hatte so die Möglichkeit, die Bewegungen der taktilen Exploration¹³ zu studieren und sie zu vergleichen mit der Wiedergabe oder dem Erkennen der Gegenstände. Nun hat dieser Versuch einwandfrei gezeigt, daß sich die Explorationstätigkeit zwischen drei und acht Jahren deutlich entwickelt. Das Kind kann anfänglich überhaupt nicht explorieren: Es hält den Gegenstand einfach in den Händen und reagiert auf zufällige Berührungen, wenn es zum Beispiel mit dem Finger in das Loch des Schlüssels gerät. In der Folge wird aber die taktile Exploration immer aktiver und systematischer: Das Kind folgt den Umrissen der Figur, untersucht die Geraden, die Krümmungen, die Winkel, vergleicht deren Formen, indem es die einen auf die anderen legt usw.

Merkwürdigerweise entwickeln sich nun die Zeichnungen, welche die Figuren wiedergeben, sowie das Erkennen der Figuren in direkter Abhängigkeit von der Aktivierung und Systematisierung der Explorationstätigkeit. In dem Maße, wie sich die Wahrnehmungstätigkeit entwickelt, werden die Zeichnungen präziser und fangen an, die Maße der Entfernungen und der Winkel und ebenso die gegenseitigen Verhältnisse zu beachten. Alles verläuft demnach so, als ob die Zeichnung nichts anderes wäre als eine Wiedergabe der Bewegungen bei der Explorationstätigkeit. Nun begreift man auch, wieso Jean Piaget die Zeichnung „eine Nachahmung des Gegenstandes“ nennen konnte. Die zur Ausführung der Zeichnung notwendigen Bewegungen „imitieren“ die Umrisse und die Struktur des Objektes, entsprechend der Wahrnehmungstätigkeit, die ebenfalls den Gegenstand „imitiert“.

Demzufolge kann man nun verstehen (und die Selbstbeobachtung aller, die gezeichnet haben, bestätigt es), wie die visuelle Wahrnehmungstätigkeit aufzufassen ist. Wie bei der taktilen Exploration muß es sich um Bewegungen handeln, welche den Linien und Verhältnissen der Figuren folgen und sie explorieren, mit dem einzigen Unterschied, daß das Organ, welches die Exploration sichert, das Auge ist (Blickbewegungen) und daß man wahrscheinlich innere Bewegungen annehmen muß, die sich nicht mehr in wirklichen Bewegungen des explorierenden Organs äußern. Nun begreift man auch, daß das Vorstellungsbild nichts anderes ist als eine innerliche Wiedergabe der Bewegungen bei der wahrnehmenden Exploration.

¹³ taktile Exploration = Untersuchung durch den Tastsinn.

Aus diesem Grund kann man das Vorstellungsbild auch eine innere Nachahmung des Gegenstandes nennen, und deshalb ist es mit der Zeichnung vergleichbar. Das Vorstellungsbild verhält sich zur Zeichnung wie die innere Sprache zur gesprochenen Sprache.

Obwohl also Bild und Operation im Mechanismus des Denkens verschiedene Aufgaben erfüllen, haben sie gemein, daß sich ihr Ursprung aus der gleichen sensu-motorischen Aktivität herleitet, was der Auffassung vom Wesen des Denkens und seiner Entwicklung eine bemerkenswerte Einheit verleiht.

Die geistige Aktivität des Schülers in der traditionellen Schule vom Standpunkt der Theorie der Verinnerlichung her gesehen

Die Psychologie Jean Piagets liefert die Mittel zur Analyse der geistigen Aktivität, die den traditionellen Unterricht charakterisiert. Wir können jetzt eine erste Gruppe seiner typischen Züge bestimmen. Wir haben gesehen, daß der traditionelle Unterricht trotz seiner sensualistisch-empiristischen Begründung, die keine echte seelische Aktivität kennt, in der Praxis doch gezwungen ist, beim Schüler eine gewisse Aktivität hervorzurufen. Im äußersten Fall — wenn er auf jede Darbietung anschaulicher Gegebenheiten verzichtet — wendet er sich doch wenigstens an die Vorstellungskraft des Schülers. So verlangt man bei der Einführung der Brüche vom Schüler, sich die Teilung eines Kuchens vorzustellen, und sagt ihm, daß die erhaltenen Teile Halbe, Drittel usw. heißen. Ein solcher rein verbaler Unterricht ist sogar noch älter als die traditionelle Methode, wie wir sie definiert haben, so daß wir rasch darüber hinweggehen können. Wir merken uns lediglich: Diese Unterrichtsmethode schließt ein, daß der Schüler alle Operationen in verinnerlichter Form ausführt, und zwar von ihrer ersten Einführung an. Selbst wenn die Schüler nach dem Stand ihrer geistigen Entwicklung dazu fähig wären, könnte sich doch der Lehrer den meisten unter ihnen einfach nicht verständlich machen und sähe sich gezwungen, ihnen Rezepte zu vermitteln, die zeigen, wie man mit den Zahlensymbolen umgeht.

Eine zweite, schon viel häufigere Unterrichtsform benützt zur Einführung der neuen Operationen Bilder oder Gegenstände, die fertig vorbereitet sind, so daß sie weder verändert noch bewegt werden können. Bei der Einführung der Brüche sind das z. B. fertig vorbereitete Tafeln mit in Sektoren eingeteilten Kreisen. Wiederum wird also das Kind aufgerufen, sich die Operation, in unserem Fall die Teilung, vorzustellen. Aber jetzt hat es ein Bild vor Augen, das als Symbol der Operation wirken kann und deshalb eine wichtige Stütze für die innerliche Ausführung der Operation

ist. Doch wenn ein Schüler auch stets in der Lage ist, sich auf Grund des Resultates eine begriffene Operation wieder vorzustellen, so liegt der Fall anders, wenn er sich eine neue Operation aneignen soll. Man findet dann oft, daß solche Bilder für die Schüler sinnlos bleiben. Der Lehrer muß von neuem zu Worterklärungen Zuflucht nehmen, um die Schüler dazu zu bringen, daß sie sich die neue Operation vorstellen — was ebenso mühsam wie fruchtlos ist.

Das führt zu einer dritten möglichen didaktischen Maßnahme, die bereits den Übergang bildet von der traditionellen Unterrichtsweise zu der Methode, die wir vorschlagen werden: Man bietet der Klasse nicht fertig vorbereitete Bilder, sondern läßt diese vor ihren Augen entstehen. Um beim Beispiel der Brüche zu bleiben: Der Lehrer oder ein von ihm aufgerufener Schüler teilt vor der Klasse verschiedene Gegenstände oder Flächen in eine gegebene Anzahl von Teilen. Die Schüler werden dazu aufgefordert, diesen Darbietungen zu folgen. Was geht nun in den Zuschauern vor? Die Psychologie Jean Piagets liefert auf diese Frage eine sehr überzeugende Antwort: Der Schüler *vollzieht* die ihm vorgeführten Operationen *innerlich mit*. Aber auch da drängt sich eine Bemerkung auf. Die schulische Erfahrung zeigt in der Tat, daß aus verschiedenen Gründen nicht alle Schüler fähig sind (oder sich nicht interessiert zeigen), diesen Demonstrationen zu folgen und die vorgeführten Operationen innerlich nachzuvollziehen. Die traditionelle Psychologie konnte diese Erscheinung kaum erklären. Wenn die Schüler „aufmerksam“ waren (d. h. wenn sie ihre Augen dorthin gerichtet hatten, wo die Demonstration vor sich ging), so mußte sich das Dargebotene notwendig ihrem Geist einprägen, während der Anteil des Subjekts an diesem Prozeß bedeutungslos war. Alles klärt sich jedoch, wenn man annimmt, daß der Schüler sich eine vorgeführte Operation nur aneignet, indem er sie innerlich mitvollzieht. Fehlt der innerliche Nachvollzug, so gibt es keine Aneignung. Die Nachteile eines ausschließlich darbietenden Unterrichts werden noch verschlimmert durch den Umstand, daß die Beteiligung der Schüler nur in einem sehr beschränkten Ausmaß kontrollierbar ist.

So stellt sich uns ein genau bestimmtes didaktisches Problem: Wir werden Formen der Ausführung für die Operationen zu suchen haben, die leichter und interessanter sind als die innerliche Nachahmung der vom Lehrer gebotenen Demonstrationen. Ich nehme vorweg, daß das Suchen nach Operationen durch konkretes Manipulieren und Experimentieren eine Lösung dieses Problems liefern könnte.

3.3.2. Jean Piaget: Sensomotorisches Lernen oder das Lernen von Gewohnheiten¹⁴

Apostel (1959) macht zu unserem Thema zwei wesentliche Bemerkungen, von denen wir ausgehen können. Im Gegensatz zum Schema Reiz–Reaktion gibt es für uns in den Anfangsstadien keine deutliche Grenze zwischen den äußeren Ereignissen und den Reaktionen. In der Tat, wenn man den Begriff der Assoziation durch den der Assimilation ersetzt, so wird der Reiz durch das Schema erfahren, und die Reaktion ist die „Aktualisierung“ des Schemas. Nur wenn es in ein System von Schemata gebracht wird, erhält das Objekt seine Objektivität, und eine – übrigens immer relative – Grenze zwischen dem äußeren Objekt und den eigenen Handlungen wird vom Kind gezogen.

Die zweite Bemerkung Apostels ist folgende: Wenn Hull, Tolman und Guthrie die Verbindung S-R als normalerweise stabil ansehen (wobei das Vorkommen von Generalisierung zu erklären wäre), dann betrachten wir sie hingegen als normalerweise instabil, da sie von sich aus zur Generalisierung neigt (und dann ist ihre Stabilität, sofern sie zu beobachten ist, zu erklären).

Aber eine spontane Tendenz zur Generalisierung annehmen heißt keineswegs, daß man damit schon das Lernproblem gelöst hätte, im Gegenteil. Zunächst: weil diese Verallgemeinerung keine primäre Tendenz ist, sondern eine Tendenz, die aus einer ursprünglicheren Tendenz herrührt (der Tendenz, jede bedeutungsvolle Handlung aktiv zu wiederholen und zu reproduzieren); außerdem heißt Generalisieren nicht schon Lernen, und die Generalisierung steht am Beginn den Differenzierungen und den spezifischen Akkommodationen sogar entgegen.

1. Das Lernproblem ist ein Sonderfall des biologischen Problems der adaptativen Variation (auf der Ebene der Phänotypen), doch neigt der Organismus nicht von sich aus dazu, sich zu verändern, sondern er neigt dazu, seine Form zu bewahren, und zwar durch einen allgemeinen Vorgang, nämlich den der Assimilation (sensu lato) der Umwelt an die eigene Struktur. Hiervon gehen wir aus, wenn wir ebenfalls annehmen, daß das Kind, das bei seiner Geburt mit einer Anzahl von Mechanismen ausgerüstet ist (Reflexe usw.), zunächst dazu neigt, diese durch ständige Wiederholung zu betätigen: Diese Übung der Reflexe, die die erste Form funktioneller oder reproduktiver Assimilation darstellt, interessiert das Kind.

¹⁴ Mit Genehmigung des Verlages aus Jean Piaget: *Apprentissage et connaissance*. In: P. Gréco et J. Piaget: *Apprentissage et connaissance. Etudes d'épistémologie génétique*. VII. Paris, P. U. F., 1959.

Von dieser dem Lernen vorausgehenden Stufe an kann es zu Generalisierungen kommen, jedoch nur als abgeleitete Reaktion, d. h. als Reaktion auf die Störungen der Umwelt: Wenn ihm im Augenblick die Mutterbrust nicht verfügbar ist, beginnt der Säugling an seinen Fingern zu saugen oder an Gegenständen, die er zufällig berührt, und manchmal saugt er ohne Objekt (verallgemeinernde Assimilation). Er unterscheidet sehr schnell diese abgeleiteten Situationen vom echten Sagen an der Mutterbrust (rekognitive Assimilation).

Von Lernen sprechen wir dann, wenn sich eine dieser Generalisierungen fixiert (z. B., was das Sagen betrifft, an den Daumen oder an gewisse akustische Signale nach Kantrow gebunden wird usw.). Aber noch hier ist die primäre Tendenz die der aktiven Wiederholung, da sie schon beim unbedingten Reflex am Werk ist und da das neue Element einfach von dem bereits aktiven Schema assimiliert wird.

2. Nicht ohne Grund formuliert Apostel als erstes Postulat unserer Interpretation die (anscheinend) paradoxe Aussage: Jedes Schema hat die Tendenz, jedes Objekt zu assimilieren. So erklärt es sich, daß der Säugling dazu neigt, an allem zu lutschen, was er berührt, und später, nach der notwendigen Reifung, alles zu berühren, was er sieht, alles anzusehen, was er berührt und was er saugt, hinzusehen, wo er etwas hört, hinzuhören, wo er was sieht (so z. B. schüttelt er einen Gegenstand, um herauszufinden, ob er einen Ton von sich gibt), alles zu greifen, was er berührt und was er sieht usw.

3. Aber diese Tendenz, ständig zu wiederholen, und die Tendenz zur Generalisierung der Schemata hat ihre Grenzen, und zwar wegen einer Hemmung, die Ursache der Negation dieser Anwendung und die Ursache dessen ist, was man Komplementärfaktor der Schemata oder auch negative Schemata nennen könnte (da wir ja nach den partiellen Isomorphismen mit der Logik suchen). Diese Grenzen werden durch die Erfahrung gezogen (Widerstand des Objekts, sich assimilieren zu lassen), und hier haben wir eine neue Ursache des Lernens: Nicht alles, was man sieht, kann man greifen und lutschen und hören. Man kann das berühmte Beispiel mit dem Mond zitieren, das oft genannt und oft auch abgestritten wird: Wir haben es aber bei einem unserer Kinder kontrollieren können. Das Kind streckt die Arme nach dem Mond aus, danach schwächt die Aktivierung des Schemas „Greifen“ ab und verschwindet.

4. Ein Schema ist nur ein praktischer, aber kein geistiger Begriff: Das Kind besitzt zunächst keinerlei symbolisches Instrument (mangels Sprache und mangels Vorstellung, deren Auftreten zweifellos fast gleichzeitig ist), um die gemeinsamen Merkmale der Situationen darzustellen, auf die das Schema sich anwenden läßt (die Bedeutung); noch weniger gelingt dies

bei der Gesamtheit der Situationen (die Extension des Schemas), auf die sich das Schema anwenden läßt. Nur von Fall zu Fall (de proche en proche) und nacheinander assimiliert das Kind diese Situationen an das in Frage kommende Schema. Doch vom Gesichtspunkt des Beobachters aus ist es möglich, Inhalt und Extension eines Schemas zu bestimmen. Von einem solchen Gesichtspunkt aus stellen wir sofort fest, daß die Mechanismen 2 und 3 es ermöglichen, das Vorhandensein praktischer, dem Lernprozeß inhärenter Klassifikationen zu erkennen:

a) Das Schema „Sehen“ ist von größerer Extension als die Schemata „Saugen“, „Greifen“, „Hören und Lokalisieren von Tönen“ usw. Aber die Gesamtheit der Situationen, die sich auf jedes dieser Schemata beziehen, ist in die Gesamtheit dessen, was „gesehen“ werden kann, einfügbar.

b) Andererseits gibt es Intersektionen zwischen der Gesamtheit der Elemente zum Hören und der Gesamtheit der Elemente zum Greifen: Einige können gehört und gegriffen werden (ein Spielzeug aus Zelluloid, das kleine Körner enthält), andere können gehört, aber nicht gegriffen werden, wieder andere können gegriffen, aber nicht gehört werden.

c) Und schließlich gibt es Koinzidenz oder fast Koinzidenz zwischen den Extensionen des Greifens und des Saugens usw.

5. Wenn die Verschachtelungen auf der sensomotorischen Ebene noch nicht durch das Denken zu irgendeiner Darstellung der Extensionen oder der Begriffsinhalte führen und wenn man daher, was sie betrifft, noch nicht *a fortiori* von Inklusion sprechen kann, so beruhen sie, vom Kind aus gesehen, dennoch auf einer Art von Verknüpfung im Verhalten selbst, die man mit dem Terminus „Koordinierung der Schemata“ bezeichnen kann. Aber diese Koordinierung verlangt nicht die Annahme eines neuen Prinzips, denn sie ist direkt von der Tendenz eines Schemas zur Assimilierung aller Objekte abgeleitet. Und in der Tat resultiert aus dieser Tendenz, daß jedes von zwei Schemata danach strebt, sich den Bereich des anderen zu assimilieren, was darauf hinausläuft zu sagen, sie assimilieren sich wechselseitig. Diese reziproke Assimilation, sei sie vollständig oder partiell, konstituiert die Koordinierung der Schemata.

6. Bis hierher — wir halten uns an das, was die Anfangssituation kennzeichnet — gelingt es dem Kind, die Situation an ein Schema zu assimilieren, oder es gelingt ihm nicht, d. h. das Schema läßt sich anwenden, oder es läßt sich nicht anwenden. Die Tendenz zu assimilieren war anfänglich mit den Reflexhandlungen verbunden, und es sind die Extension dieser Anwendung und das Scheitern der Anwendung über gewisse Grenzen hinaus, die den ersten Formen des Lernens entsprechen. Doch das Lernen entwickelt sich in spezifischeren Formen weiter mit der Akkommodation der Schemata, zu der wir jetzt kommen werden. Es gibt tatsächlich zwischen

der Anwendung und der Nichtanwendung eines Assimilationsschemas noch ein „tertium“. Es besteht darin, das Assimilationsschema zu modifizieren. (Man könnte auch die Möglichkeit vorsehen, das Objekt zu modifizieren; das aber liefe darauf hinaus, in neuer Weise auf das Objekt einzuwirken und damit auch das Schema zu verändern.) Doch ein Assimilationsschema modifizieren besteht nicht mehr einfach darin, das Objekt zu assimilieren (obwohl diese Modifikation sich im Laufe der Assimilation vollzieht), sondern darin, daß das Assimilationsschema eine Beschränkung erfährt, die eine Veränderung erzwingt. Auf dem Gebiet der Biologie gibt es dasselbe Phänomen: Ein Organismus, der durch Assimilation seiner gewohnten Umgebung normalerweise eine gewisse Form bewahrt, kann zu Veränderungen gezwungen werden, wenn er die Umgebung wechselt. Dadurch erwirbt er einen neuen Phänotyp, eine neue Anpassungsform. Im Bereich des Verhaltens bezeichnen wir mit Akkommodation ebenfalls die Veränderung eines Schemas: Wenn z. B. der Säugling eine Schnur zu greifen sucht, die vom Dach seiner Wiege herabhängt, die dort aber befestigt ist, so sieht er sich gezwungen zu ziehen, statt einfach zu greifen; das einfache Greifschema ist also in ein Ziehschema verändert (dies kann übrigens zu unerwarteten Entdeckungen führen, wenn nämlich durch das Ziehen das Wiegendach gerüttelt wird oder auch das Spielzeug, das daran herabhängt).

Der Akkommodationsprozeß beinhaltet zwei Aspekte, die wechselseitig miteinander verbunden sind. Es lohnt sich, näher auf sie einzugehen. Erstens bezeichnet dieser Prozeß eine Aktivität: Wenn auch die Modifizierung des Assimilationsschemas durch den Widerstand des Objektes hervorgerufen wird, so ist sie doch nicht ohne weiteres durch das Objekt, sondern durch die Reaktion des Kindes diktiert, die danach strebt, diesen Widerstand zu kompensieren (durch unmittelbare Reaktion oder durch trial and error usw.). Zweitens: Wenn die Akkommodation also noch eine Aktivität ist, die darin besteht, ein Assimilationsschema zu differenzieren, so ist diese Aktivität nur abgeleitet oder sekundär in bezug auf die Assimilation. Also kann man nicht sagen, jedes Schema tendiere dahin, sich an jedes Objekt zu akkommodieren; es tendiert dahin, jedes Objekt zu assimilieren; erreicht es dieses Ziel aber wegen der äußeren Widerstände nicht, dann läßt es sich — wenn die Akkommodation nicht möglich ist — nicht anwenden, oder aber es differenziert sich, und zwar im Sinne der Kompensation dieses Widerstandes, der zunächst nicht erwünscht ist. Dagegen wird das Kind — allerdings nur im weiteren Verlauf der Entwicklung und durch die Erfahrung, die es mit diesen Widerständen erlebt — dahin gelangen, sich für sie zu interessieren, weil sie Hindernisse darstellen, die zu überwinden sind; es interessiert sich ganz allgemein für das

Unvorhergesehene, das Überraschende, was die Objekte enthalten (und das besonders insofern, als das Objekt sich von der Handlung löst und sich substantzialisiert, indem es permanent und selbständige Quelle der Kausalität usw. wird): Man erlebt hier also die Bildung von Explorationsverhalten oder von Erkundungsexperimenten (*expériences pour voir*), die man als Resultat einer Tendenz zur Akkommodation an sich ansehen könnte (so wie Pawlow einen Explorations-Orientierungs-Reflex annimmt). Das ist der Sinn des Wortes „tertiäre Zirkulärreaktion“, von denen wir im nächsten Abschnitt (7.) sprechen werden und die eine Untersuchung der Veränderungen an sich enthalten. Es handelt sich also um komplexere und abgeleitete Verhaltensweisen, die nach einer Vermehrung der Anzahl der Assimilationsschemata auftauchen.

7. Das durch Akkommodation veränderte Schema funktioniert (also assimiliert) ohne Akkommodation, doch diese neue Form unterdrückt die alte Form nicht, sondern koordiniert sich mit ihr (siehe 5.). Die Ausführung des veränderten Schemas besteht darin, das durch Akkommodation erreichte Resultat zu reproduzieren (reproduzierende Assimilation) und neue sich anbietende Situationen in das akkommodierte Schema zu inkorporieren (verallgemeinernde Assimilation). Auf diese Weise kann man die Zirkulärreaktion von J. M. Baldwin interpretieren, die im Lernprozeß zwar eine große, aber keine exklusive Rolle spielt (denn es gibt ja auch schon Lernvorgänge durch Generalisierung eines Schemas und durch Feststellung des Mißerfolgs dieser Generalisierung: siehe 2. und 3.). Die Zirkulärreaktion ist ein Verhalten, das darin besteht, jedes zufällig erreichte, neue Resultat aktiv zu reproduzieren. Wir haben drei Formen unterschieden: primäre (Resultate, die sich auf den eigenen Körper beziehen, z. B. Daumenlutschen), sekundäre (Resultate, die sich auf Objekte beziehen, z. B. an der Schnur ziehen, die vom Wiegendach herabhängt, und so das Dach und die daran aufgehängten Spielzeuge schütteln) und tertiäre Zirkulärreaktionen (Reproduktion des Resultates mit beabsichtigten Variationen der Bedingungen, z. B. die Lage der Gegenstände verändern oder sie hinwerfen, wobei die Flugbahn variiert wird). Doch wäre es paradox, ohne weiteres eine Tendenz zur Wiederholung der neuen Resultate zu postulieren, wo doch die erste Tendenz darin besteht, die neuen Situationen in die bestehenden Schemata zu assimilieren, was eine im wesentlichen konservative Tendenz darstellt. In Wirklichkeit ist die primäre Zirkulärreaktion nur der Ausdruck der generalisierenden Assimilation: Wenn das neue Resultat das Kind „interessiert“, so deshalb, weil es dieses an ein bestehendes Schema assimiliert (anfänglich an den Reflex), denn das Interesse ist nur der affektive Aspekt der Assimilation (siehe 8.). Was die sekundäre Zirkulärreaktion anbelangt (diejenige, die den Beobach-

tungen Baldwins entspricht), so besteht sie aus einer Assimilation an ein durch Akkommodation differenziertes Schema (siehe Anfang von 7.). Aber seine Besonderheit besteht darin, daß in vielen Fällen diese Akkommodation unmittelbar erfolgen kann, wenn sie durch ein unvorhergesehenes Merkmal des Objektes notwendig wird, auf das sich die assimilatorische Aktivität zu richten begann (diese assimilatorische Aktivität läuft weiter ab, aber fast von Anfang an in veränderter Form). Die tertiäre Kreisreaktion wirft hingegen ein Problem auf, weil sie in einer Untersuchung der Veränderungen an sich besteht und weil das Kind, nachdem es zunächst eine konservative Tendenz zeigt, die für die Anfangsformen der Assimilation typisch ist, eine Tendenz entwickelt, die als Tendenz zur Differenzierung erscheinen könnte. Dieses Problem ist auch von großem Interesse für die Logik des Lernprozesses und gleichzeitig für das progressive Gleichgewicht zwischen Assimilation und Akkommodation, da es schon auf sensomotorischem Niveau die Fragen vorausnimmt, die man später in der operatorischen Geometrie wiederfindet, wo die Kombinationen der Operationen des Kindes und die Transformationen im physikalischen Bereich so erstaunlich isomorph sind. In Wirklichkeit stellt sich das Interesse für die Veränderungen, das sich in der tertiären Kreisreaktion manifestiert, auf dem Niveau der Entwicklung der Assimilationsschemata ein, wo diese zahlreich und differenziert genug sind, um vielfache Koordinierungen im Sinne von 5. zu ermöglichen. Daraus resultiert, daß das Kind progressiv die Fähigkeit erwirbt, neue Kombinationen zu vollziehen, während diese anfänglich nur durch äußere Situationen auferlegt und dank der entsprechenden Akkommodationen angenommen wurden. So kommt es z. B., daß das Kind, indem es diese Koordinierung mit steigender Mobilität vollzieht, die Fähigkeit erwirbt, die grundlegenden und eng miteinander verbundenen Schemata des permanenten Objekts und die Gruppe der Ortsveränderungen zu konstruieren. Diese Schemata werden durch die Erfahrung ohne Zweifel ständig verstärkt, aber sie setzen eine Organisation voraus, die zu einem wichtigen Teil aus Beziehungsbildungen besteht, die den Handlungen des Kindes entstammen. Diese Mobilität der Kombinationen führt das Kind dazu, sich bei den Akkommodationen an neue Situationen nicht mit dem zufriedenzugeben, was diese Situationen erzwingen, sondern die Situationen selbst der Mobilität entsprechend zu variieren, deren es durch die Koordinierung seiner eigenen Schemata fähig geworden ist.

Kurz, von den sekundären, besonders aber von den tertiären Formen an zeigen die Zirkulärreaktionen eine Art Synthese oder Ausgleich zwischen der konservativen Tendenz der Assimilation und den von außen kommenden und durch Akkommodation erkannten Neuheiten, die als interes-

sant angesehen werden, insofern sie eine Reproduktion der Assimilation erlauben, die um diese Variationen der alten Schemata erweitert ist.

8. Die Erwähnung des Interesses führt uns zur Rolle der Motivation und zur Wiederholung der Anmerkungen, die bereits formuliert wurden. Wie jedes Verhaltensinstrument, so hat auch ein Assimilationsschema eine Struktur (kognitiver Aspekt) und eine Dynamik (affektiver Aspekt), aber in eng miteinander verbundener und untrennbarer Form. Um den Lernprozeß zu erklären, brauchen wir nicht auf gesonderte Faktoren der Motivation zurückzugreifen, nicht weil sie etwa hier keine Rolle spielten (was eine intellektualistische, unserer Position diametral entgegengesetzte Interpretation wäre), sondern weil sie von Anfang an in den globalen Begriff der Assimilation eingeschlossen sind. Von einem solchen Standpunkt aus ist das Bedürfnis nichts anderes als der konative oder affektive Aspekt eines Schemas, insofern dieses seine normale Nahrung verlangt, d. h. die Objekte, die es assimilieren kann; und Interesse (wie Claparède es ausgedrückt hat) ist nur die affektive Beziehung zwischen dem Bedürfnis und dem Objekt, das geeignet ist, das Bedürfnis zu befriedigen. Wenn man sagt, das Kind interessiere sich für ein Resultat oder ein Objekt, so bedeutet das demnach, daß es assimiliert oder daß es eine Assimilation antizipiert, und wenn man sagt, daß es ein Bedürfnis danach habe, so heißt das, daß es im Besitze von Schemata ist, die ihre Anwendung fordern.

Ohne Tautologie kann man behaupten, daß der Grad an Assimilation und an Akkommodation in einer Verhaltensweise Funktion der Intensität der Bedürfnisse ist (Postulat III von Apostel), denn die Intensität ist selbst eine Funktion der Beziehung zwischen den Schemata und der betreffenden Situation in einem gegebenen Augenblick (Grad der Zugänglichkeit der zu assimilierenden Elemente).

9. Doch die Frage, die von Apostel gestellt wird, bleibt in der Schwebe: Wie ist es zu verstehen, daß das Kind, angesichts eines Objekts oder einer Situation und im Besitze einer großen Anzahl von Schemata, deren gleichzeitige Aktivierung vereinbar, aber auch nicht vereinbar sein kann, dasjenige auswählt, das es effektiv verwenden wird? Wenn die Schemata miteinander vereinbar sind, so vollzieht sich ihr gleichzeitiger Gebrauch wegen früherer Koordinierungen oder in Form neuer Koordinierungen, die sich aktuell bilden. Wenn sie aber unvereinbar sind, so hilft es nichts, zu sagen, die Wahl würde durch das in diesem Augenblick vorherrschende Interesse bestimmt; denn zu erklären, warum ein Interesse vorherrschend ist, läuft darauf hinaus, zu sagen, welches Schema im Sinne einer Aktivierung gewählt worden ist. Mit Gewißheit kann man sagen, daß von zwei unvereinbaren Schemata, die dahin tendieren, ein Objekt zu assimilieren,

dasjenige zur Anwendung kommt, das mit der größten Anzahl anderer Schemata vereinbar ist, die in diesem Augenblick in maximalem Grad aktiviert sind (das ist die Formel, die uns Apostel vorgeschlagen hat); aber es bleibt unverständlich, warum diese gerade einen maximalen Grad erreichen.

Es ist erforderlich, für die kognitive Bedeutung der Schemata (Assimilation, sofern es um Erkenntnis, um Begreifen geht) und für die affektive Bedeutung (Interesse oder Aktivationsgrad) eine gemeinsame Formulierung zu finden, und hier bietet sich das Konzept der Strategien an, das uns an anderer Stelle schon für die Beschreibung der Phasen des Äquilibrationsprozesses gedient hat. In der Tat, auf dem Niveau, wo mehrere Schemata dem Subjekt zur Wahl stehen und, vor allem, wo die Variationen bei der Akkommodation mit den möglichen Kombinationen bei der Koordinierung der Schemata isomorph zu werden beginnen, stellt sich das Problem notwendigerweise in der Form der Frage nach Gewinn und Verlust: Was bringt einerseits eine Akkommodation ein, und was kostet sie andererseits, und auch, was verliert man, wenn man nicht andere Assimilationsschemata wählt (verpaßter Gewinn)? Das Problem wird sehr real, wenn man es im Nacheinander der Interessen sieht. Es liegt schon lange zurück (als wir uns mit der Entwicklung der Interessen während der ersten achtzehn Lebensmonate befaßten), daß wir eine Art optimaler Zone des Interesses für das festgestellt haben, was weder zu bekannt noch zu neu ist: Dieser optimale Bereich bleibt zunächst sehr schmal, erweitert sich aber in dem Maße, wie Verhaltensweisen zahlreicher werden. Das aber ist lediglich in die Terminologie der Interessen übersetzt, was wir unter 7. in den Termini der progressiven Exploration der Variationen gesehen haben, die mit der graduellen Koordinierung der Assimilationsschemata parallel verläuft.

Gewinne und Verluste äußern sich im Verhalten des Kindes durch Befriedigung oder Nicht-Befriedigung, die sowohl in der Mimik als auch an der Art erkennbar sind, wie das Kind die laufende Handlung beendet oder weiterführt. Bei näherer Untersuchung wird deutlich, daß es zwei Arten mit allen Zwischenformen gibt, aber mit doch sehr deutlich verschiedener Qualität der Pole, was uns für die Interpretation des Lernprozesses von grundlegender Bedeutung erscheint: Einerseits gibt es die Werte des Gebrauchs, d. h. des Erfolgs in Funktion primärer Bedürfnisse (eine Nahrung erhalten oder einen Gegenstand zum Manipulieren); andererseits gibt es auch die Werte des Erkennens oder des Begreifens, die von abgeleiteten Bedürfnissen zeugen (in dem Sinne, wie es unter¹⁵ für die Moti-

¹⁵ S. § 1 in Jean Piaget, 1959.

vation gesagt ist). Hierzu ein Beispiel: Ein Kleinkind sitzt in seinem Ställchen (Gatter mit senkrecht stehenden Stäben). Von außen reichen wir ihm einen großen Hahn aus Pappe. Wir wollen sehen, wie es ihn durch die Stäbe hindurch hineinbringt. Es beginnt mit langwierigen, aber fruchtlosen Versuchen, weil der Hahn in horizontaler Lage gereicht wurde, und es muß den Hahn wieder aufrichten, damit er zwischen zwei Stäben hindurch kann. Wenn das durch Zufall geglückt ist, gibt sich das Kind nicht damit zufrieden, sondern beginnt das Spiel geduldig von neuem, bis es das Problem der Passage des Hahnes beherrscht. Ein solcher Fall zeigt deutlich, daß der erste Erfolg dem Kinde nicht genügt, daß es im Laufe der Handlung dem anfänglichen Bedürfnis nach Gebrauch ein Bedürfnis nach Verständnis folgen läßt.

Das besagt folgendes: Wenn es sich darum handelt, zwischen zwei Schemata, deren gleichzeitige Aktualisierung nicht miteinander vereinbar ist, zu wählen, so stellt sich das Problem so: Haben wir eine Situation mit ihren Gegebenheiten und Hindernissen, so kann eines der beiden Schemata zu nur geringen Kosten an Akkommodationsanstrengungen führen, aber auch nur einen geringen Gewinn bringen, wenn die Ausführung zu leicht gelingt und keine neue Erkenntnis bringt, während das andere Schema zu einem schwieriger zu erreichenden Erfolg führt, der aber das Gefühl des eigenen Leistungsvermögens stärkt oder aber zu einem Gewinn an neuen Kenntnissen führt: In diesem Falle stellt sich die Frage, ob die antizipierten Werte die Anstrengungen (= Kosten) der Akkommodation genügend kompensieren. Daraus ist sofort ersichtlich, daß, selbst wenn sich die Gewinn- und Verlustrechnung im Einzelfall als schwierig erweist, solche Überlegungen im Prinzip genügen, um die Wahl zwischen zwei unvereinbaren Schemata zu erklären.

10. In Verbindung mit den beiden Typen von Werten, die wir hier unterschieden haben (Erfolg und Verständnis), ist es auch wichtig, von den sensomotorischen Lernprozessen an das Vorhandensein zweier verschiedener Typen der Koordination der Schemata und infolgedessen der internen Organisation der komplexen Schemata zu erkennen. Der erste dieser Typen ist die Organisation nach Mittel-Ziel-Relationen. Während man bei den ersten Gewohnheiten Mittel und Ziele nur vom Standpunkt des Beobachters aus voneinander zu trennen vermag (für das Kind bleiben sie in einem globalen Ganzen undifferenziert), sieht man bald nach der Koordinierung von Sehen und Greifen eine Differenzierung auch vom Standpunkt des Kindes selbst aus. Nachdem das Kind zunächst auf ein bestimmtes Ziel gerichtet ist, das es aber nicht erreichen kann, sucht es später nach einem Hilfsmittel. Der zweite Organisationstyp ist der der Verschachtelungen, die unter 4. beschrieben sind, die aber zweifellos dem

Verständnis des Kindes verborgen bleiben. Wenn es aber eine Anzahl gebräuchlicher Mittel erworben hat, beobachtet man hingegen eine Anwendung der Verschachtelungen bei den auf Ziele gerichteten Mitteln selbst: Anders ausgedrückt, das Kind erstellt sich eine Anzahl von Klassen von Mitteln (der Begriff der Klasse ist hier nicht im strengen Sinne zu verstehen), so daß es, wenn das eine versagt, auf andere Mittel zurückgreifen kann, die ihm äquivalent erscheinen. Von den *habit-family hierarchies* elementarer Gewohnheiten Hulls kommt man so in kontinuierlichen Etappen zu einer Art klassifikatorischer Organisation der Schemata.

11. Aber im Gegensatz zu den operatorischen Verhaltensweisen, deren Strukturen (der Klassifizierung, der Seriation, der Aufzählung usw.) einen deutlichen Schnitt in bezug auf die Vergangenheit kennzeichnen, konstituiert die Abfolge, nicht nur die der sukzessiven Aktivierungen eines Schemas, sondern auch die der Phasen ihrer Organisation oder progressiven Strukturierung, eine kontinuierliche Geschichte, in der jede Etappe von der gesamten Vergangenheit abhängt. Wie Apostel hier betont, stellt diese Geschichte nicht eine Markoff-Kette dar, was es unmöglich macht, den Lernprozeß – so wie wir ihn interpretieren – auf das Schema von Bush und Mosteller zurückzuführen. Dagegen ist er auf das Schema von Jonckheere (1959) zurückführbar. Doch scheint uns dieser Nicht-Markoff – Charakter des Lernens wichtig zu sein unter dem Gesichtspunkt, unter dem wir die Beziehungen zwischen Kind und Objekt analysieren. Ein Lernprozeß beginnt niemals bei Null, und das besagt, daß die Bildung einer neuen Gewohnheit immer in einer Differenzierung von früheren Schemata besteht; wenn diese Differenzierung außerdem Funktion der gesamten Vergangenheit dieser Schemata ist, so bedeutet das, daß die durch den Lernprozeß erworbene Kenntnis in keinem Falle eine reine Registrierung oder eine Kopie ist, sondern das Resultat einer Organisation, in der mehr oder weniger das gesamte System der Schemata, über die das Kind verfügt, eingeht.

12. Wir haben jetzt noch die Relationen zwischen Äquilibration und Lernprozeß zu präzisieren, und zwar unter dem Gesichtspunkt der vorausgehenden Betrachtungen (1. bis 11.), aber auch unter denjenigen der vier Formen des Lernprozesses, die wir unter 2. (s. Kap. 3.2 dieses Bandes) voneinander unterschieden haben.

Bezüglich der Unterscheidung zwischen Lernen von Handlungen und Lernen von Kenntnissen stellen wir zunächst fest, daß die Entwicklung, wie sie in 6. bis 10. beschrieben ist, den graduellen Übergang von der ersten zur zweiten dieser Varianten kennzeichnet (ohne daß die erste deswegen verschwinden müßte). Von der tertiären Zirkulärreaktion an ste-

hen wir mit den Untersuchungen der Variationen an sich einem differenzierten Beginn des Lernens von Kenntnissen gegenüber, mit häufiger Betonung des Interesses am Verstehen, also nicht nur am Erfolg (10.), während die früheren Reaktionen beweisen, daß das Lernen der Handlungen vorherrscht, und zwar um so mehr, je primitiver sie sind.

Aber die beiden Varianten stellen natürlich erst Formen des Lernens von „Inhalten“ (unter 2.) dar, und man muß noch lange darauf warten, bis ein Lernen der „Formen“ oder der logischen Strukturen als solche sichtbar wird. Vom Gesichtspunkt des Gleichgewichts aus gesehen, ist dieses Lernen der Inhalte durch einen graduellen Äquilibrationsprozeß gekennzeichnet, der zwischen Assimilation und Akkommodation stets unvollständig bleibt, während erst die logisch-mathematischen Strukturen das Gleichgewicht in permanenter Weise realisieren. In der Tat ergeben sich daraus Merkmale der anfänglichen Assimilation, die dahin tendiert, die gesamte Umwelt in einige, wenig zahlreiche und starre Schemata zu inkorporieren, so daß sie sich mit den Störungen durch die Umwelt stößt, und zwar so, daß die Stabilität der Assimilationsschemata ständig erschüttert wird, weil diese zu Akkommodationen gezwungen werden, die die Schemata verändern, die von sich aus zur Konservierung tendieren. Aber in dem Maße, wie sich die Schemata differenzieren, sich vervielfachen und sich untereinander koordinieren, steigert sich natürlich ihr Gleichgewicht, denn ihre wachsende Mannigfaltigkeit vermindert die von außen auferlegten Veränderungen. Wenn das Kind beginnt, sich für die Veränderungen als solche zu interessieren, wie das von den tertiären Zirkulärreaktionen an der Fall ist, so wächst das Gleichgewicht noch mehr. Doch muß der Augenblick abgewartet werden, wo diese Veränderungen in ihren Einzelheiten antizipiert werden, was nicht nur das Denken, sondern auch die reversiblen Mechanismen der Operationen voraussetzt, damit jegliche Störung durch die Umwelt (in dem zunächst begrenzten Bereich der Klassen, Relationen, Zahlen und des Raums) durch eine Operation als eine mögliche Störung antizipiert wird und durch eine andere Operation vollständig kompensiert werden kann: Nur auf diesem Niveau gibt es ein permanentes Gleichgewicht zwischen Assimilation und Akkommodation, und zwar in dem Maße, wie die logisch-mathematischen Strukturen wegen ihrer besonderen Eigenschaften an jede Transformation akkommodiert werden, die in ihrem Bereich vorkommt.

5.82 Zusammenfassend sei gesagt: Wenn das Gleichgewicht auf dem Niveau der ersten Lernprozesse zunächst instabil bleibt, danach aber stabiler wird, ohne allerdings vor der Konstituierung logisch-mathematischer Strukturen Permanenz zu erreichen, so stellt die Äquilibration nichtsde-

stoweniger einen der für den Lernprozeß notwendigen Aspekte dar: Jede Akkommodation und jede Differenzierung, die per definitionem daraus resultiert, besteht in Kompensationsreaktionen, die die Störungen (in bezug auf die Ausgangsschemata) ausgleichen, die die Veränderungen der anfänglichen Schemata notwendig machen.

3.3.3. Hans Aebli: Automatismus und Operation¹⁶

Die Struktur der in der traditionellen Schule erworbenen Reaktionen

Das beschriebene grundlegende psychologische Phänomen ist die Verinnerlichung des Handelns, ein Begriff, der nicht nur den Ursprung der Operationen und Vorstellungsbilder verstehen läßt, sondern auch das Wesen der einzigen Form von Aktivität, die der traditionelle Unterricht fordert: die innerliche Ausführung der gedanklichen Operation.

Von Aktivität des Schülers kann noch kaum die Rede sein, wenn der traditionelle Unterricht neue Begriffe und Operationen einführt; sie wird jedoch sichtbar beim Üben, Auswendiglernen und beim Aufsagen von Operationen, Regeln, Gesetzen, Definitionen u. ä. Dann aber kann man oft folgendes beobachten: Obwohl die Schüler eine bestimmte Formel auswendig gelernt oder das Lösungsverfahren bei einer bestimmten Art von Aufgaben (z. B. Flächenberechnung, Addition von Brüchen, schriftliche Division) bereits automatisiert haben, begreifen sie nicht mehr, was sie sagen oder tun. Sie sagen eine sprachliche Formel mechanisch her oder wenden ein stereotyp gewordenes Verfahren automatisch an. Dazu wollen wir uns merken, daß ein Mangel an Verständnis immer und notwendig die Stereotypie der Reaktion zur Folge hat. Wenn der Schüler nicht begreift, wenn ihm die wirkliche Bedeutung entgeht, so muß er sich starre Automatismen erwerben, die durch ihren rein äußerlichen, immer gleichen Mechanismus den Ablauf der gewünschten Reaktionen sichern.

Häufig beobachtet man auch, daß viele Schüler die Automatismen nur auf genau dieselben Situationen anwenden können, in denen sie erworben wurden. Das sind Beobachtungen, die jeder machen kann, der die Ergebnisse der traditionellen Methoden ein wenig genauer prüft, auch ohne sich dabei auf psychologische Begriffe stützen zu müssen. Für uns aber stellt sich nun die Aufgabe, diese Tatsachen im Lichte einer Gesamtpsychologie zu überprüfen und zu suchen, ob sie nicht engere Beziehungen zueinander haben, als es zunächst scheint.

¹⁶ Mit Genehmigung des Autors aus Hans Aebli: Psychologische Didaktik. Stuttgart, Klett, 1963.

Bevor ich mit dieser Analyse beginne, möchte ich auf das Besondere der Aufgabe hinweisen. Es handelt sich nicht darum, die natürlichen Ergebnisse der psychologischen Entwicklung des Kindes zu analysieren. Diese wird von der Entwicklungspsychologie untersucht. Die Reaktionen der Schüler, die wir zu prüfen haben, sind hingegen sonderbare Mischungen aus tatsächlichen Erwerbungen und primitiven Mechanismen, die den Mangel an Verständnis für die Operationen künstlich ersetzen.

Kommen wir nun zurück auf die erste Wirkung, die der traditionelle Unterricht haben kann: Mangel an Verständnis bei auswendig gelernten Formeln und mechanisierten Lösungsverfahren. Ein Schüler kann z. B. die Regel zur Berechnung der Trapezfläche richtig hersagen, ohne ihren Sinn erfaßt zu haben: „Um die Fläche eines Trapezes zu berechnen, multipliziert man seine Mittellinie mit der Höhe.“

Wie kommt es zum Hersagen eines solchen nicht begriffenen Satzes, und was bedeutet es, daß er nicht begriffen worden ist? Ich gehe bei meiner Analyse von dem Grenzfall aus, daß der Schüler mit den Worten, die er hersagt, keinerlei Bedeutung verbindet. Die verbale Wiedergabe der Regel ist in diesem Fall ein rein sensu-motorisches Phänomen, das nur die Motorik der Sprechorgane und die auditive Wahrnehmung beansprucht. Während des Hersagens weckt jedes Wort das folgende, wie z. B. beim Künstler, der auswendig ein Musikstück spielt, die Wahrnehmung jeder Note die Bewegung auslöst, welche die folgende hervorruft. Ohne hier schon genauer zu definieren, halte ich fest, daß eine solche Reaktion mit stereotypem Ablauf in der Psychologie ein *Automatismus* genannt wird. Fehlt das Verständnis für die Bedeutung, so stellt das Aufsagen eines Satzes wie der angeführten geometrischen Regel also einen einfachen sensu-motorischen Automatismus dar. Aber worin besteht denn die Bedeutung der Aussage? In verinnerlichten räumlichen und numerischen Operationen, wie ich sie in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben habe. Für die Regel zur Berechnung der Trapezfläche wären dies folgende Operationen: Verwandlung des Trapezes in ein Rechteck, dessen Grundlinie der Mittellinie des Trapezes entspricht; Berechnung der Rechtecksfläche durch ihre Unterteilung in ein Netz von Einheitsquadraten usw. Die Regel verstehen bedeutet somit, diese räumlichen und zahlenmäßigen Operationen innerlich hervorrufen zu können. Die Wörter und ihre Verbindungen, die Sätze, stellen also *Zeichen*¹⁷ dar und die Operationen deren *Bedeutung*. Zeichen und Bedeutungen sind geistige Akte, jene sensu-motorisch,

¹⁷ Das Zeichen ist ein konventionell festgesetztes Symbol. Das „Symbol“ (im engeren Sinn des Wortes) gleicht dem Objekt, für das es steht. Das Wort ist also ein Zeichen, die Zeichnung ein Symbol.

diese rational und meist verinnerlicht; die Zuordnung der beiden zueinander ermöglicht dem Menschen, sich auszudrücken und den Gedankenausdruck eines anderen zu verstehen.

Ich bin von dem fiktiven Grenzfall ausgegangen, daß ein Schüler eine Regel hersagt, ohne sie im geringsten zu begreifen; dadurch war es mir möglich, Zeichen und Bedeutung zu unterscheiden. Nun kommt allerdings ein so völliger Mangel an Verständnis nie vor; jedoch ist folgende Erscheinung sehr häufig: Wie im angeführten Fall lernt der Schüler eine Regel auswendig, z. B. die, welche sich auf die Trapezfläche bezieht; die Abfolge der verbalen Zeichen ist also gesichert. Ohne daß nun das Verständnis für diese Zeichen gänzlich fehlt, umfaßt doch die Bedeutung, die ihnen das Subjekt beilegt, nicht die gesamte Operation, die in der Regel enthalten ist. Man könnte von bruchstückhaftem Verständnis sprechen, und dieses würde sich in unserem Beispiel folgendermaßen zeigen: Ohne genau begriffen zu haben, was eine Fläche ist, und ohne imstande zu sein, die Formel $f = m \cdot h$ aus den besonderen Eigenschaften des Trapezes und den für jede Flächenberechnung geltenden Grundsätzen abzuleiten, könnte der Schüler doch das richtige Ergebnis einer Aufgabe finden, in der ihm gesagt würde: 1. daß es sich um ein Trapez handle, 2. daß die verlangte Größe die Fläche sei (die Frage darf beispielsweise nicht einfach heißen „wieviel pflügbares Land?“), 3. daß die „Mittellinie“ und die „Höhe“ eine gegebene Länge hätten. Was sind in diesem Fall die Bedeutungsakte, die der Schüler mit der Regel verbindet, und inwiefern ist das Verständnis nur partiell? Der Schüler begreift zweifellos, was er tut, wenn er die arithmetischen Operationen des Multiplizierens und Dividierens ausführt, die zur Lösung der Aufgabe nötig sind. Überlegt er, so kann er wahrscheinlich auch erklären, daß die m^2 , durch die er das Ergebnis ausdrückt, Quadrate mit einem Meter Seitenlänge sind. Möglicherweise erschöpft sich damit die Bedeutung, die ein schwacher Schüler mit der auswendig gelernten Regel verbindet. Weshalb weiß er trotzdem, daß er die beiden parallelen Seiten addieren, ihre Summe durch zwei dividieren und das erhaltene Ergebnis mit der Höhe multiplizieren muß? Anders gesagt: Welcher innere Prozeß sichert die geordnete Reihenfolge aller Schritte zur Lösung der Aufgabe? Es ist der sensu-motorische Automatismus, der es dem Schüler ermöglicht, sich die Regel innerlich zu wiederholen oder sie laut aufzusagen. Indem er sie spricht, hört er sich sozusagen selbst zu und führt aus, was ihm der Wortreflex sagt. Da er aber nur einige Teilakte seiner Rechnung begreift, ohne die gesamte Operation begründen zu können, irrt er sich leicht und macht sinnlose Fehler. Der Schüler vergißt die Summe der parallelen Seiten durch zwei zu dividieren, er verwendet ein Mittel aus Grundlinie und Höhe und multipliziert es mit der Decklinie u. ä. Er ist für die Ge-

samtordnung der Lösung von der sensu-motorischen Gewohnheit des Hersagens abhängig, die sich natürlich auch unvollständig oder unrichtig abwickeln kann, ohne daß er sich dessen bewußt werden könnte. Beispiele für diese psychologische Erscheinung könnte man leicht in unbegrenzter Zahl angeben. Ist $(a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$ oder $a^2 - 2ab - b^2$? Das einfach innere Hersagen kann den Schüler, der auch gelernt hat, daß $(a - b)(a + b) = a^2 - b^2$ ist, in der Tat leicht irreführen.

Ein zweiter Typ mangelhafter Aneignung ist ebenso häufig wie der eben beschriebene. Es kommt oft vor, daß die Schule vom Schüler nicht das Auswendiglernen einer Regel, eines Gesetzes oder einer Formel — die in Worte gefaßt sind — verlangt, sondern daß sie ihn einen gewissen arithmetischen oder geometrischen Prozeß mechanisch lernen läßt. Wir denken z. B. an alle schriftlichen Operationen, an die Verfahren, Quadrat- oder Kubikwurzeln zu ziehen, Gleichungen zu lösen, zu addieren, Brüche zu dividieren u. ä. Auch hier beobachten wir oft ein nur teilweises Verständnis. Der Schüler kann die Gesamtheit der Operationen, die er mechanisch ausführt, nicht begründen. In diesem Falle ist es nicht mehr der sensu-motorische Automatismus des Hersagens, die den korrekten Ablauf des Lösungsverfahrens sichert. Aber es handelt sich um eine Gewohnheit, die dem sensu-motorischen Reflex recht nahe bleibt. In der Tat, wenn man sich vergegenwärtigt, wie man bei einer schriftlichen Operation die Ziffern untereinander setzt, Dezimalen „abschneidet“, Nullen „hinzufügt“, wie man bei der Lösung von Gleichungen Glieder umsetzt und neu anordnet, so findet man, daß es sich dabei um lauter praktische und automatisierte Tätigkeiten handelt. Was sie von gewöhnlichen praktischen Tätigkeiten unterscheidet, ist einzig, daß sie sich nicht auf konkrete Objekte beziehen, sondern auf Ziffern und Buchstaben, also auf Zeichen. Auch da kann der blinde Mechanismus das Verständnis der Gesamtoperation ersetzen, und alsdann können Störungen im Lösungsverlauf eintreten, die absurde Irrtümer möglich machen.

Versucht man jetzt, die eben beschriebenen psychologischen Erscheinungen zu überblicken, so könnte man sagen: Alle beobachteten Reaktionen stimmen darin überein, daß sie Automatismen der Handhabung von Symbolen schaffen. Für den ununterrichteten Beobachter können sie den Eindruck verstandener Verfahren erwecken, denn sie endigen oft in richtigen Ergebnissen. In Wirklichkeit aber enthalten diese Reaktionen nur „Verständnisinseln“, d. h. nur Teiloperationen sind wirklich verstanden, während die Gesamtstruktur nicht begriffen wurde.

2. Die „Automatismen der Handhabung von Symbolen“ und die Operation

Versuchen wir jetzt, die Automatismen der Handhabung von Symbolen zu kennzeichnen. Wir haben gesehen, daß diese Prozesse, falls sie nicht begriffen sind, nur unter künstlichen Bedingungen richtig ablaufen, Bedingungen, die niemals im wirklichen Leben, sondern nur bei Schulproblemen gegeben sind. In Arithmetik, Physik oder Geometrie muß z. B. die zu bestimmende Größe immer durch den gleichen Ausdruck bezeichnet werden. Um zu wissen, welche Operationen bei einer Aufgabe auszuführen sind, in der die Berechnung der Rechtecksfläche gefordert wird, muß der Schüler in der Aufgabenstellung den Ausdruck finden: „Wie groß ist die Fläche?“ Würde man ihm einfach die Aufgabe stellen, das pflügbare Land eines gegebenen Feldes zu bestimmen, so würde er vielleicht dessen Umfang berechnen. Der Schüler hat gewissermaßen ein *Signal* nötig, das ihm sagt, was er berechnen muß. Der Ablauf der Gewohnheit entspricht dem Ablauf eines *bedingten Reflexes*, der durch ein Signal ausgelöst wurde. Der Unterschied liegt einzig darin, daß bei der Aufgabe der Rechtecksberechnung das Signal das Wort oder ein verbaler Ausdruck ist und nicht irgendein Sinnessignal und daß die ausgelöste Reaktion eine Folge von Rechnungen ist, nicht eine Bewegung oder eine sekretorische Reaktion. Außerdem hängen die geistigen Gewohnheiten oft von gewissen, durchaus konventionellen Ausdrucksweisen ab. So kann ein Schüler fähig sein, den Bruch $\frac{25}{100}$ zu kürzen, ohne daß er deswegen 25% in $\frac{1}{4}$ umzuformen vermag. Seine Gewohnheit ist beschränkt auf die Division von Zähler und Nenner durch die gleiche Zahl, sie beruht nicht auf der Einsicht in das Wesen der Brüche und der Prozente.

Man kann also zusammenfassend sagen, daß die „Automatismen der Handhabung von Symbolen“ stereotype und starre Verhaltensweisen sind. Ihr richtiger Ablauf hängt von äußerlichen Umständen ab, so daß sie sich nur auf wenige schulische Situationen anwenden lassen.

In seinen entwicklungspsychologischen Untersuchungen hat Jean Piaget gefunden, daß das Kind im Laufe seiner Entwicklung Reaktionen erwirbt, die viel differenzierter sind als die Gewohnheiten; er hat sie „Operationen“ genannt. Welches sind ihre charakteristischen Züge? Um mit dem letzten Punkt zu beginnen, den ich beim Thema „Automatismus“ hervorgehoben habe: das Anwendungsfeld einer Operation ist viel weiter als das eines Automatismus. Die Operation hat kein *Signal* nötig, um ausgelöst zu werden, und sie ist nicht an einen festen symbolischen Ausdruck (verbal, algebraisch, numerisch) gebunden. Da sie sich aus Teiloperationen zusammensetzt, die stetig miteinander verbunden sind, und da sie, zusammen mit

anderen Operationen, zusammenhängende und bewegliche Gesamtsysteme bildet, so kann sie auf jede Größe angewandt werden, die das zuläßt. Wie muß man aber diese *Beweglichkeit der Operation* im Gegensatz zur *Stereotypie des Automatismus* definieren? Jean Piaget beantwortet diese Frage mit einer der grundlegenden Thesen seiner Psychologie: Wenn die Automatismen – und allgemein alle voroperatorischen Reaktionen – stereotyp sind und starr funktionieren, so hängt das damit zusammen, daß sie irreversibel (nicht umkehrbar) sind, während die Beweglichkeit der Operation vor allem in ihrer Reversibilität besteht. Jean Piaget vergleicht die automatisierte Gewohnheit mit der Intelligenz (welche die Gesamtheit aller Operationen ist, über die das Subjekt verfügt) folgendermaßen:

„Die Gewohnheit... ist irreversibel, weil immer in einer Richtung auf das gleiche Ergebnis ausgerichtet, während die Intelligenz reversibel ist. Eine Gewohnheit umkehren (Spiegelschrift schreiben oder von rechts nach links schreiben u. ä.) bedeutet eine neue Gewohnheit erwerben, während eine inverse (umgekehrte) Operation der Intelligenz psychologisch zu gleicher Zeit wie die direkte Operation begriffen wird und logisch die gleiche Umformung verlangt, nur im Gegensinn.“⁶⁷ Oder auch: „Die Intelligenz hingegen kann Hypothesen aufstellen und sie dann aufgeben, um zum Ausgangspunkt zurückzukehren, sie kann einen Weg vorwärts und rückwärts durchlaufen, ohne die verwendeten Begriffe abzuändern.“ (Piaget, 1947, S. 54)

Der Begriff der Reversibilität ermöglicht es daher, einen der grundlegenden Unterschiede zwischen den Automatismen und den Operationen zu definieren, zu deren Erwerb das Kind in der Schule geführt werden kann. Aber in der Entwicklungspsychologie hat der Begriff der Reversibilität eine viel tiefere Bedeutung. Er ermöglicht es, einen der fundamentalen Aspekte in der Entwicklung des kindlichen Denkens zu erfassen.

„Das kindliche Denken... ist um so weniger reversibel, je jünger das Kind ist und je näher es den perzeptiven, den motorischen oder den anschaulichen Verhaltensweisen der kleinkindlichen Intelligenz steht. Die Reversibilität kennzeichnet also... die Entwicklungsprozesse an sich.“ (Piaget, 1947, S. 54)

Zahlreiche Untersuchungen über die Entwicklung des Denkens in der Physik, Arithmetik und Geometrie haben diese These bekräftigt. In den Schlußfolgerungen des Buches: „Classes, relations et nombres“, wo Jean Piaget die logische Bedeutung der Reversibilität analysiert, faßt er kurz die Entwicklung der physikalischen Größenbegriffe zusammen, mit deren Hilfe das Kind die Invarianz (Unveränderlichkeit) der Substanz, des Gewichtes und des Volumens begreift.

„Für das Kleinkind... gibt es keine Invarianz, weil die Wahrnehmung jede Überlegung überschattet. So genügt es, eine Tonkugel zu deformieren, damit das Kind annimmt, daß deren Gewicht sich vermehre oder vermindere und die Stoffmenge selbst sich verändere. Schmilzt ein Stück Zucker, so ist das Kind überzeugt, daß Substanz und Gewicht verschwinden; bläht sich ein Maiskorn in der Hitze, so wachsen Substanz und Gewicht in den Augen des Kindes an... Zwischen sieben und elf Jahren ungefähr bildet das Kind... die ersten konstanten Mengenbegriffe der Substanz: Invarianz des Gewichts und sogar des Volumens (im Fall der Formveränderungen bei der Tonkugel). Mehr noch, es bejaht diese Konstanz unabhängig von jeder empirischen Überprüfung und glaubt daran wie an eine Wahrheit, die notwendig oder *a priori* besteht. Wie kommt das Kind dazu, sich von den wahrgenommenen Erscheinungsbildern so völlig zu lösen und rein verstandesmäßige Beziehungen herzustellen? Die einfache Identifizierung („Sie haben nichts weggenommen und nichts dazugetan“) erklärt den Vorgang nicht, denn sie könnte in jedem Alter herangezogen werden; sie nützt den Kleinen nichts... Die Überlegungen, welche das Kind anstellt, um die Invarianz der Mengen zu begründen, zeigen in der Tat, daß das Bewußtwerden der Reversibilität der Operationen eine wesentliche Rolle bei der Bildung dieser Begriffe spielt. ‚Man kann‘, sagt das Kind, ‚die ursprüngliche Form wiedergewinnen, mit den Teilen das Ganze wiederherstellen, jede Verformung durch eine umgekehrte Formänderung ausgleichen usw.‘“ (Piaget, 1942, S. 303 f.)

Jean Piaget hat ferner einen zweiten Zug der Operation deutlich gemacht, dessen Anwendung auf die Didaktik mir wichtig erscheint:

„Die Zusammensetzungen der Operationen sind ‚assoziativ‘ (im logischen Sinn des Wortes), d. h. daß das Denken immer die Freiheit hat, Umwege zu beschreiten, und daß ein auf zwei verschiedenen Wegen erzieltetes Ergebnis in beiden Fällen das gleiche bleibt. Das scheint auch ein Merkmal der Intelligenz zu sein, denn weder die Wahrnehmung noch die Motorik kennen Variationen der Lösungswege.“ (Piaget, 1947, S. 54)

Und nun ein konkretes Beispiel für die psychologische Bedeutung der Assoziativität der Operationen:

„Nehmen wir etwa an, daß ich eine Tonkugel C in die Stücke A, A' und B' aufgeteilt habe und nun zuerst A + A' zu einem Stück (B) vereinige, dann B' hinzufüge, oder daß ich A zur Seite lege, um A' + B' zu vereinigen. Auf dem operatorischen Niveau zweifelt kein Kind mehr, daß $(A' + A') + B' = A + (A' + B')$ ist, während vorher das Ergebnis für das Kind nicht notwendig identisch war.“ (Piaget/Inhelder, 1941, S. 330)

Gestattet die Gewohnheit in der Handhabung der Symbole solche Änderungen der Lösungswege bei gleichem Ziel? Sicherlich nicht; denn nach der Definition ist sie ein starrer Mechanismus, der keine assoziativen Variationen zuläßt. Kennt der Schüler aber verschiedene Verfahren, die zum gleichen Ergebnis führen, so weiß er oft nicht zu sagen, warum das möglich ist. Warum ist $25 \cdot 25$, berechnet nach der gewöhnlichen Form der Mul-

tiplikation ($20 \cdot 25 + 5 \cdot 25$), auch gleich $20^2 + 2 \cdot 20 \cdot 5 + 5^2$, ($a^2 + 2ab + b^2$, wobei $a = 20$ und $b = 5$)? Um das zu begreifen, genügt es nicht, die beiden Rechnungen mechanisch ausführen zu können, sondern man muß die Assoziativität der beiden Operationen begriffen haben. In der Geometrie muß man ebenso von den Schülern verlangen, daß sie fähig sind, eine Konstruktion (z. B. die eines Quadrats mit Zirkel und Lineal) nach verschiedenen Methoden auszuführen; andernfalls hat man keine Sicherheit dafür, daß das fragliche Verfahren nicht bloß als stereotyper Automatismus erworben worden ist.

Alle Unterschiede zwischen automatisierter Gewohnheit und Operation, die wir bisher aufzählten, haben ihren tiefsten Grund in folgender Tatsache: Während die Gewohnheiten verhältnismäßig isolierte Verhaltensweisen sind, bilden die Operationen Gesamtsysteme.

Auf der Ebene der numerischen Operationen ist diese Tatsache den Mathematikern wohl bekannt. Sie wissen, daß die arithmetischen Operationen „Gruppen“ bilden, welche die direkten, inversen und assoziativen Operationen zu Gesamtsystemen verbinden. Durch Zusammensetzung können einfache Operationen in komplexeren Strukturen kombiniert werden. Dank der Koordination der in Frage stehenden Beziehungen sind Urteile transitiven Charakters möglich ($x > y$, $y \geq z$, folglich $x \geq z$). Nun hat Jean Piaget zeigen können, daß diese mathematischen Gruppen nicht die einzigen Gesamtsysteme sind, die der menschliche Geist im Laufe seiner Entwicklung erarbeitet hat. Den mathematischen Gruppen entsprechen auf der qualitativen Ebene die „Gruppierungen“. Diese setzen sich z. B. aus Operationen der Klassifizierung und der Reihung zusammen. Nun sind die Strukturen dieser Gruppierungen denen der numerischen Gruppen sehr ähnlich. Sie haben im besonderen die Möglichkeiten der Zusammensetzung, Umkehrung und Assoziativität gemein. Was aber die Gruppen und Gruppierungen so bedeutend macht — und das ist die zweite Entdeckung Jean Piagets —, ist die Tatsache, daß diese operatorischen Systeme nicht außerpsychologische Wesenheiten sind, nach denen sich das Denken ausrichten müßte. Als Gesamtsysteme psychologischer Operationen sind die Gruppierungen und Gruppen Strukturen, die nicht nur dem Denken, sondern auch dem Handeln des Menschen innewohnen. So streben beim Kinde im Laufe seiner Entwicklung seine logischen Verhaltensweisen — sowohl die effektiven (Handlungen) als auch die verinnerlichten (Denken) — nicht allein zur Reversibilität und Assoziativität, wie wir eben gesehen haben, sondern auch zu einer Organisation in Gruppierungen und Gruppen (deren Gesetze übrigens die Möglichkeiten der Reversibilität und Assoziativität der sie begründenden Operationen enthalten). Auch wenn die fundamentalen Gruppierungen und Gruppen bereits er-

worben worden sind (nach den Untersuchungen der Entwicklungspsychologie trifft das etwa mit sieben Jahren zu), sind sie noch Quellen für immer weiterführende Differenzierungen und Verallgemeinerungen. Die Gruppierungen können die Rahmen für Untersuchungen (als „vorwegnehmende Entwürfe“) abgeben, die es dem Subjekt ermöglichen, die realen Dinge zu begreifen, und sie können Raum für neue Einsichten geben.

Im Gegensatz zu den gruppierten Operationen sind die Automatismen Verhaltensweisen, die voneinander verhältnismäßig isoliert sind. Zwar kann sich ihr Funktionieren in einem gewissen Ausmaß verfeinern, und eine oder mehrere Gewohnheiten können sich gegenseitig durch Assoziation verbinden, aber das ist ihre einzige Entwicklungsmöglichkeit. Die Operation hingegen, die immer einem Gesamtsystem zugehört, steht in rationalen Beziehungen zu allen anderen Operationen des Systems. Ein Beispiel aus der Schulpraxis klärt diesen Unterschied: Das Einmaleins kann als eine Sammlung von Automatismen oder als eine Gruppe von Operationen erworben werden. Im ersten Fall wird jede Zahlenkombination als stereotype Reaktion gelernt, bei der die visuelle oder auditive Wahrnehmung zweier Zahlen, etwa $8 \cdot 7$, das Aussprechen (effektiv oder innerlich) einer dritten Zahl, hier 56, hervorruft. Jede der verschiedenen Zahlenkombinationen ist demnach von jeder anderen isoliert. Will man jedoch, daß die Schüler das Einmaleins als System von Operationen begreifen, so wird man mit ihnen die vielfachen Beziehungen zwischen den verschiedenen Operationen studieren, zum Beispiel $6 \cdot 5 = (6 \cdot 10) : 2$; $7 \cdot 6 = (5 \cdot 6) + (2 \cdot 6)$ also $30 + 12$; $9 \cdot 8 = (10 \cdot 8) - (1 \cdot 8)$; $5 \cdot 5 = 25$; $5 \cdot 6 = 30$; $5 \cdot 7 = 35$, ... also $5 \cdot a = n$ und $5 \cdot (a + 1) = n + 5$ usw., und dies alles, ohne noch vom Zusammenhang der Multiplikation mit der wiederholten Addition zu sprechen und ohne die Multiplikation in Beziehung zu ihrer Umkehrung, der Division, zu setzen. So wird das Einmaleins für den Schüler zu einem System, in dem er ohne Schwierigkeiten eine Operation aus der anderen ableiten und auf verschiedenen Wegen zu ein und demselben Ergebnis kommen kann, kurz: sich einem freien, seiner Ergebnisse sicheren arithmetischen Handeln zu überlassen vermag — dank dem Zusammenhang des Ganzen und der Beweglichkeit der Teile.

Dieser Unterschied zwischen Automatismus und Operation macht gut verständlich, warum die intellektuellen Automatismen so oft in erstaunlich kurzer Zeit vergessen werden. Das mechanisch gelernte Einmaleins braucht regelmäßige Wiederholung, sonst kann der Schüler bald nicht mehr über es verfügen. Wer die Beziehung nicht begriffen hat, die zwischen dem praktischen Quadratwurzelziehen und der Formel $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ besteht, kann sich nach einigen Monaten nicht mehr an das Verfahren des Wurzelziehens erinnern. Wenn das Verfahren ein bloßer Automatismus

der Handhabung von Symbolen war, kann es durch Überlegung nicht wiederhergestellt werden. Eine Operation hingegen, die Teil eines Gesamtsystems ist, kann von diesem aus immer wieder gefunden werden. Hätte ich zum Beispiel vergessen, wie man eine Quadratwurzel zieht, so brauchte ich mich nur daran zu erinnern, daß die Aufgabe, die Quadratwurzel aus 169 zu ziehen, die Umkehrung davon ist, 13 ins Quadrat zu erheben $[(10 + 3)^2]$, und könnte dann leicht das vergessene Lösungsverfahren wiederfinden.

Allgemein kann man sagen, daß sich die Operationen viel stärker als die isolierten Gewohnheiten dem Vergessenwerden widersetzen; denn da sie in Gesamtsysteme eingereiht sind, stützen sich alle verwandten Operationen gegenseitig.

3.4. Genese und Struktur in der Psychologie der Intelligenz

In dem folgenden Aufsatz behandelt Piaget das Kernstück seiner Entwicklungspsychologie. Es gibt keine Struktur ohne Entwicklung, und es gibt keine Entwicklung ohne Struktur. Er setzt sich damit gleichermaßen von empiristischen Deutungen der Entwicklung wie von präformistischen Deutungen der Organisation des Organismus (z. B. Gestaltpsychologie) ab. Piaget skizziert die Sequenz der Strukturen, indem er von einer Struktur der formalen Intelligenz (Piaget und Inhelder, 1955) ausgeht und versucht, deren Wurzeln in Strukturen der konkreten Operationen aufzuzeigen. Er geht aus von der Gruppe der vier Transformationen INRC, zu der einige Worte der Erläuterung zu sagen sind.

Beginnen wir mit einem konkreten Beispiel: In einem Experiment zur Pendelfrequenz seien zwei Gewichte (ein schweres und ein leichtes) und zwei Pendelschnüre (eine lange und eine kurze) gegeben. Ein Pb hat die Aufgabe herauszufinden, welcher Faktor oder welche Kombination von Faktoren für ein rasches Pendelschwingen verantwortlich sind. Wir wählen folgende Bezeichnungen:

hohe Pendelfrequenz = x
 schweres Gewicht = p
 leichtes Gewicht = \bar{p}
 langes Pendel = q
 kurzes Pendel = \bar{q}

Gesucht ist also x . Wir haben nun folgende Möglichkeiten, die beiden Variablen Gewicht und Länge zu kombinieren. x wenn

$$\begin{aligned} & p \cdot q \\ & \bar{p} \cdot q \\ & p \cdot \bar{q} \\ & \bar{p} \cdot \bar{q}^{18} \end{aligned}$$

Diese verschiedenen Kombinationen können nun empirisch überprüft werden und sich als wahr oder falsch herausstellen. Folgende Möglichkeiten eines Experimentalergebnisses sind logisch denkbar, wobei mit W eine empirische Bestätigung und mit F eine empirische Widerlegung gemeint ist.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
x wenn	$p \cdot q$	W	W	W	W	F	W	W	F	F	W	W	F	F	F	F	F
	$\bar{p} \cdot q$	W	W	W	F	F	F	W	W	W	F	F	W	F	W	F	F
	$p \cdot \bar{q}$	W	W	F	F	F	W	F	W	F	W	F	W	W	F	W	F
	$\bar{p} \cdot \bar{q}$	W	F	F	F	F	W	W	W	W	F	W	F	W	F	F	W

Je nachdem, welche empirischen Ergebnisse eine Untersuchungsreihe bringt, wird das Ergebnis anders zu interpretieren sein, z. B. der Fall 2: Wir haben hohe Pendelfrequenz, wenn entweder ein schweres Gewicht oder eine lange Schnur oder beides vorliegt. Oder der Fall 4: Wir haben nur dann hohe Pendelfrequenz, wenn wir ein schweres Gewicht und eine lange Pendelschnur haben. Oder der Fall 10: Hohe Pendelfrequenz haben wir bei schwerem Gewicht, auf die Pendellänge kommt es nicht an. Man kann diese Tafel leicht interpretieren.

Die Gruppe der vier Transformationen INRC ist von dieser Wahrheitstafel aus zu erklären. Die vier Transformationen werden wie folgt definiert:

1. *Identität (I)*. Diese Transformation verändert nichts an einer Aussage. $I(p \cdot q) = p \cdot q$ oder $I(p \vee \bar{q}) = p \vee \bar{q}$.¹⁹
2. *Negation*. Diese Transformation verändert alles in der Aussage, d. h. jede Behauptung wird negiert, und jede Konjunktion (\cdot) wird zu einer Disjunktion (\vee) und umgekehrt: $N(p \vee q) = \bar{p} \cdot \bar{q}$ oder $N(p \cdot q) = \bar{p} \vee \bar{q}$.
3. *Reziproke Operation (R)*. Diese Transformation permutiert Behauptungen und Negierungen, läßt aber Konjunktionen und Disjunktionen unverändert: $R(p \vee q) = \bar{p} \vee \bar{q}$ oder $R(p \cdot q) = \bar{p} \cdot \bar{q}$.

¹⁸ Das Symbol \cdot ist als „und“ (logische Konjunktion) zu lesen.

¹⁹ Das Symbol \vee ist als „oder“ (logische Disjunktion) zu lesen.

4. Die korrelative Operation (C). Diese Transformation vertauscht Konjunktionen und Disjunktionen, läßt aber Behauptungen und Negierungen unverändert: $C(p \cdot q) = p \vee q$.

Wenn wir diese Definitionen anwenden, sehen wir, daß Piagets Behauptung (S. 110) stimmt. Demnach ergibt sich aus einer Kombination der Transformationen immer ein Ergebnis einer Transformation: $NR = C$, $NC = R$, $CR = N$ und $NCR = I$. Prüfen wir dies anhand unseres Beispiels mit der Pendelfrequenz. Am Anfang stehe unsere Behauptung x , wenn $p \cdot q$. Wenn diese Behauptung wahr ist, haben wir die Wahrheitstafel:

$p \cdot q$	W
$\bar{p} \cdot q$	F
$p \cdot \bar{q}$	F
$\bar{p} \cdot \bar{q}$	F

Die Negation dieser Behauptung heißt $N(p \cdot q) = \bar{p} \vee \bar{q}$. Diese Negation ist wahr, wenn entweder \bar{p} (ein leichtes Gewicht) oder \bar{q} (eine kurze Schnur) gegeben ist. Die Wahrheitstafel zu dieser Negation ist:

$p \cdot q$	F
$\bar{p} \cdot q$	W
$p \cdot \bar{q}$	W
$\bar{p} \cdot \bar{q}$	W

Wir haben also genau die umgekehrte Wahrheitstafel wie bei der identischen Operation.

Die reziproke Operation ist $R(p \cdot q) = \bar{p} \cdot \bar{q}$. Die zugehörige Wahrheitstafel lautet:

$p \cdot q$	F
$\bar{p} \cdot q$	F
$p \cdot \bar{q}$	F
$\bar{p} \cdot \bar{q}$	W

Und schließlich haben wir die korrelative Operation $C(p \cdot q) = p \vee q$:

$p \cdot q$	W
$\bar{p} \cdot q$	W
$p \cdot \bar{q}$	W
$\bar{p} \cdot \bar{q}$	F

Wir haben also mit dieser Vierergruppe einen Ausschnitt aus den oben aufgezeigten Möglichkeiten (2, 4, 8, 16). Wir sprechen von Gruppe, weil neben anderen Merkmalen die Transformationen derart sind, daß man mit jeder Kombination von Transformationen zu einem Resultat kommt, das auch eine einzelne Transformation (einschl. der Identitäts-, Transformation“) zu erreichen ist. Piaget legt auf diese Gruppe der vier Trans-

formationen deshalb so großen Wert, weil sie zwei Möglichkeiten der Reversibilität enthält: die Negation und die Reziprozität. Das Charakteristikum der Reversibilität ist für Piaget zentral, er ist der Ansicht, daß die Beweglichkeit der Intelligenz, die Beweglichkeit der Denkstrukturen durch Reversibilität der Operationen erreicht wird. In der Gruppe der vier Transformationen sind zwei Formen dieser Reversibilität vereinigt, was auf dem Niveau der konkreten Operationen noch nicht geleistet ist.

Die spezifischen Unterschiede zwischen diesen beiden Formen der Reversibilität sind in der logischen INRC-Gruppe, die sich mit Aussagen beschäftigt, weniger deutlich als in der physikalischen INRC-Gruppe, die Piaget in den Beispielen des folgenden Beitrags auch verwendet. Die physikalischen Systeme, deren Transformationen die INRC-Gruppenstruktur aufweisen, sind von folgender Art: Das System enthält zwei verschiedene Operationen p und q , die genau gleiche Effekte haben. So kann man in einem Hebelsystem (einer Waage z. B.) den gleichen Effekt auf zwei verschiedene Weisen erreichen: einmal durch Veränderung des Gewichts und zum zweiten durch Veränderung der Distanz zum Drehpunkt. Das System enthält neben p und q zwei andere Operationen p^+ und q^+ , die als Negationen von p und q anzusehen sind. Wir können die vier Transformationen in diesem System wie folgt definieren:

1. Identität (I): $I(p) = p$; $I(q^+) = q^+$.
2. Negation (N): $N(p) = p^+$ oder $N(q^+) = q$.
3. Reziproke Operation (R): $R(p) = q^+$ oder $R(q) = p^+$.
4. Korrelative Operation (C): C ist hier als Produkt der Negation und der reziproken Operation definiert. Also $C(p) = N[R(p)] = q$.

Diese physikalische INRC-Gruppe ist der logischen INRC-Gruppe äquivalent. Auch hier führt eine Kombination verschiedener Transformationen zu einem Ergebnis, das auch eine einzelne Transformation bewirken kann. Piaget gibt verschiedene Beispiele für diese Gruppenstruktur, u. a. folgendes: Eine Schnecke wird auf ein schmales Brett gesetzt, das seinerseits auf einem Tisch liegt. Die Schnecke kann sich von rechts nach links (p) und von links nach rechts (p^+) bewegen. Man kann aber auch das Brett von rechts nach links (q) und von links nach rechts (q^+) auf dem Tisch bewegen. Man kann nun eine Bewegung der Schnecke auf zweierlei Art erreichen und auf zweierlei Art rückgängig machen: Angenommen, die Schnecke führt die Bewegung p (von rechts nach links) aus. Ein gleiches Ergebnis kann man erzielen, wenn man das Brett, auf dem die Schnecke sitzt, von rechts nach links bewegt (q) (natürlich nur in bezug auf den Tisch). Die Bewegung p der Schnecke kann durch p^+ (also die Negation) oder durch q^+ (die reziproke Operation) ausgeglichen werden.

Nehmen wir noch ein zweites Beispiel: die Wippe. Zwei gleich schwere Kinder sitzen in gleicher Entfernung vom Drehpunkt der Wippe. Diese ist im Gleichgewicht. Wir lassen ein drittes Kind auf einer Seite zusteigen, wodurch das Gleichgewicht gestört wird. Wir können das Gleichgewicht wiederherstellen, indem wir das dritte Kind wieder absteigen lassen, oder indem wir den Hebelarm des ersten Kindes vergrößern.

Piaget sieht die Verhaltensmöglichkeiten durch Strukturen dieser Art, in denen verschiedene Operationen kombiniert werden können, in denen eine außerordentlich große Beweglichkeit in der Kombination der Transformationen gegeben ist, als einen gewissen Endpunkt der Intelligenzentwicklung an, der vorbereitet wird durch die weniger beweglichen konkreten Operationen und durch die voroperatorischen Systeme, bis hinunter zu den sensomotorischen Schemata.

3.4.1. Jean Piaget: Genese und Struktur in der Psychologie der Intelligenz²⁰

Beginnen wir damit, die Termini zu definieren, deren wir uns bedienen werden. Die Definition der Strukturen werde ich sehr weit fassen als ein System, das als Totalität Gesetze und Merkmale aufweist. Diese Gesetze der Totalität sind infolgedessen verschieden von den Gesetzen und Merkmalen der Elemente, auch der Elemente im System. Aber ich betone den Tatbestand, daß solche Systeme, die die Strukturen bilden, Teilsysteme des Organismus oder des Geistes sind. Der Begriff der Struktur ist in der Tat nicht identisch mit irgendeiner Totalität und läuft nicht auf die Aussage hinaus, daß alles zusammengehört (*tout tient à tout*), wie Bichat beispielsweise in seiner Theorie des Organismus gesagt hat. Es handelt sich vielmehr um ein Teilsystem, das aber als System Totalitätsgesetze aufweist, die von den Merkmalen der Elemente verschieden sind. Doch bleibt dieser Terminus ungenau, solange man die Gesetze der Totalität nicht präzisiert. In gewissen Sonderbereichen ist es relativ leicht, das zu tun, z. B. bei den mathematischen Strukturen, den Strukturen von Bourbaki. Sie wissen alle, daß sich die mathematischen Strukturen seit Bourbaki auf algebraische Strukturen, auf Ordnungsstrukturen und auf topologische Strukturen zurückführen lassen. Die algebraischen Strukturen sind z. B. die Gruppen-, Körper- und Ringstrukturen, also Begriffe, die durch ihre Totalitätsgesetze bestimmt sind. Die Ordnungsstrukturen sind die Ver-

band-, die Teilverbandstrukturen usw. Wenn man aber die weitgefaßte Definition beibehält, die ich für den Strukturbegriff vorgeschlagen habe, so kann man hierunter ebenfalls solche Strukturen subsumieren, deren Merkmale und Gesetze etwas weniger präzise definiert sind und von denen man daher nur hoffen kann, daß sie in Zukunft einmal auf mathematische und physikalische Strukturen zurückführbar sein werden. Ich denke dabei an den Begriff der Gestalt, den wir in der Psychologie benötigen und den ich als ein System nicht additiver Komposition und als ein irreversibles System definieren würde, im Gegensatz zu jenen logisch-mathematischen Strukturen, an die ich eben erinnert habe und die im Gegensatz hierzu völlig reversibel sind. Doch man hofft auch beim Begriff der Gestalt, so vage er auch sein mag, auf die Möglichkeit einer mathematischen oder physikalischen Formulierung.

Ich möchte vermeiden, daß man mir bei der Definition der Genese einen *Circulus vitiosus* vorwirft, und daher werde ich nicht einfach sagen, es handle sich um einen Übergang von einer Struktur zu einer anderen, sondern ich werde vielmehr sagen, daß die Genese eine ganz bestimmte Form der Transformation ist, die von einem Zustand A ausgeht und in einem Zustand B endet, wobei der Zustand B stabiler ist als der Zustand A. Wenn man im psychologischen Bereich von Genese spricht — und zweifellos auch in anderen Bereichen —, muß man zunächst jede Definition vermeiden, die einen absoluten Beginn annimmt. Wir kennen in der Psychologie keinen absoluten Beginn, und die Genese vollzieht sich von einem Ausgangszustand aus, der möglicherweise selbst eine Struktur enthält. Sie ist daher eine einfache Entwicklung. Jedoch handelt es sich dabei nicht um irgendeine Entwicklung, um eine einfache Transformation. Wir sagen: Die Genese ist ein relativ determiniertes System von Transformationen, das eine Geschichte hat und also in kontinuierlicher Weise von einem Zustand A zu einem Zustand B führt, der beständiger ist als der Ausgangszustand, der aber dessen Fortsetzung darstellt. Beispiel: Die Ontogenese in der Biologie endet in einem relativ beständigen Zustand, nämlich in dem der Reife.

Geschichtliches: Nachdem unsere beiden Termini definiert sind, wird man mir erlauben, ganz kurz zwei Sätze zur Geschichte zu sagen, denn diese Studie, die im wesentlichen eine Diskussion einführen soll, ist weit davon entfernt, die Gesamtheit der Probleme, die die Psychologie der Intelligenz stellen kann, erschöpfend zu behandeln. Einige Worte sind aber notwendig, denn es muß unterstrichen werden, daß, entgegen dem, was Lucien Goldmann im Bereich der Soziologie profoundly nachgewiesen hat, die Psychologie nicht von Ausgangssystemen ausgegangen ist, wie den Systemen von Hegel und Marx, sie ist nicht ausgegangen von Systemen, die unmit-

²⁰ Mit Genehmigung des Verlages aus Jean Piaget: *Structure et genèse en psychologie de l'intelligence*. In: Goldmann, Lucien und Gandillac, Maurice: *Structure et genèse*. Mouton & Co. n. v., Paris, 1963.

telbar eine Verbindung zwischen dem strukturellen Aspekt und dem genetischen Aspekt der Phänomene erkennen ließen. In der Biologie wie in der Psychologie, wo die Dialektik erst sehr spät Eingang fand, können die ersten genetischen Theorien, die Theorien zur Entwicklung nämlich, als Theorien der Genese ohne Strukturen qualifiziert werden. Das ist z. B. der Fall in der Biologie Lamarcks. Für Lamarck ist der Organismus in der Tat unbegrenzt plastisch, er wird durch Umwelteinflüsse ständig verändert; es existieren keine unveränderlichen inneren Strukturen, selbst keine inneren Strukturen, die den Milieueinflüssen Widerstand leisteten oder effektiv mit diesen interagierten.

In der Psychologie findet man anfangs, wenn nicht einen Lamarckschen Einfluß, so doch wenigstens eine Geisteshaltung, die dem Evolutionismus in dieser seiner ersten Form völlig analog ist. Ich denke dabei z. B. an den Assoziationismus von Spencer, Taine und Ribot usw. Es ist immer die gleiche Konzeption, aber auf das geistige Leben angewandt: die Konzeption eines plastischen Organismus, der durch Lernen ständig modifiziert wird, durch Lernen, durch äußere Einflüsse, durch Übung und „Erfahrung“ im empiristischen Sinn des Wortes. Man findet übrigens diesen Einfluß heute noch in den amerikanischen Lerntheorien, nach denen der Organismus unausgesetzt durch die Einflüsse der Umwelt modifiziert wird, mit der einzigen Ausnahme gewisser angeborener, aber begrenzter Strukturen, die auf instinktiven Tendenzen fußen: Alles andere ist reine Plastizität ohne echten Strukturalismus. Nach dieser ersten Phase verlief die Entwicklung in umgekehrter Richtung, diesmal zu einem Strukturalismus ohne Genese. In der Biologie hat die Bewegung mit Weißmann begonnen und hat sich mit seinen geistigen Erben fortgesetzt. In einem spezifischen Sinn kommt Weißmann auf eine Art Präformation zurück. Die Evolution ist nur eine scheinbare und das Resultat einer Menge von Genen, aber alles ist von innen her durch gewisse nicht veränderbare Strukturen determiniert. In der Philosophie führt die Phänomenologie von Husserl, die als Antipsychologismus dargestellt wird, zu einer Anschauung der Strukturen oder Substanzen, ohne jede Genese. Ich erinnere hier an Husserl, weil er einen Einfluß auf die Geschichte der Psychologie ausgeübt hat: Er hat zum Teil die Gestalttheorie inspiriert. Diese Theorie ist der Typ eines Strukturalismus ohne Genese, als wären die Strukturen permanent und unabhängig von Entwicklung. Ich weiß wohl, daß die Gestalttheorie Konzeptionen und Interpretationen der Entwicklung geliefert hat, z. B. in dem schönen Buch von Koffka über das geistige Wachstum. Für ihn ist jedoch die Entwicklung ganz durch die Reifung determiniert, d. h. durch eine Präformation, die selbst den Gesetzen der Gestalt gehorcht. Die Genese bleibt zweitrangig und die grundlegende Perspektive präformistisch.

Nachdem ich die beiden Tendenzen in Erinnerung gerufen habe — Genese ohne Struktur, Struktur ohne Genese —, erwarten Sie, daß ich Ihnen die notwendige Synthese vorstelle: Genese und Struktur. Ich gelangte zu diesem Schluß nicht aus Liebe zur Symmetrie nach einer bewährten Tradition wie in einer philosophischen Dissertation. Sie ist mir durch die Gesamtheit der Tatbestände aufgedrängt worden, die ich seit 40 Jahren beim Studium der Psychologie des Kindes gesammelt habe. Ich lege Wert darauf zu betonen, daß diese langwierige Untersuchung ohne irgendeine vorgefaßte Hypothese über die Beziehungen zwischen Genese und Struktur geführt worden ist. Während langer Zeit habe ich über ein solches Problem explizite nicht einmal nachgedacht, erst später, im Jahre 1949, habe ich mich anläßlich einer Aufforderung der Französischen Gesellschaft der Philosophie mit diesem Problem beschäftigt, als ich Gelegenheit hatte, die Resultate des Kalküls der symbolischen Logik über die Gruppe der vier Transformationen, angewandt auf die Aussagenlogik, darzulegen, worauf wir gleich noch zu sprechen kommen. Nach diesem Exposé hat Emile Bréhier mit gewohntem Scharfsinn interveniert, um zum Ausdruck zu bringen, daß er bereit sei, eine genetische Psychologie in dieser Form zu akzeptieren, weil die Genese, von der ich gesprochen hatte, stets auf Strukturen gestützt sei, und weil die Genese infolgedessen der Struktur untergeordnet sei. Darauf habe ich geantwortet, daß ich einverstanden sei, doch unter der Bedingung, daß die umgekehrte Version zu gelten habe, denn jede Struktur habe selbst eine Genese gemäß einer dialektischen Beziehung, ohne absoluten Primat des einen Begriffs über den anderen.

Jede Genese geht von einer Struktur aus und endet in einer Struktur

Ich komme nun zu meinen Thesen. Erste These: Jede Genese geht von einer Struktur aus und endet in einer anderen Struktur. Die Zustände A und B, von denen ich soeben in meinen Definitionen gesprochen habe, sind doch stets Strukturen. Nehmen Sie als Beispiel die Gruppe der vier Transformationen, die ein sehr bedeutsames Modell einer Struktur im Bereich der Intelligenz liefert und deren Bildung man bei den Kindern zwischen zwölf und fünfzehn Jahren verfolgen kann. Vor dem 12. Lebensjahr ignoriert das Kind jegliche Aussagenlogik; es kennt nur einige elementare Formen der Klassenlogik mit der Inversion als Form der Reversibilität (Negation) und elementare Formen der Logik der Relationen mit der Reziprozität als Form der Reversibilität. Vom 12. Lebensjahr an (und endend mit der Stufe des Gleichgewichts zum Zeitpunkt der Adoleszenz, im Alter von vierzehn oder fünfzehn Jahren) sieht man, wie sich eine neue Struktur

konstituiert, die die Inversionen und die Reziprozitäten in einem einzigen System vereinigt, dessen Einfluß in allen Bereichen der formalen Intelligenz dieses Niveaus deutlich ist, die Struktur einer Gruppe, die vier Typen von Transformationen aufweist:

Die identische Transformation I
die inverse Transformation N
die reziproke Transformation R
die korrelative Transformation C

Piaget²¹ geht aus von der Implikation $p \cdot p$, deren Inversion $\bar{p} \vee \bar{q}$ ist, deren Reziprok $\bar{p} \cdot \bar{q}$ ist. Die korrelative Operation ist $p \vee q$, weil die korrelative Operation durch die Permutation der Konjunktionen und Disjunktionen definiert ist (s. S. 104).

Wir haben es also mit einer Gruppe von Transformationen zu tun, weil die Voraussetzung gegeben ist, daß durch Zusammenstellung von je zwei der Transformationen N, R oder C sich die dritte ergibt und daß die drei gleichzeitig zur identischen Transformation zurückführen. Daraus ergibt sich $NR = C$, $NC = R$, $CR = N$ und $NCR = I$.

Diese Struktur ist für die Psychologie der Intelligenz von großem Interesse. Sie erklärt ein Phänomen, das ohne sie unerklärlich wäre, nämlich das Auftauchen einer Reihe operatorischer Schemata zwischen dem zwölften und fünfzehnten Lebensjahr, bei denen man nicht unmittelbar versteht, woher sie stammen, und die andererseits zur gleichen Zeit auftreten, ohne daß auf den ersten Blick die Verwandtschaft unter ihnen zu erkennen wäre. Zum Beispiel der Begriff der Proportionen in der Mathematik, der erst im Alter von elf bis zwölf Jahren gelehrt werden kann. (Wenn er einem früheren Verständnis angemessen wäre, würde man ihn sicher auch früher auf den Lehrplan setzen.) Zweitens die Möglichkeit, zwei Bezugssysteme gleichzeitig zu beachten: Der Fall einer Schnecke, die auf einem Brettchen vorankriecht, das seinerseits in die entgegengesetzte Richtung geschoben werden kann, oder das Verständnis für das System des physikalischen Gleichgewichtes (Aktion und Reaktion). Diese Struktur, die nur als Beispiel dient, kommt nicht von ungefähr, sie hat eine Genese. Dieser Genese nachzugehen, ist sicher interessant. Man erkennt in dieser Struktur zwei verschiedene Formen der Reversibilität, und beide sind bemerkenswert; einerseits die Inversion, also die Negation, und andererseits die Re-

²¹ Wir referieren diesen Abschnitt, statt ihn in Piagets Formulierung zu übernehmen, weil Piaget eine für den Laien etwas schwierigere Formulierung verwendet, die auch von der Formulierung abweicht, die wir in der Einführung zu diesem Kapitel gewählt haben.

ziprozität, was etwas ganz anderes ist. In einem doppelten Bezugssystem z. B. bezeichnet die inverse Operation die Rückkehr der Schnecke zum Ausgangspunkt auf dem Brettchen, während die reziproke Operation die Bewegung der Schnecke durch eine Verschiebung des Brettchens kompensiert. Doch die Reversibilität durch Inversion und die Reversibilität durch Reziprozität sind in einem einzigen Gesamtsystem vereint, während diese beiden Formen für ein Kind unter zwölf Jahren wohl existieren, jede aber für sich allein. Ein Kind von sieben Jahren ist logischer Operationen fähig, es kann Operationen ausführen, die ich konkrete nenne, da sie sich auf die Objekte und nicht auf die Aussagen beziehen. Diese konkreten Operationen sind Operationen der Klassen und der Relationen, die aber weder die ganze Logik der Klassen noch die ganze Logik der Relationen ausschöpfen. Bei ihrer Analyse werden Sie entdecken, daß die Operationen mit Klassen die Reversibilität durch Inversion voraussetzen, plus a minus a = 0, und daß die Operationen mit Relationen die Reversibilität durch Reziprozität voraussetzen. Zwei parallele Systeme, die aber bis dahin ohne Beziehung zueinander sind, während sie mit der Gruppe INRC schließlich in ein Ganzes fusionieren.

Diese mit etwa zwölf Jahren auftretende Struktur ist also durch elementare Strukturen vorbereitet, die nicht die gleichen Merkmale der Gesamtstruktur, jedoch Teilmerkmale haben, die sich danach in einer Endstruktur zusammenfügen. Diese Gruppierungen von Klassen und Relationen, deren Gebrauch durch das Kind man zwischen dem 7. und dem 12. Lebensjahr beobachten kann, sind selbst durch Strukturen vorbereitet, die noch elementarer, nicht aber schon logisch, sondern vorlogisch sind, und die die Form gegliederter Anschauungen, repräsentativer Regulierungen haben, die nur eine Halb-Reversibilität aufweisen. Die Genese dieser Strukturen führt auf das Niveau der Sensomotorik zurück, das der Sprache vorausgeht und wo man bereits eine ganze Strukturierung in Form der Konstruktion des Raumes, der Gruppe von Ortsveränderungen, des permanenten Objektes vorfindet (Strukturierungen, die man als Ausgangspunkt jeder späteren Logik ansehen kann). Anders ausgedrückt: Jedesmal, wenn man es in der Psychologie der Intelligenz mit einer Struktur zu tun hat, kann man ihrer Genese von anderen elementarerer Strukturen aus nachspüren, die selbst nicht den absoluten Beginn konstituieren, sondern von einer früheren Genese noch elementarerer Strukturen ausgehen und so fort bis ins Endlose.

Ich sage: Bis ins Endlose. Aber der Psychologe wird bei der Geburt haltmachen, beim Sensomotorischen, aber auf diesem Niveau, wohlverstanden, stellt sich das ganze Problem wiederum, und zwar für die Biologie. Denn die Nervenstrukturen haben selbst ihre Genese, und so fort.

Jede Struktur hat eine Genese

Zweite These: Ich sagte bisher, daß jede Genese von einer Struktur ausgehe und in einer anderen Struktur ende. Nun umgekehrt: Jede Struktur hat eine Genese. Nach dem, was ich bis jetzt gesagt habe, werden Sie ohne weiteres einsehen, daß diese Umkehrung sich aufdrängt, sobald man die Analyse solcher Strukturen vornimmt. Das klarste aller Resultate unserer Untersuchungen in der Psychologie der Intelligenz ist, daß selbst die wichtigsten geistigen Strukturen des Erwachsenen, etwa die logisch-mathematischen Strukturen, dem Kinde nicht angeboren sind; sie bauen sich nach und nach auf. Strukturen, die so fundamental sind wie die der Transitivität zum Beispiel oder die der Inklusion (implizierend, daß jede Oberklasse mehr Elemente enthält als eine ihrer Unterklassen) oder die Kommutativität der elementaren Additionen usw. Alle diese logischen Wahrheiten, die für uns absolut notwendig erscheinende Gewißheiten sind, bilden sich beim Kind erst nach und nach. Das ist selbst der Fall bei den Eins-zu-eins-Entsprechungen und den reziproken Entsprechungen bei der Konstanz der Mengen, wenn man die räumliche Anordnung der Elemente usw. verändert. Es gibt keine angeborenen Strukturen, jede Struktur setzt eine Konstruktion voraus. Jede dieser Konstruktionen geht in kleinen Schritten auf frühere Strukturen zurück und verweist uns schließlich, wie ich soeben bereits gesagt habe, auf biologische Strukturen.

Kurz: Genese und Struktur sind unzertrennlich. Sie sind es zeitlich gesehen, d. h. wenn man am Anfang eine Struktur und auch am Ende eine andere komplexere Struktur hat, so liegt zwischen den beiden notwendigerweise ein Konstruktionsprozeß, dieser Prozeß ist die Genese. Man hat also niemals die eine ohne die andere, man erreicht aber auch nicht beide zu gleicher Zeit, denn die Genese ist der Übergang von einem früheren Zustand zu einem späteren. Wie aber sollte man diese Beziehung zwischen Struktur und Genese genauer begreifen? An dieser Stelle werde ich die Hypothese vom Gleichgewicht wieder aufgreifen ...

Das Gleichgewicht

Zunächst, was nennen wir im Bereich der Psychologie Gleichgewicht? Man muß sich in der Psychologie vor Wörtern hüten, die aus anderen, viel exakteren Disziplinen entlehnt sind und die die Illusion von Genauigkeit geben könnten, wenn man die Begriffe nicht sorgfältig definiert, um zu verhindern, daß man zuviel sagt und daß man nicht Dinge sagt, die sich nicht verifizieren lassen.

Um den Begriff des Gleichgewichts zu definieren, stütze ich mich auf drei

Merkmale. Erstens ist das Gleichgewicht durch seine Stabilität gekennzeichnet. Doch merken wir uns gleich, daß Gleichgewicht nicht Unbeweglichkeit bedeutet. Wie Sie wohl wissen, gibt es in der Chemie und auch in der Physik mobile Gleichgewichte, die durch Transformationen in konträrer Richtung gekennzeichnet sind und die sich trotzdem stabil kompensieren. Die Begriffe Mobilität und Stabilität sind also nicht kontradiktorisch, und demnach kann das Gleichgewicht mobil und stabil sein. Im Bereich der Intelligenz bedürfen wir dieses Begriffes des mobilen Gleichgewichtes sehr. Ein operatorisches System wird z. B. ein Aktionssystem sein, eine Reihe von Operationen, die im wesentlichen mobil sind, die aber stabil sein können, und zwar in dem Sinne, daß sich die Struktur, die diese Operationen bestimmt, nicht mehr verändert, wenn sie einmal gebildet ist.

Zweites Merkmal: Jedes System kann äußere Störungen erfahren, die dazu neigen, es zu modifizieren. Wir sagen, es ist Gleichgewicht vorhanden, wenn diese äußeren Störungen durch Aktionen des Subjektes kompensiert werden, Aktionen, die auf Kompensation hin orientiert sind. Der Gedanke der Kompensation scheint mir fundamental und der allgemeinste zu sein, wenn man das psychologische Gleichgewicht definiert.

Und schließlich der dritte Punkt, auf den ich besonderen Wert legen möchte: Das so definierte Gleichgewicht ist nichts Passives, im Gegenteil, es ist wesentlich aktiv. Die Aktivität muß um so größer sein, je größer das Gleichgewicht ist. Es ist sehr schwierig, in geistiger Hinsicht ein Gleichgewicht zu bewahren. Das moralische Gleichgewicht eines Menschen setzt Charakterstärke voraus, wenn er den Störungen widerstehen will, wenn er die Werte bewahren will, an denen man festhält usw. Gleichgewicht ist gleichbedeutend mit Aktivität. Im Bereich der Intelligenz ist es genauso. Eine Struktur wird in dem Maße im Gleichgewicht sein, in dem ein Mensch hinreichend aktiv ist, um allen Störungen durch äußere Kompensationen entgegenzuwirken. Diese Kompensationen werden schließlich durch das Denken antizipiert. Dank des Zusammenspiels der Operationen kann man gleichzeitig die möglichen Störungen vorwegnehmen und sie dank der inversen und der reziproken Operationen kompensieren. Der so definierte Begriff des Gleichgewichts scheint für die Synthese zwischen Genese und Struktur von besonderem Wert zu sein, insofern nämlich, als der Begriff des Gleichgewichts den der Kompensation und den der Aktivität umfaßt. Wenn wir jedoch eine Intelligenzstruktur betrachten (eine Struktur der reinen Logik, der Klasse, der Klassifizierung, der Relationen usw. oder eine Operation der Aussagenlogik), irgendeine logisch-mathematische Struktur, so finden wir darin zuerst die Aktivität, denn es handelt sich ja um Operationen, vor allem aber finden wir das fundamentale Merkmal

der logisch-mathematischen Strukturen, nämlich das der Reversibilität. Eine logische Transformation kann tatsächlich immer durch eine Transformation in konträrer Richtung, und zwar durch eine inverse oder reziproke Transformation kompensiert werden. Doch sieht man sofort, daß diese Reversibilität dem sehr benachbart ist, was ich soeben im Bereich des Gleichgewichts Kompensation genannt habe. Es handelt sich jedoch dabei um zwei verschiedene Realitäten. Wenn wir es mit einer psychologischen Analyse zu tun haben, geht es immer darum, zwei verschiedene Systeme in Übereinstimmung zu bringen, das des Bewußtseins und das des Verhaltens oder der Psycho-physiologie. Auf der Ebene des Bewußtseins haben wir es mit Implikationen zu tun, auf der Ebene des Verhaltens oder der Psycho-physiologie geht es um kausale Zusammenhänge. Ich würde sagen, daß die Reversibilität der Operationen, der logisch-mathematischen Strukturen, das Wesen der Strukturen auf der Ebene der Implikationen konstituieren, daß wir aber, um zu begreifen, wie die Genese zu diesen Strukturen führt, auf die kausale Sprache zurückgreifen müssen. So kommt es, daß der Begriff des Gleichgewichts in dem Sinne erscheint, wie ich ihn definiert habe, nämlich als ein System fortschreitender Kompensation. Wenn diese Kompensationen erreicht sind, d. h. wenn das Gleichgewicht hergestellt ist, dann ist die Struktur auch in ihrer Reversibilität konstituiert.

3.5. Logik und Gleichgewicht

Entwicklung ist auf Gleichgewicht hingerichtet. Was heißt in der Entwicklungspsychologie Gleichgewicht, durch welche Merkmale ist es definiert, wie sind die Beziehungen zwischen einem psychologischen und einem physikalischen oder biologischen Gleichgewichtsbegriff? Piaget versucht diese Fragen in dem folgenden Beitrag zu beantworten, der auch die einzige detaillierte Schilderung eines Äquilibrationsprozesses, und zwar aus dem Bereich der Entwicklung der Konstanzbegriffe enthält. Für eine Lernpsychologie Piagets ist dieser Beitrag insofern von Bedeutung, als aus der Analyse des kognitiven Gleichgewichts und der Etappen der Äquilibration Anregungen für eine Förderung der Entwicklung durch Lernanordnungen gewonnen werden können.

3.5.1. Jean Piaget: Problemstellung und Bedeutung des Begriffs Gleichgewicht²²

Zunächst wollen wir daran erinnern, daß man in allen Bereichen der Psychologie und nicht nur in dem der Wahrnehmung (Gestalttheorie) oder der Intelligenz auf den Begriff des Gleichgewichtes zurückgegriffen hat. Claparède z. B. unterstellte, daß jede Verhaltensweise durch ein Bedürfnis ausgelöst wird und auch dessen Befriedigung bringt, und setzt damit das Bedürfnis mit einem Ungleichgewicht und die Befriedigung mit der Wiederherstellung des Gleichgewichtes gleich (was bei körperlichen Bedürfnissen wie Hunger und Durst ganz offensichtlich ist), wobei das Verhalten darin besteht, ständig die Wirkungen des Ungleichgewichtes (von außen oder von innen) zu erleiden und eine ständige Wiederherstellung des Gleichgewichtes anzustreben; die Möglichkeit der Antizipation, antizipierter Korrekturen usw. kommen hinzu. P. Janet, K. Lewin und selbst Freud haben diesen Begriff des Gleichgewichtes in ihrer Psychologie des Gefühlslebens verwendet. Und erst kürzlich hat T. Parsons in einer Studie über Interaktionen in der Familie vom Gesichtspunkt seiner allgemeinen Handlungstheorie aus Begriffe des Gleichgewichtes gebraucht und widmet einen Anhang zu seinem Werk einer Formalisierung dieser Begriffe, die von M. Zelditch jun. stammt (Parsons and Bales, 1955).

Es wäre also vielleicht ratsam, zwei Arten von Gleichgewichtsprozessen zu unterscheiden, je nachdem, ob sie sich auf die Gefühls- oder auf die kognitiven Funktionen beziehen. Im Hinblick darauf könnte man sich auf die klassischen Kriterien der Ökonomie der Verhaltensweisen und ihrer Strukturen (P. Janet), auf die Dynamik des Feldes und seiner Struktur (K. Lewin) usw. berufen oder, noch allgemeiner, auf die Kriterien der Wertung und des Urteils. Doch so, wie wir versuchen, die elementaren logischen Strukturen durch das Gleichgewicht des Verhaltens zu erklären und nicht umgekehrt, können wir nicht vorweg die affektiven und kognitiven Aspekte des Verhaltens voneinander trennen, denn die Lösung eines Problems, so abstrakt es auch sein mag, setzt Interessen, Bedürfnisse und Befriedigungen usw., also affektive Faktoren, voraus. Auch in der Spieltheorie erinnert man an Kosten und Gewinne der Strategien, was selbst, wenn es sich um Informationsgewinne handelt, einen ökonomischen Faktor darstellt, der sich nach klassischer Auffassung auf den affektiven

²² Mit Genehmigung des Verlages aus Jean Piaget: Logique et équilibre. In: L. Apostel, B. Mandelbrot und J. Piaget: Logique et équilibre. Etudes d'épistémologie génétique. II. Paris, P. U. F., 1957.

Aspekt des Verhaltens bezieht (wegen der affektiven Seite zieht man die geringere Anstrengung einer aufwendigeren Lösung vor, selbst wenn es um Mathematik geht).

Wir verzichten also auf Unterscheidungen dieser Art und beschränken uns darauf, die Fragen als solche abzugrenzen, indem wir mit der Überlegung beginnen, nach welchen Kriterien eine Struktur als im Gleichgewicht befindlich angesehen werden kann. Erst dann werden wir danach suchen, wie dieser Äquilibrationsprozeß zu erklären ist.

Wir sagen zunächst, daß eine Struktur (in der allgemeinsten Form) dann vorliegt, wenn die Elemente in einer Gesamtheit vereinigt sind, die gewisse Merkmale als Gesamtheit aufweist, und wenn die Merkmale der Elemente ganz oder teilweise von diesen Merkmalen der Gesamtheit abhängen.

So bilden z. B. zwei oder mehrere gerade Strecken (gleich in welcher Lage), die gleichzeitig wahrgenommen werden, eine Struktur, weil ihre jeweiligen Längen im Vergleich zueinander mehr oder weniger über- oder unterschätzt werden. Sie bilden also eine Gesamtfigur (...), von der teilweise gewisse Eigenschaften (Längen, Richtungen usw.) der Elemente abhängig sind.

Ebenso bildet eine Klassifizierung eine Struktur, denn die Bedeutung jeder Klasse hängt teilweise von der Bedeutung der anderen und vom Gesamtsystem ab.

Diese Definition ist ein wenig enger als die von Russel-Whitehead (Gesamtheit der Merkmale, die isomorphen Systemen gemeinsam sind), denn sie impliziert die Abhängigkeit der Teile vom Ganzen. Dagegen ist unsere Definition etwas weiter als die von Bourbaki (Tafeln mit doppeltem Zugang, die auch die Abhängigkeit der Teile von den Gesetzen der Ganzheit implizieren), denn es gibt psychologische Strukturen, die nicht in die Form solcher Tafeln gebracht werden können, und zwar mangels hinreichender und vor allem hinreichend stabiler Determination der Teile (z. B. im Bereich der Wahrnehmung). Demnach ist es unmittelbar einsichtig, daß manche Strukturen widerstandsfähiger sind als andere. Die Grade dieser Widerstandsfähigkeit können beurteilt werden, sei es beim Hinzufügen neuer Elemente (oder bei Beseitigung alter), sei es bei inneren Veränderungen, die man zwischen Elementen oder Unterstrukturen vornehmen kann. So wird es genügen, der zitierten Wahrnehmungsstruktur eine Strecke hinzuzufügen oder eine zu beseitigen, um die augenscheinliche Länge und Richtung der anderen Strecken zu modifizieren, während eine gut erstellte Klassifizierung nicht modifiziert wird, wenn man neue Aspekte hinzufügt. (Die frühere Struktur kann z. B. unverändert als Unterstruktur einer neuen Gesamtstruktur erhalten bleiben.) Auf diese Weise wird es möglich, die verschiedenen Formen des Gleichgewichts zu

definieren, je nach der Widerstandsfähigkeit bei Veränderungen, die in verschiedenen Strukturen realisiert ist (einschl. ihrer Unterstrukturen und Elemente). Wir werden folgenden Weg einschlagen: Zunächst wollen wir zu zeigen versuchen, daß jedem Typ der geistigen Struktur eine oder mehrere spezifische Formen des Gleichgewichtes entsprechen. Danach werden wir bei einigen ausgewählten Fällen fragen, wie man das Gleichgewicht und den Äquilibrationsprozeß (das Ins-Gleichgewicht-Bringen) erklären kann. Und schließlich werden wir uns fragen, ob auch die Aufeinanderfolge der Strukturen, d. h. ihre Abfolge- und Entwicklungsgesetze durch diese gleichen Äquilibrationsmechanismen interpretiert werden könnten.

Doch bevor wir das Programm angehen, scheint es uns nützlich zu sein, einige Mißverständnisse um den Terminus „Gleichgewicht“ und um die Wahl des Begriffes „Äquilibration“ zu beseitigen, um damit aufzuzeigen, was uns als einer der fundamentalen Aspekte der Lernprozesse erscheint. Diese Mißverständnisse, die übrigens vor allem semantischer Natur sind, halten sich manchmal so hartnäckig, daß man uns schon empfohlen hat, auf das Wort „Gleichgewicht“ zu verzichten (das Wort *équilibre* hat im Französischen einen viel weiteren Sinn als *equilibrium* oder *balance* im Englischen), um viel allgemeiner von „stabilen Zuständen“ in einem offenen System zu sprechen. Wir ziehen es aber vor, den Terminus „Gleichgewicht“ beizubehalten, wobei wir die fünf folgenden Punkte präzisieren und wobei wir betonen, daß es angebracht ist, sich systematisch auf das zu beziehen, was nun folgt:

1. Ein physikalischer Körper besitzt keine Organe, die sein Gleichgewicht sichern. Ein Kieselstein z. B. kann sich in einer instabilen Gleichgewichtslage befinden oder auch in einer stabilen oder indifferenten Lage, ohne daß diese zufälligen oder sozusagen nebensächlichen Merkmale seine innere Struktur reflektierten. Im Gegensatz hierzu sind die homöostatischen Eigenschaften (selbst wenn man sie nicht als Resultat einer exakten „Balance“, sondern als Summe von Aktivitäten interpretiert, die gelegentlich zu gewissen Überkompensationen führen), die Austauschprozesse zwischen dem Organismus und der Umwelt (die ein mobiles Gleichgewicht zwischen der Assimilation der Substanzen und Energien und der Akkommodation an die gegebene Situation implizieren) usw. usw., nicht zufällige, sondern wesentliche Merkmale, denn sie spiegeln die Organisation der Lebewesen wider. Wenn wir im kognitiven Bereich und im Bereich der Bildung logischer Strukturen von Gleichgewicht sprechen, so denken wir ebenfalls an interne Aspekte der Organisation und nicht an eine Stabilität oder Nicht-Stabilität, die sich von außen her den in Frage stehenden Mechanismen beifügen.

2. Wenn wir im kognitiven Bereich von Gleichgewicht sprechen, so sprechen wir keineswegs von Zuständen der Ruhe, ganz im Gegenteil, wir denken an Handlungssysteme, deren Gleichgewicht oder Ungleichgewicht gewisse Interaktionen spiegeln. Im geläufigen Sinne des Wortes (wie in der Mechanik usw.) verstanden, ist es selbstverständlich, daß ein Organismus niemals im Gleichgewicht ist und daß der Zustand der völligen Ruhe im geschlossenen System dem Tod entsprechen würde. Wir gehen im Gegenteil davon aus, daß die Zustände, die am besten im Gleichgewicht sind (in dem Sinne, in dem wir den Terminus gebrauchen), einem Maximum an Aktivität und einem Maximum an Offenheit in den Austauschprozessen entsprechen. Das ist der Grund, weshalb wir es keineswegs als kontradiktorisch ansehen, wenn wir die Zustände des Gleichgewichts in Termini der Strategien (Spieltheorie), der Wahrscheinlichkeit von Reaktionen usw. zu beschreiben versuchen.

3. Wenn wir die Vokabel „Gleichgewicht“ beibehalten, so tun wir es, weil sie zwei wesentlichen Merkmalen dieser Aktivitäten entspricht: Einerseits tendieren sie trotz ihrer Spontaneität zu einer gewissen Kohärenz, was Stabilität im Gegensatz zu Unordnung bedeutet; andererseits (und gerade hier ist das Wort „Gleichgewicht“ viel eindrucksvoller als der simple Begriff „stabiler Zustand“) impliziert diese Stabilität ein Zusammenspiel aktiver Kompensationen, eine notwendige Bedingung der Kohärenz, denn letztere kann nicht auf den Zustand der Ruhe zurückgeführt werden.

4. Diese Kompensationen sind durch sehr verschiedene Regulierungsmechanismen gesichert (Retroaktionen und Antizipationen; „feedbacks“ in der angelsächsischen Terminologie, „Reafferenzen“ in der sowjetischen Reflexologie usw. usw.). Um den nun folgenden Versuch zu verstehen, ist es wesentlich, daß die in Bildung begriffenen logischen Operationen, die durch ihre strenge Reversibilität gekennzeichnet sind, sich nicht von außen her über diese Regulationen usw. stützen, daß sie im Gegenteil deren schlußendlich erreichten Gleichgewichtszustand konstituieren: Eine Operation ist eine vollständig reversibel gewordene Regulation in einem vollständig äquilibrierten System. Die Operation ist also streng reversibel, weil sie vollständig äquilibriert ist.

5. Von einem solchen Gesichtspunkt aus kann man im kognitiven Bereich daran festhalten, daß nur die logischen Strukturen völlig im Gleichgewicht sind. Dadurch verliert der Begriff des Gleichgewichts nichts von seiner ganz allgemeinen Bedeutung, denn beim Fehlen des vollständigen Gleichgewichts finden wir auf allen Stufen Äquilibrationsprozesse, die – als Prozesse – allgemeinen Gesetzen folgen. Hinzu kommt, daß den verschiedenen Stufen dieser Prozesse verschiedene Formen des Gleichgewichts entsprechen, wovon die logischen Strukturen eine Form unter anderem

darstellen, eine Form, die in ihrer Verwirklichung privilegiert ist, die gleichzeitig aber mit allen anderen Formen das Merkmal der progressiven Entwicklung bis zu ihrer Vollendung gemeinsam hat.

Die Hauptmerkmale und die verschiedenen Formen des Gleichgewichts

Um die verschiedenen Formen des Gleichgewichts zu unterscheiden, muß man zunächst die Hauptmerkmale oder Dimensionen aller Gleichgewichtsformen in der Psychologie bestimmen:

1. Gleichgewichtsfeld nennen wir die Gesamtheit der Objekte oder Objektmerkmale, auf die sich die Handlungen einer gewissen Kategorie beziehen, die sich untereinander äquilibrieren können.

Dieses Feld ist durch die Struktur der in Betracht kommenden Handlungen selbst begrenzt. Beispiel: Für einen primären visuellen Wahrnehmungseindruck fällt das Gleichgewichtsfeld mit dem visuellen Feld einer einzigen Zentrierung zusammen; für einen sekundären visuellen Wahrnehmungseindruck ist dies das Explorationsfeld des Blickes; für eine Klassifizierung ist es der Umfang der betreffenden Oberklasse; usw.

Weil man das Gleichgewicht in die probabilistische Terminologie zu übertragen hat, muß dieses Feld die Form einer „Menge von Ereignissen“ annehmen, so wie für zwei beliebige Ereignisse, die sich im Feld vollziehen, das eine *und* das andere, ebenso wie das eine *oder* das andere nochmals Ereignisse darstellen; und die Wahrscheinlichkeit von A oder B (wenn A und B = 0) ist gleich der Wahrscheinlichkeit von A und der Wahrscheinlichkeit von B, zumindest im Prinzip und wenn sie stochastisch gesehen unabhängig sind.

2. Danach muß die Mobilität des Gleichgewichts definiert werden, denn ausgenommen den Fall primärer perzeptiver Formen, die auf unbewegte Objekte bezogen sind, sind die Strukturen, deren Äquilibrationsprozeß wir studieren, auf Aktionen bezogen, auf Operationen und überhaupt auf Transformationen. Das Gleichgewicht ist also auf die Kompensation von Transformationen bezogen und ist so vergleichbar mit dem chemischen Gleichgewicht in der Form (\rightleftharpoons), was seine Stabilität nicht ausschließt.

Definition: Man kann diese Mobilität definieren durch die raumzeitlichen Distanzen zwischen den Elementen des Feldes, wenn diese Distanzen bei gleich angenommenen Geschwindigkeiten durch Handlungen des Subjekts (effektiven oder interiorisierten) durchlaufen werden.

Beispiel: Die über eine einzige Zentrierung des Blickes visuell wahrgenommene Form einiger miteinander geschauter Elemente hat eine Mobilität von 0, denn die Distanz zwischen den Elementen wird nicht vom Blick des Subjekts während der 0,3 oder 0,4 Sekunden, die die Zentrierung

dauert, durchlaufen, auch wenn es sich um Sterne handelt, die im gleichen Gesichtsfeld miteinander gesehen werden, obwohl sie Hunderte von Lichtjahren voneinander und vom Subjekt entfernt sind.

Eine Klassifizierung enthält hingegen ein viel mobiles Gleichgewicht, denn nicht nur jede Klasse kann Elemente vereinigen, die weit voneinander entfernt sind, sondern auch Operationen wie $A + A = B$; $B + B = C$ usw. und $C' = D - B - B'$ enthalten im Medium symbolischer Darstellung, die aus aktuell vorhandenen Zeichen besteht, eine Menge von Objekten verschiedener Entfernungen in sich.

3. Bei einem stabilen oder instabilen Gleichgewichtszustand muß man noch eine weitere Eigenschaft untersuchen, nämlich die Permanenz oder Nicht-Permanenz der Bedingungen dieses Gleichgewichts, was im zweiten Fall das Auftreten von Gleichgewichtsverschiebungen zur Folge hat. Zum Beispiel hängt der Gleichgewichtszustand eines Gases vom Druck und von der Temperatur ab. Komprimiert man das Gas aber, so erhitzt es sich, und sein Druck steigt, und daher rührt ein Widerstand gegenüber der Kompression (Gleichgewichtsverschiebung mit der Tendenz zur Kompensation des Störungsfaktors nach dem Prinzip von le Châtelier).

Diese Unterscheidung ist wesentlich für das Gleichgewicht der Handlungen. Ein Gleichgewicht der Wahrnehmung z. B. verschiebt sich ständig durch Veränderungen des Wahrnehmungsfeldes, was daran festgestellt werden kann, daß die objektiv unveränderten Elemente subjektiv neue Werte annehmen (Überschätzungen usw.), dadurch nämlich, daß neue Elemente hinzugefügt oder vorhandene weggenommen werden. In diesem Falle haben wir Gleichgewichtsverschiebungen. Im Gegensatz dazu verändert sich das Gleichgewicht bei Operationen des Zählens nicht, wenn man einer Kollektion neue Objekte hinzufügt: Die fünf ersten Objekte werden immer die Zahl 5 haben, ob man 0 oder irgendeine Zahl hinzufügt.

Wir können also das in Frage stehende Merkmal wie folgt definieren. Definition: Eine Struktur hat ein Gleichgewicht mit Permanenz oder, einfacher, ein permanentes Gleichgewicht, wenn — falls sein Initialfeld C in C' modifiziert wird — die Unterstruktur der Elemente, die C entspricht, das gleiche Gleichgewicht wie vorher behält; im Gegensatz hierzu sagen wir, daß eine Gleichgewichtsverschiebung besteht, wenn die neue Form des Gleichgewichtes von C' von der Gleichgewichtsform, die C entspricht, abweicht.

4. Man könnte versucht sein, die Stabilität des Gleichgewichts (die mit einem permanenten oder einem nichtpermanenten Gleichgewicht kombiniert sein kann) in Analogie zu Kriterien der Mechanik zu definieren oder mit den noch allgemeineren der Physik (mit der Annahme eines

Minimums an potentieller Energie, was die völlige Kompensation virtueller Transformationen nach sich zieht). In der Tat hat der Physikalismus in der Psychologie eine große Tradition, insbesondere seit der Gestalttheorie (Köhler war Physiker, bevor er Psychologe wurde), und es ist sehr wohl möglich, daß man sich solcher Kriterien der Mechanik bedienen können wird, wenn die neurophysiologischen Grundlagen der Wahrnehmungen und der intellektuellen Operationen hinreichend bekannt sein werden, wobei man sich dann auf erprobte Maße der Kräfte und Geschwindigkeiten (oder der Energien) stützen wird. Da wir aber im Augenblick noch reine Psychologie betreiben — wobei wir die sehr ambitionierte Hoffnung haben, daß unsere Erklärungsmodelle gewisser Wahrnehmungsmechanismen und der operatorischen Mechanismen im Bereich der Psychologie eine hinreichende Verbreitung erlangen, daß sie als struktureller Rahmen in künftigen Kausalanalysen der Psycho-Physiologie beibehalten werden —, kann es nicht unsere Aufgabe sein, Kräfte und Energien zu behaupten, die nur aus der Phantasie stammen können, sondern es handelt sich ausschließlich darum, aus den gebräuchlichen physikalischen Definitionen des stabilen Gleichgewichts die nicht spezifisch „physikalischen“ Merkmale beizubehalten, d. h. die genügend allgemeinen Merkmale, die auf das Verhalten ebensogut anwendbar sind wie auf materielle Zustände. Zwei in den mechanischen und physikalischen Definitionen betonte Merkmale weisen diese Allgemeinheit auf, es sind — in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit — die Kompensation der virtuellen Transformationen und das Minimum an Handlung.

Dem Minimum an Handlung entsprechen die möglichst einfachen Transformationen, die zu einem bestimmten Resultat führen. Beispiel: Im Falle der Modifikation der Form eines Objektes oder der Ortsverschiebung eines geraden Stockes kann das Kind das Geschehen entweder als eine *einfache Verlagerung* (der Teile des ganzen Objektes) auffassen oder als eine *Verlagerung, die mit einem Zuwachs an Materie oder an Länge verbunden ist* (einer Länge, die objektiv unverändert bleibt usw.). Wir sagen also: Die Annahme der einfachen Verlagerung stellt in diesem Fall das Minimum an Transformation dar (die einfachste Transformation), was typisch für den Gleichgewichtszustand beim Erwachsenen ist oder wenigstens dem vorläufigen Endstadium des Entwicklungsprozesses entspricht.

Weil sie so fundamental ist, haben wir vor allem die mehr oder weniger vollständige Kompensation der aktuellen Transformationen zu betrachten. Im Falle eines stabilen Gleichgewichts, wie der Wahrnehmung einer quadratischen „guten Gestalt“, sagen wir: Die Kompensation ist maximal, wenn die Überschätzungen usw., die evtl. von den Seiten der Figur ausge-

hen, sich fast vollständig kompensieren. Im Falle einer weniger guten Gestalt, etwa eines Rechtecks, wird sich dagegen eine beständige Überbewertung der längeren Seite, also eine Deformation ergeben. Definition: Bei nichtkompensierter Transformation wird das Gleichgewicht weniger stabil sein, weil die Überschätzung von einem Augenblick zum andern (oder von einem Subjekt zum anderen) variieren kann. Im Falle der mobilen Gleichgewichtsformen, wie der operatorischen Systeme (Klassifizierung usw.), schließt sich folgende wesentliche Überlegung an, nämlich, daß man außer den wirklich vollzogenen Operationen die Gesamtheit der möglichen Operationen beachten muß. Doch diese möglichen Operationen, die der Gesamtheit von „virtuellen Operationen“ entsprechen (das sind solche, die mit den Beziehungen des Systems ... vereinbar sind), ergeben in einem solchen Fall ein schönes Beispiel von vollständiger Kompensation (oder der algebraischen Summe 0), denn jeder Operation $+a$ kann man eine Umkehrung $-a$ entsprechen lassen, die sie annulliert.

Das Merkmal der mehr oder weniger vollständigen Kompensation der Transformationen, das in den geistigen Gleichgewichtsformen erscheint, ist demnach von wesentlicher Bedeutung. Es ist möglich, daß dieses Merkmal mit der Einfachheit der Transformationen (mit dem Minimum) identisch ist; das besagt, daß die einfachsten Transformationen zugleich auch die am besten kompensierten sind (was evident ist, wenn man die Operationen mit den voroperatorischen Repräsentationen und mit den Wahrnehmungen vergleicht). Das aber ist nicht nachgewiesen, und so definieren wir die Stabilität des Gleichgewichts nur durch die Kompensation (...) und lassen die Frage offen, ob die vollständigste Kompensation der einfachsten Transformation entspricht, was in jedem Einzelfall festzustellen wäre. Definition: Ein Gleichgewichtszustand ist um so stabiler, je mehr sich die ablaufenden Transformationen kompensieren.

5. Es bleibt uns noch, die vier gerade diskutierten Dimensionen zu koordinieren, um daraus eine allgemeine Definition der aufeinanderfolgenden Stufen des Gleichgewichts abzuleiten. Wenn für ein eingeschränktes Handlungsfeld und eine geringe Mobilität ein Gleichgewicht leicht zu erreichen ist, dann ist es klar, daß das Gleichgewicht durch eine Erweiterung des Feldes oder ein Anwachsen der Mobilität gestört werden kann. Es kann also geschehen, daß das Subjekt infolge von Modifikationen des Milieus oder der eigenen Aktivitäten dahin gelangt, eine Ausdehnung oder Umstrukturierung des Feldes für wünschbar zu erachten und vor allem ein Anwachsen der raumzeitlichen Distanzen, die die Mobilität seiner Handlungen definieren, als wünschbar anzusehen, und daß das Subjekt so zu neuen Gleichgewichtsformen strebt, die als „besser“ angesehen werden, wobei durchaus auf dem früheren Niveau stabile Gleichgewichtsformen

erreicht waren. Man kann also sagen: Ein Gleichgewicht innerhalb eines maximal erweiterten Feldes und mit der für ein Subjekt größtmöglichen Mobilität ist um so „besser“, als es ein Maximum an Permanenz und Stabilität erreicht, d. h. als es zu den einfachsten und bestkompensierten Transformationen gelangt. Die Ausdehnung des Feldes und die Mobilität liefern beide das Maß für die Anzahl der Verbindungen zwischen den Elementen des aktuellen Feldes: Die bisherigen Aussagen laufen darauf hinaus zu behaupten, daß das „beste“ Gleichgewicht dasjenige ist, das einen Kompromiß zwischen dem Maximum an hergestellten Verbindungen und dem Minimum an Transformationen verwirklicht, wobei der Kompromiß in jedem Einzelfall genau definiert werden muß. Definition: Von zwei Gleichgewichtsformen ist das Gleichgewicht das bessere, das (gemäß einer optimalen Dosierung, die für jeden Fall gekennzeichnet sein muß) im ausgedehntesten Feld und bei der größtmöglichen Mobilität mit den einfachsten und bestkompensierten Transformationen ein Maximum an hergestellten Verbindungen erzeugt. Es soll hier natürlich nicht versucht werden, diese Definition in ein Postulat oder Axiom zu transformieren: Die Probleme bleiben insgesamt bestehen: Es ist immer wieder festzustellen, ob das Subjekt stets nach den besten Gleichgewichtsformen tendiert und, vor allem, durch welche Mechanismen es dahin tendiert, wenn es so ist.

Die Konstanzbegriffe, sofern sie Strukturen sind, die aus einem progressiven Äquilibrationsprozeß resultieren

Es soll hier untersucht werden, ob der Äquilibrationsprozeß die Bildung der Strukturen erklärt oder ob es umgekehrt ist. Ferner: Wie kann im ersten Falle diese Äquilibration selbst erklärt werden, und zwar so, daß die Gründe hierfür erkennbar werden? Wenn wir als einführendes Beispiel die Konstanzbegriffe wählen, die nur den Invarianten der operatorischen Strukturen entsprechen, nicht aber diesen Strukturen als Ganzen, so tun wir das, weil diese Invarianten schon für sich allein ein besonders typisches Beispiel für die „Strategien“ des Kindes sind.

I. *Die Tatbestände:* Das auffallendste Merkmal des ersten Auftretens logischer Strukturen beim Kinde ist die Tatsache, daß es den Elementen dieser Strukturen und den respektiven Gesamtstrukturen Invarianz beimißt. Beispiel: Die Eins-zu-eins-Entsprechung zwischen n_1 roten Spielmarken und n_2 blauen Spielmarken setzt die Konstanz dieser Mengen n_1 und n_2 und die Äquivalenz $n_1 = n_2$ voraus. Man wird sagen, das sei augenfällig. Aber das Instruktive und erstaunlich Eindrucksvolle an den genetischen Gegebenheiten ist, daß sich das Kind weder der Konstanz der

Kollektionen n_1 und n_2 , noch der Konstanz der Äquivalenz $n_1 = n_2$ sicher ist, solange die Korrespondenz das Niveau der optischen Beziehungen nicht überschreitet (in diesem Fall zerstört jede Veränderung der Konfiguration die Äquivalenz) und das Niveau einer reversiblen Operation nicht erreicht. Dasselbe ist der Fall bei einer Kollektion von Einzelobjekten (Umfüllen von zehn bis zwanzig Perlen aus einem Behälter in einen anderen mit unterschiedlicher Form) oder für eine kontinuierliche Menge (Umgießen einer Flüssigkeit, Inkonzanz der Plastilinmenge bei der Transformation einer Kugel in eine Wurst oder in einen Kuchen usw. oder bei der Teilung der Kugel in zwei oder vier Teile); das gilt ausdrücklich auch für räumliche Mengen (die Inkonzanz der Längen zweier Stäbe, deren gleiche Länge man übereinanderliegend feststellt, bevor man sie gegeneinander verschiebt), ebenfalls für die Inkonzanz der Gesamtlänge gerader Segmente, wenn sie zunächst zu einer einzigen Strecke aneinandergereiht sind und danach in unterbrochener Linie angeordnet werden, oder für die Inkonzanz der Gleichheit zweier Flächen, wenn die eine davon die Form ändert oder wenn man beiden einen gleichen Teil, aber an verschiedenen Stellen wegnimmt usw.

II. *Die Strategien des Kindes:* Trotz ihrer Verschiedenheit findet man bei diesen Beispielen gemeinsame Reaktionselemente in konstanter Aufeinanderfolge wieder. Wir beschränken uns auf diese allgemeinen Merkmale, ohne auf besondere Einzelheiten bei diesem oder jenem Experiment einzugehen, was uns angesichts Hunderter von Fällen aus verschiedensten Bereichen genügend Sicherheit bei den nun folgenden Beschreibungen gibt.

Bei allen Beispielen kann das Kind wirklich schwanken zwischen den Antworten „mehr“, „weniger“ oder „gleich“, und zwar wegen zweier Merkmale A und B der Konfiguration, die miteinander, aber in entgegengesetzten Richtungen variieren. So im Falle der Tonkugel, die in verschiedene Stücke aufgeteilt wurde, oder im Falle des großen Glases voller Flüssigkeit oder voller Perlen, die in mehrere kleine Gläser aufgeteilt werden. Hier sind die beiden antagonistischen Faktoren die zunehmende Zahl der Elemente und deren abnehmende Größe. Im Falle der Plastilinkugel, die in eine Wurst verformt wurde, oder im Falle des breiten und niedrigen Glases, dessen Inhalt in ein schmales und hohes Glas gegossen wurde, und auch im Falle der veränderten Flächen gewinnt die neue Konfiguration an Höhe oder Länge und verliert an Breite oder Dicke. Im Falle der optischen Eins-zu-eins-Entsprechung zwischen Spielmarken, wovon eine Reihe durch größere Abstände der Elemente verlängert wurde, gewinnt diese an Länge, büßt dafür aber an Dichte ein. Im Falle der zerlegten Zahlen $1+6$, $2+5$ oder $3+4$ wächst der eine Summand, während der andere entsprechend abnimmt, usw. . .

1. Die primitivste Strategie besteht darin, nur das eine der beiden sich gegenüberstehenden Merkmale (A) der neuen Konfiguration zu zentrieren: z. B. die Anzahl der Teile des aufgeteilten Ganzen und nicht ihre Kleinheit oder die Länge der zur Wurst verformten Kugel und nicht ihre Dünne usw. Es handelt sich hier wohlgerne um eine vorstellungsmäßige, nicht um eine wahrnehmungsmäßige Zentrierung: zunächst, weil das Kind sehr wohl auch das andere Merkmal sieht (was durch eine Reproduktionsmethode nachweisbar ist), aber es vernachlässigt es einfach, d. h. es beachtet es nicht (nicht etwa wegen einer wahrnehmungsmäßigen „Maskierung“, sondern wegen einer begrifflichen Abstraktion); und dann, weil das ins Auge gefaßte Merkmal zu einem unmittelbaren Urteil führt und auf diese Weise ein wahrnehmungsmäßiges Indiz darstellt, das aber unmittelbar aus einem begrifflichen Schema Bedeutung erhält. Diese erste Strategie führt zu einem Urteil der Inkonzanz (mehr oder weniger), je nach dem gewählten Merkmal.

2. Die zweite Strategie besteht darin, das andere der beiden Merkmale (B) ins Auge zu fassen, das bisher vernachlässigt worden ist. Doch muß man dabei drei Punkte beachten: den Augenblick des Erscheinens dieser zweiten Strategie, ihre Abhängigkeit von der ersten und die Koordinierungen, die das Kind selbst zwischen beiden vornimmt oder nicht vornimmt.

a) Auf dem elementarsten Niveau gelangt das Kind nicht spontan zu dieser zweiten Strategie. Es bleibt an der ersten hängen, trotz vielfacher Modifikationen, die man in der Gestaltung vornimmt. Es erfaßt dagegen ohne weiteres die zweite Strategie, wenn man seine Aufmerksamkeit auf das bisher übersehene Merkmal lenkt.

b) Auf einem etwas höheren Niveau wird das Kind durch eine plötzliche oder stetige Veränderung der Gestaltung zur zweiten Strategie hingeführt, doch ist der Haltungswechsel beim Kind abhängig von der Aufeinanderfolge der Darbietungen (Kontraste, wie der Übergang von einer Teilung der Plastilinkugel in zwei Teile zu einer Teilung in acht oder mehr Teile oder sehr starke Veränderungen, wie sie dann vorliegen, wenn man die Kugel zu einer Wurst ausgerollt hat und sie nun mehr und mehr bis zu einer Art Schnur langzieht, deren Länge schließlich Aufmerksamkeit erregt usw.).

c) Auf einem noch höheren Niveau vermag das Kind selbst, von der ersten Strategie zur zweiten überzugehen. Dieser Fall markiert den Übergang innerhalb der Strategien 2 und 3.

Andererseits besteht vom Falle b) an schon eine direkte Abhängigkeit zwischen der Strategie 2 und der vorhergehenden: Ohne schon von sich aus von der ersten zur zweiten Strategie überzugehen, gelangt das Kind

dennoch zu dieser letzteren, weil es gewisse frühere Konfigurationen wahrgenommen hat, wegen derer es die erste Lösung gewählt hatte, und im Vergleich zu den früheren schaffen die aktuellen Konfigurationen einen Effekt des Kontrastes oder der Überspitzung in gleicher Richtung. Mit dem Fall c) wird die Abhängigkeit direkter.

Aber das eigentliche dieser Strategie 2 im Vergleich zu der folgenden 3 besteht darin, daß das Kind in seinem Denken keine Koordinierung der Strategien 1 und 2 vornimmt: Weil es von der Zentrierung auf das erste Merkmal zur Zentrierung auf das zweite übergeht, vergißt es das erste, sei es wegen der neuen Konfiguration, der es gegenübersteht, die ihm keinen Bezug auf die vorhergehende zu haben scheint (Fall b), sei es, daß es einfach seine Ansicht ändert (Fall c). In beiden Fällen gibt es also zwei Antworten, die sich widersprechen, die miteinander vereinbar oder nicht vereinbar sind, aber unter denen das Kind keinerlei Ausgleich sucht.

3. Mit der dritten Strategie gelangen wir dagegen zu einer neuen Art des Verhaltens, bei der das Kind zwischen den Antworten „mehr“, „weniger“ oder „gleich“ schwankt. Das ist der Beginn der Koordinierung zwischen den beiden Strategien 1 und 2 oder der Beginn einer Beziehungsbildung zwischen den beiden entgegengesetzten (widersprüchlichen) Merkmalen der Konfiguration. Diese dritte Strategie könnte in mehrere Varianten unterteilt werden. Da wir uns aber an die allgemeinsten Merkmale halten wollen, sehen wir sie als eine Einheit an, die alle Fälle einschließt, die zwischen der offenen Inkonstanz und der für evident oder notwendig erachteten Konstanz (Strategie 4) liegen. Hier nun die wichtigsten Einzelfälle:

a) Nachdem das Kind von einem der sich gegenüberstehenden Merkmale A (Strategie 1) zum anderen B (Strategie 2) wegen der aufeinanderfolgenden Konfigurationen übergegangen ist, ohne sie aber zu koordinieren, beginnt es angesichts einer neuen Konfiguration zwischen den beiden Möglichkeiten zu schwanken, bevor es sich entscheidet.

b) Dem Kind ist das Vorhandensein der beiden Merkmale bewußt, es wählt aber nur das eine, weil dieses ihm vorzuherrschen scheint, und verweist das andere in den Hintergrund; angesichts einer veränderten Gestaltung kehrt es die Situation aber um, wobei es in neuen Fällen durchaus wieder unschlüssig sein kann.

c) Das Kind beruft sich ausdrücklich auf beide Merkmale, folgert aber daraus keine genaue Kompensation, so z. B. im Fall der beiden Stäbe, die so gegeneinander verschoben werden, daß es sagen wird, der eine steht vorne über, der andere hinten. Es kann aber nicht entscheiden, ob einer bzw. welcher länger ist als der andere.

d) Das Kind akzeptiert die Kompensation für kleinere Modifikationen, nicht aber für die größeren; folglich nimmt es eine faktische (wenn auch nicht eine notwendige) Konstanz in gewissen Fällen, nicht aber in allen, an.

e) Das Kind verfällt manchmal darauf, den Ausgangszustand wiederherzustellen, doch überlegt es dabei nicht, daß die Kugeln oder Stäbe usw., die wieder gleich geworden sind, dies auch während der Modifikation waren. (Es handelt sich hier also um ein empirisches Zurück [*retour empirique*] zum Ausgangspunkt, nicht aber schon um eine operatorische Reversibilität.)

Das gemeinsame Merkmal dieser Einzelfälle ist also folgendes: Anstatt sich auf eine einzige repräsentative Zentrierung zu beschränken (1) oder auf eine zweite, die die erste eliminiert (2), vollzieht das Kind eine Art von Dezentrierung, d. h. es stellt zwischen zwei Zentrierungen Verbindung her (*mise en relation*). Von jetzt ab gibt es also nicht nur zu Beginn eine Beziehung zwischen den beiden möglichen Lösungen, sondern in unterschiedlichem Grade ein Bemühen um Koordination zwischen ihnen.

4. Die vierte Strategie besteht darin, die Konstanz als notwendig zu betrachten. Das Kind beruft sich auf drei Arten von Argumenten, die in allen Experimenten immer die gleichen sind: „Es ist nichts hinzugefügt und nichts weggenommen worden“, „nur die Form ist verändert worden, man kann sie aber wiederherstellen, so wie sie war“, „was hier hinzukommt (1. Merkmal), wird dort weniger (2. Merkmal)“. In Wirklichkeit setzen die beiden ersten dieser drei Antworten die kompensatorische Koordinierung der zwei sich gegenüberstehenden Merkmale der ausgeführten Modifikation implizit voraus.

III. *Das durch die Strategien erreichte Gleichgewicht:* Um sich einen Begriff vom Gleichgewicht zu machen, das durch die Strategien des Kindes erreicht wird, und um sich auch einen Begriff über die Wahrscheinlichkeit der Wahrheit dieser Strategien zu machen, muß man zunächst und möglichst genau für jeden der ins Auge gefaßten Fälle die Natur des Gleichgewichtsfeldes (dem die Menge der Ereignisse unter dem Gesichtspunkt der Wahrscheinlichkeit entspricht) und seinen Grad an Mobilität bestimmen. Doch ist es notwendig festzuhalten, daß dieses Feld und diese Mobilität im Verlaufe der drei Strategien nicht die gleichen sind: Während das Kind anfänglich nur über die aktuelle Konfiguration nachdenkt, ohne sich um die Transformationen und Aktionen zu kümmern (Strategie 1 und 2 und Beginn der 3. Strategie), gelangt es schließlich dazu, die Konfigurationen den Transformationen und Aktionen unterzuordnen (4.).

1. Das Ausgangsfeld wird also durch die verschiedenen Konfigurationen mit ihren sich widersprechenden Merkmalspaaren gebildet (also A oder B,

ebenso wie A und B), jedoch unter Ausschließung von Aktionen, die diese Konfigurationen ineinander transformieren. Nach einem allgemeinen Gesetz läuft das darauf hinaus zu sagen, daß sich das Kind anfänglich nur der Resultate der in Frage stehenden Handlungen (die Plastilinkugel langziehen, die Stäbe gegeneinander verschieben) bewußt wird, daß es sich aber nicht der Handlungen als Prozesse bewußt wird. Die Mobilität des Gleichgewichts ist also beschränkt auf die Aktivitäten beim evtl. Vergleichen zwischen dem einen Aspekt der Konfiguration und einem anderen und nicht auf die Aktivitäten bei der Transformation.

Trotz der Beschränktheit dieses Ausgangsfeldes deckt die erste Strategie des Kindes nur einen Teil davon, d. h. daß es als Gleichgewichtsfeld nur einen Teil hat, der durch das Merkmal A oder das Merkmal B gebildet wird, je nachdem, ob die erste Zentrierung das eine oder das andere dieser Merkmale erfaßt. Es ist daher klar, daß die erste Strategie nicht zum Gleichgewicht führt: Die einseitige Zentrierung auf nur eines der beiden Merkmale führt zu einer nicht-kompensierten Transformation, die sich in der Nicht-Konstanz äußert.

2. Dasselbe ist bei der zweiten Strategie der Fall, denn diese ermöglicht keine Koordinierung zwischen den Merkmalen A und B.

3. Hingegen erreichen wir bei der dritten Strategie gewisse Gleichgewichtsformen momentaner Art. Im Laufe der Strategien, die wir unter 3. eingeordnet haben, erlebt man zum erstenmal die Bildung einer Retroaktion: Ausgehend von einer Zentrierung auf das Merkmal A zentriert das Kind danach B, kehrt wieder nach A zurück usw. Mit anderen Worten: Seine erste Tendenz (Richtung A) wird korrigiert, und zwar in Richtung auf B. Danach gibt es eine neue Korrektur in Richtung A usw. (= Retroaktion in einem echten Ring mit Korrekturen im Verlauf der Versuche, um eine einzige gegebene Konfiguration zu beurteilen). Das Kind kann aber auch, wenn es sich von Anfang an der beiden Merkmale A und B bewußt ist, das Merkmal A für einige der Konfigurationen wählen, und sein Urteil dann verwerfen, um von einem gewissen Punkt an sein Urteil auf das Merkmal B zu gründen.²³

Bei solchen Strategien kommt das Kind schließlich zu gewissen Gleichgewichtszuständen, die aber noch wenig stabil und nicht permanent sind.

Aber das Auftauchen der Retroaktionsprozesse beim Übergang von der

²³ Man könnte diese Situation wie folgt beschreiben: Nehmen wir an, wir hätten mehrere Informationselemente, wovon jedes für sich allein die Handlung in eine andere Richtung gelenkt hätte. Der Kompromiß zwischen diesen widersprüchlichen Informationen muß im Prinzip als eine Handlung begriffen werden, die dem Kompromiß zwischen den Informationen entspricht; man kann ihn aber auch als einen Kompromiß zwischen den Handlungen auffassen, zu denen die verschiedenen Informationen, jede für sich allein, geführt haben würde.

Zentrierung auf A zur Zentrierung auf B und umgekehrt, also das Anwachsen der Mobilität, die diese Dezentrierung bewirkt, hat die Veränderung des Gleichgewichtsfeldes in Richtung auf die Transformationen selbst zur Folge. Und in der Tat, die beiden Merkmale A und B waren bis jetzt vom Kinde nicht assimiliert worden als Resultate von Transformationshandlungen (Kugel auswalzen, Stäbe gegeneinander verschieben, eine Reihe von Elementen auseinanderziehen usw.), sondern einfach als statische Merkmale einer Konfiguration. Dagegen führt der Retroaktionsprozeß früher oder später dazu, nicht nur die sukzessiven Merkmale A0; A1; A2 (z. B. die wachsende Länge der Plastilinkugel, die auseinandergezogen wird), nicht nur die sukzessiven Merkmale B0; B1; B2 (z. B. die abnehmende Dicke), sondern auch ihre Verbindungen als Feld zu betrachten:

$$\begin{array}{ccccccc} A0 & \rightarrow & A1 & \rightarrow & A2 & \rightarrow & \dots \\ | & & | & & | & & \\ B0 & \rightarrow & B1 & \rightarrow & B2 & \rightarrow & \dots \end{array}$$

Diese Verbindungen (A0 und B0 gleichzeitig usw.) waren schon im Ausgangsfeld eingeschlossen, vom Kind aber noch nicht beachtet worden. Wenn das nun einmal geschieht — und es wird früher oder später der Fall sein —, wird das Kind die sukzessiven Paare als Resultate einer Transformation ansehen (Handlung des Auseinanderziehens), und zwar so, daß die Transformationshandlungen selbst in das Feld inkorporiert werden, und zwar als Effekt der Strategien.

Darum kommt das Kind oft zu eigentlichen Handlungen (siehe Strategie 3 unter e) im Gegensatz zur einfachen Exploration der Konfigurationen, die darin bestehen, die Elemente in die Ausgangssituation zurückzusetzen. Aber selbst diese Kontrolle genügt noch nicht, um vollständige Kompensationen zu erreichen: Das Kind kann sehr wohl annehmen, daß eine Handlung A und B gleichzeitig verändert, und es kann trotzdem annehmen, daß eine der Veränderungen die andere überwiegt, und es mag sehr wohl die Gleichheit der Elemente in der Ausgangssituation feststellen und doch die Konstanz im Verlauf der Modifikationen leugnen. Es kann sogar die Konstanz für kleine Veränderungen annehmen (Strategie 3 unter d) und sie für die großen leugnen.

Kurz, das Gleichgewicht, das durch die dritten Strategien erreicht wird, ist entweder nicht stabil oder nur relativ stabil, dann aber mit Gleichgewichtsverschiebungen bei neuen Modifikationen (also handelt es sich um ein nichtpermanentes Gleichgewicht).

4. Mit der vierten Strategie erreicht das Gleichgewicht Stabilität und Permanenz zugleich. Darum merken wir uns zunächst, daß das Feld künftig-

hin die Gesamtheit der Merkmale (A oder B) und (A und B) umfaßt, dazu aber noch die Gesamtheit der möglichen Transformationen, die diese Elemente miteinander in Beziehung setzen, wobei die Elemente als besondere Fälle dieser Transformationsprozesse wahrgenommen oder begriffen werden. Die Mobilität des Gleichgewichts für das betreffende Feld ist also vollständig, d. h. die Herstellung der Verbindungen zwischen den A oder den B oder den Paaren AB entspricht künftig den wirklichen oder möglichen Transformationen durch materielle oder interiorisierte Handlungen. Und doch sind die in Betracht gezogenen Transformationen trotz dieser maximalen Mobilität minimal, weil sie sich auf diesem Niveau auf die Annahme einfacher räumlicher Veränderungen beschränken, ohne die Annahme einer Zunahme an Materie, an Zahl, an Länge usw. zu machen. Das läuft übrigens auf eine maximale Kompensation hinaus, denn die einzigen noch beibehaltenen Transformationen (räumlichen Veränderungen) kompensieren sich vollständig, jede räumliche Veränderung kann rückgängig gemacht und annulliert werden, wohingegen die Zunahmen und Abnahmen, die bis jetzt angenommen wurden, nicht notwendig ein Rückgängigmachen implizieren.

3.6. Der Reversibilitätsbegriff im System Piagets

Seilers Analyse des Reversibilitätsbegriffs ist für das Verständnis des wissenschaftlichen Denkens Piagets von großer Bedeutung. Wir sind in der Psychologie gewohnt, in Begriffen der unabhängigen, intervenierenden und abhängigen Variablen zu sprechen. Wir analysieren eine Lernsituation, indem wir nach den unabhängigen Variablen suchen, die (meist über intervenierende Variable) die abhängigen Variablen beeinflussen. Wir versuchen, unsere Untersuchungsgegenstände nach Ursache und Folge zu gliedern. Dies ist bei Piaget nicht so. Sein zentraler Begriff der Reversibilität ist Ursache, Folge und integrierender Bestandteil der Entwicklung. Eine Funktionsanalyse, wie wir sie aus der Lernpsychologie gewohnt sind, wird hingegen Reversibilität entweder als abhängige oder als unabhängige Variable benutzen wollen.

Piaget sieht das größere Gleichgewicht der höher entwickelten Strukturen durch Reversibilität gesichert. Während sensomotorische Strukturen wie motorische Gewohnheiten (z. B. von links nach rechts schreiben) nicht umkehrbar sind (man müßte, um von rechts nach links zu schreiben, mühsam eine neue Gewohnheit lernen), sind die höheren operatorischen Strukturen durch ihre Reversibilität gekennzeichnet. Das heißt, diese Strukturen bestehen aus Operationssystemen, in denen eine Transformation (z. B. eine

Addition) durch eine in umgekehrter Richtung verlaufende zweite Transformation rückgängig gemacht werden kann. Wir nennen dies in der Folge „logische Reversibilität“. Allgemeiner heißt das: Operationssysteme mit dem Merkmal der Reversibilität enthalten die Möglichkeit des Durchlaufens in verschiedener Richtung, so daß das Ergebnis jeder Transformation durch eine inverse und/oder eine reziproke zweite Transformation wieder rückgängig gemacht oder kompensiert werden kann.

Die für den Lernpsychologen interessante Frage ist aber folgende: Wie wird diese Reversibilität der höheren Operationssysteme gelernt? Seiler sagt uns, Piaget nehme an, die Reversibilität der operatorischen Strukturen sei der Grenzwert, der Endpunkt einer Entwicklung der Beweglichkeit des Denkens, der in einem langwierigen Prozeß der Mobilisierung, der Reversibilisierung erreicht werde. So wäre die Zuordnung von direkter und inverser Operation in einer logischen Struktur (z. B. der Addition und Subtraktion von Klassen in der Gruppierung I der additiven Komposition von Klassen, s. Kap. 2.5) vorbereitet durch ein allmähliches Beweglicherwerden des Denkens.

Eine solche Meinung ist typisch für Piaget, der sich immer die Frage stellt, aus welchen Ausgangsformen ein Merkmal abgeleitet ist. Um diese Interpretation zu prüfen, müssen wir wissen, welche Schritte die Reversibilisierung des Denkens durchläuft. Piaget nennt hier vor allem die unvollständige Reversibilität oder Regulation. Man kann mehrere Arten dieser Regulation unterscheiden (s. Seiler, S. 137): Jede Regulation besteht aber in der Beachtung zunächst vernachlässigter Elemente der Situation. Während die Beweglichkeit des Denkens zunächst so gering ist, daß nur ein Element oder wenige Elemente der Situation erfaßt und verarbeitet werden können, steigt die Beweglichkeit später an und erlaubt Regulationen: So entgleitet im Inklusionsproblem dem jungen Pb zunächst immer die Oberklasse, wenn er Unterklasse und Oberklasse vergleichen soll. Später gelingt ihm das, er kann Unterklasse und Oberklasse gleichzeitig ins Auge fassen.

Da nun operatorische (z. B. logische) Beziehungsbildungen immer eine Verbindung zwischen verschiedenen Elementen darstellen, ist es plausibel anzunehmen, daß die Beweglichkeit des Denkens ein bestimmtes Niveau erlangen muß, bevor solche Verknüpfungen möglich werden. Reversible operatorische Strukturen haben also zur Voraussetzung, daß die zu verknüpfenden Elemente erfaßt werden, was nur durch eine gewisse Beweglichkeit möglich wird.

Wenn somit Regulationen Voraussetzung für reversible operatorische Strukturen sind, ist damit noch nicht bewiesen, daß die Reversibilität der letzteren allein durch eine weitere Steigerung der Beweglichkeit der Regu-

lationen erreicht wird. Man mag durch eine (auch über didaktische Maßnahmen) geförderte Beweglichkeit sichern, daß alle Elemente des Handlungsfeldes erfaßt werden, ohne daß damit schon die operatorische Verknüpfung gesichert wäre. Die operatorische Struktur (mit ihrer logischen Reversibilität, d. h. Zuordnung von direkter und inverser oder reziproker Operation) ist durch die „psychologische Reversibilität“ (rasch ablaufende Regulationen, die die Erfassung der Situationselemente sichern) nicht hinreichend bestimmt. Eine Steigerung der psychologischen Reversibilität allein wird die operatorische Struktur nicht erbringen. Wir werden dieses Problem in Kap. 4.3 eingehender diskutieren und wollen daher im Augenblick nur vor einem möglichen Mißverständnis warnen: Die entwicklungspsychologische Beobachtung, daß Regulationen immer zeitlich vor der logischen Reversibilität liegen, darf nicht zu dem Schluß führen, letztere sei aus den ersteren völlig ableitbar. Eine Steigerung der psychologischen Beweglichkeit, eine Mobilisierung des Denkens mag eine für den Aufbau operatorischer Strukturen nützliche Vorbedingung sein (s. Kap. 4.2, 4.3 und 4.5), erklärt diesen Aufbau aber nicht hinreichend. Piagets Analyse birgt die Gefahr, daß die Beschreibung von Entwicklungsabfolgen (Regulationen vor logischer Reversibilität) unversehens zu einer kausalen Interpretation führt (Reversibilität ist die Folge von Regulationen).

3.6.1. Thomas Bernhard Seiler: Systematische Darstellung der Reversibilitätstheorie²⁴

a) Allgemeine Definition des Reversibilitätsbegriffs

Piaget hat den Begriff der Reversibilität in Anlehnung an die physikalischen Gleichgewichtsprozesse als konstitutives Merkmal in seine Logik und in sein Modell der Intelligenzentwicklung aufgenommen. Im physikalischen Bereich besteht die Reversibilität gewisser Molekularbewegungen darin, daß sich zu jeder in einer bestimmten Richtung und mit einer bestimmten Intensität verlaufenden Bewegung eine andere findet, die mit derselben Intensität in entgegengesetzter Richtung verläuft und die Wirkung der ersten aufhebt, so daß ein thermodynamisches Gleichgewicht entsteht. In ganz analoger Weise sieht Piaget in der logischen und psychologischen Ordnung durch die sich gegenseitig aufhebenden Operationen ratio-

²⁴ Mit Genehmigung des Autors aus Th. B. Seiler: Die Reversibilität in der Entwicklung des Denkens. Stuttgart, 1968.

nale Gleichgewichtssysteme verwirklicht. Im physikalischen Bereich kann eine reale Bewegung, die sich in der Zeit vollzogen hat, strenggenommen nicht rückgängig gemacht werden. Es kann hier also nur eine Art Reversibilität durch Reziprozität geben. Eine neue Bewegung wird gesetzt, die den Effekt der ersten Bewegung in bezug auf ein Referenzsystem wieder aufhebt. Im Bereich der kognitiven Strukturen aber kann ein und dieselbe Operation nicht bloß durch ihre reziproke Inversion (sondern auch durch ihre direkte Umkehrung) wiederaufgehoben werden. Darüber hinaus gibt es im kognitiven Bereich den Fall, daß eine Handlung tatsächlich in umgekehrter Richtung vollzogen wird und wieder zum Ausgangspunkt zurückführt, ohne daß eine solche Handlung reversibel genannt werden dürfte, wenn nämlich, wie Piaget sagt, das „Bewußtsein der Identität“ dieser Handlungen fehlt. Er sieht sich daher gezwungen, im kognitiven Bereich, „Renversibilité“ (oder „Retour empirique“) und eigentliche Reversibilität zu unterscheiden. So gelangt er zu folgenden Definitionen: „Wir werden mit Reversibilität die Fähigkeit bezeichnen, ein und dieselbe Handlung in den beiden Richtungen ihres Verlaufs zu vollziehen, und zwar mit dem klaren Bewußtsein, daß es sich um dieselbe Handlung handelt.“ (EEG, II, p. 44.)²⁵ Und: „Wir werden sagen, daß eine Handlung umkehrbar ist, oder auch, daß eine empirische Rückkehr zum Ausgangspunkt besteht, wenn die Versuchsperson zum Ausgangspunkt zurückkehrt, ohne sich der Identität der in beiden Richtungen vollzogenen Handlung bewußt zu sein. Der Mangel an Bewußtheit, daß es um dieselbe Handlung geht, nimmt der umkehrbaren Handlung jeden operativen Charakter...“ (ebd., p. 44.) Wir möchten hier schon darauf hinweisen, daß die Aufnahme der Bewußtseinskomponente in die Definition der Reversibilität beinahe wie ein Bruch, wie ein Deus ex machina wirkt.

Diese Begriffsbestimmungen können aber selbstverständlich nicht genügen, uns mit dem eigentlichen Wesen der kognitiven Reversibilität und ihrer Bedeutung im System Piagets vertraut zu machen. Um diesem Ziel einen ersten Schritt näherzukommen, wollen wir zuerst einige der wichtigsten Anwendungen dieses Begriffs aufzählen. Der Begriff der Reversibilität taucht in den Schriften Piagets im Zusammenhang mit beinahe allen für sein Intelligenzmodell wichtigen Stichworten auf: „Sowohl die Denkgeschehnisse (faits mentaux) wie die physischen Erscheinungen (faits physiques) zerfallen in die beiden Klassen der reversiblen und der irreversiblen Erscheinungen, d. h. es gibt in beiden Bereichen Handlungen, die genau umkehrbar sind, und andere, die es nicht sind. So sind die Intelligenz und

²⁵ Jean Piaget: Logique et équilibre. In: Etudes d'épistémologie génétique, II, Paris, 1957.

ihre Operationen, wenn sie einmal gebildet sind, reversibel, während die elementare Motorik, Gewohnheiten, Wahrnehmungen und die kindliche Intelligenz auf dem anschaulichen Niveau usw. irreversibel sind.“ (IEG, II, p. 168.)²⁶ Der Begriff ‚reversibel‘ kommt sodann im Zusammenhang mit so disparaten Konzeptionen wie Handlung, Operation, anschauliche Gestalt, logische Kohärenz, Assimilation und Akkommodation vor. Piaget spricht ebenso von reversiblen Koordinationen, gebraucht die Ausdrücke ‚systematische Exploration‘ und ‚reversible Exploration‘ für denselben Tatbestand, wie er überhaupt jedes systematische Element, das er in einem Verhalten zu beobachten glaubt, auf die Reversibilität zurückführt (vgl. z. B. RE, p. 70, 69, 65).²⁷ Eine sehr wichtige Verbindung, die häufig auftritt und eine große Rolle spielt, ist ‚reversible Komposition‘. Die Beziehung Reversibilität – Operation ist schon beinahe tautologisch, definiert er doch die Operation als „Handlungen, die verinnerlicht sind oder verinnerlicht werden können und die reversibel sind und sich zu Gesamtstrukturen koordinieren“. (EEG, II, p. 45.) Das Verhältnis von Gleichgewicht und Reversibilität ist dagegen schon sehr viel schwieriger zu bestimmen, gibt es doch Texte, in denen die Reversibilität im Gefolge des Gleichgewichts auftritt, und andere, in denen sie das Gleichgewicht vorbereitet und bedingt. Dieses Problem wird uns noch beschäftigen. Welch große Bedeutung der Verbindung ‚reversible Beweglichkeit‘ zukommt, hat der historische Abriss offenbart. Das sind aber nur einige Beispiele für die zahlreichen Verbindungen, die das Adjektiv ‚reversibel‘ eingehen kann. Angesichts dieser verwirrenden Vielfalt von Kombinationen stellt sich die Frage: Kommt dem Begriff der Reversibilität in jeder Verwendung dieselbe Bedeutung zu? Gründen diese zahlreichen Anwendungen alle auf einer einheitlichen Theorie? Die Unterscheidungen, die sich im Verlauf der historischen Entwicklung der Reversibilitätstheorie immer klarer herauskristallisiert haben, sollen uns nun dazu dienen, die Kerngedanken dieser Theorie Schritt für Schritt herauszuarbeiten. Es handelt sich in dieser systematischen Darstellung um unsere Interpretation der Äußerungen Piagets, die wir so deutlich formuliert nirgends finden, die aber, wie uns scheint, die einzig mögliche Systematik ist, die allen Aussagen einigermaßen gerecht zu werden vermag und sie zu einem kohärenten Ganzen verbindet. Der historische Abriss vermochte vielleicht eine Idee zu geben, daß diese Theorie als Leitprinzip hinter den oft so disparat erscheinenden Formulierungen stand.

²⁶ Jean Piaget: Introduction à l'épistémologie génétique, II. Paris, 1950.

²⁷ Jean Piaget et Bärbel Inhelder: La représentation de l'espace chez l'enfant. Paris, 1948.

b) Logische Reversibilität

In der logischen Ordnung ist nach Piaget die Reversibilität das konstitutive Element der Operationen und Operationssysteme und begründet ihre Kohärenz. Wo immer wir logisch kohärente Begriffe und Begriffssysteme analysieren, finden wir Operationen vor, die sich gegenseitig aufheben. Piaget glaubt, zeigen zu können, daß in allen logischen Systemen nicht nur zu jeder Operation eine zu ihr inverse Operation (z. B. ihre Verneinung) existiert, sondern daß aus dieser Tatsache noch andere Gesetzmäßigkeiten folgen, die wir als Grundgesetze der logischen Gruppierung kennenlernen. Es ergibt sich aus alledem die doppelte Konsequenz, daß die logischen Strukturen in der Form von Gruppen und Gruppierungen auftreten und daß die Reversibilität auch das wesentliche konstitutive Merkmal dieser Gruppierungen darstellt. Da jede logische Operation rückgängig gemacht werden kann (= Inversion), können auch Differenzen zwischen logischen Operationen, die ja ihrerseits auch wieder Operationen sind, durch andere Operationen aufgehoben oder egalisiert werden (= Reziprozität).

Damit wird die strikte, absolut kohärente Komposition von Operationen möglich. Es folgt daraus auch, daß Operationen immer und notwendigerweise kohärente Systeme bilden und nie eine Operation für sich allein existiert. In einem solchen System kann man aber immer zu jeder Zeit und ohne jeden Verlust die einzelnen Operationselemente wieder auffinden, sie aus einem bestimmten System herauslösen und in neuen und andersartigen Kombinationen zu anderen oder gleichwertigen Gefügen zusammensetzen. Die Reversibilität ist also das tragende Fundament, die konstitutive Eigenschaft der logischen Strukturen, gleichzeitig ist sie aber nach Piaget auch Kriterium für das tatsächliche Vorhandensein logischer Kohärenz. Sagt er doch: „Die reziproke Assimilation, die von der Koordination der Schemata zeugt, ist also der Ausgangspunkt dieser Reversibilität der Operationen, die auf allen Ebenen als das Kriterium der logischen Strenge (rigueur) und Kohärenz erscheint.“ (NI, p. 366.)²⁸

Konsequenterweise ist die Reversibilität auch der Garant für die Widerspruchsfreiheit des Denkens: „Man kann dieses Gleichgewicht in einem Wort als die Reversibilität der äquilibrierten Operationen bezeichnen. Eine nicht widersprüchliche Operation ist eine reversible Operation.“ (JR, p. 150.)²⁹

Wir können also zusammenfassend formulieren, daß Piaget in der logi-

²⁸ Jean Piaget: La naissance de l'intelligence chez l'enfant. Neuchâtel. Übersetzt: Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde. Stuttgart, 1969.

²⁹ Jean Piaget: Le jugement et le raisonnement chez l'enfant. Paris, 1926.

schen Ordnung unter Reversibilität die bewußte Möglichkeit versteht, logische Operationen durch ihre strikte Umkehrung wiederaufzuheben (auch die Reziprozität setzt letztlich die Umkehrbarkeit voraus). Darum ist die Reversibilität Grundlage und Voraussetzung aller logischen Denkoperationen. Ohne Reversibilität sind keine rationalen Schlüsse, keine komplexen Koordinationen, keine logischen Gruppierungen, keine notwendige Kohärenz und keine Einsicht möglich. Alle rationalen Begriffe und Begriffssysteme erhalten erst durch sie ihre innere Widerspruchsfreiheit. Die logische Reversibilität ist sowohl Grund wie Folge der Deduktion. Sie ist Kriterium für Widerspruchsfreiheit und logische Notwendigkeit, und umgekehrt ist das Kriterium für das Vorhandensein von Reversibilität die Tatsache, daß Begriffe und Begriffssysteme innerlich widerspruchsfrei und logisch notwendig sind.

Diese Aussagen sind nicht kontradiktorisch, weil in der logischen Analyse Reversibilität und Widerspruchsfreiheit (logische Notwendigkeit) nur die zwei Aspekte ein und desselben Phänomens darstellen, d. h. schlechterdings dasselbe bedeuten. Wo darum die Widerspruchsfreiheit noch nicht gegeben ist, da kann auch noch keine logische Reversibilität vorhanden sein, allerhöchstens ein Retour empirique. Die Reversibilität unterscheidet also einsichtige und zwingende Denkoperationen von bildhaften und inkonsequenten Denkvorgängen. Damit ist die logische Reversibilität gleichzeitig auch notwendige Bedingung und konstitutive Eigenschaft eines jeden logischen Gleichgewichtssystems.

c) Die psychologische Reversibilität

Die Reversibilität ist aber für Piaget nicht nur ein Instrument der logischen Analyse, sondern auch ein psychologischer Mechanismus. Die Reversibilität erklärt nicht nur in rein formaler Weise die Verknüpfung logischer Strukturen, sie hat auch eine psychologische Realität und als solche kausalen Charakter. In dieser Perspektive erklärt sie gleichsam von unten her, wie logische Strukturen entstehen. In dieser Sicht ist die Reversibilität auch nicht eine bloß aktuelle Erscheinung, die hic et nunc ablaufende Denkvorgänge charakterisiert, sondern sie ist der Endpunkt einer langen Entwicklung. Darum tritt sie auch nicht gleichsam von außen zu den physischen Handlungen hinzu und verwandelt sie rein äußerlich in logische Strukturen. „Es ist aber unmittelbar einsichtig, daß die reversible und assoziative Komposition sich nicht von außen den physischen Handlungen, die ihnen vorausgehen würden, aufstülpt, sie ist vielmehr eben diese interne und progressive Koordination, die sich ohne äußerliche Inter-

vention mathematischer Beziehungen oder einer formalen Logik bildet.“ (IEG, II, p. 127.)

Die psychologische Reversibilität ist als eine Reihe von kausalverknüpften Handlungen zu verstehen, die in einem progressiven Maße am Wesen der Reversibilität teilhaben. Im Gegensatz zur logischen Reversibilität nimmt die psychologische Reversibilität ein Mehr oder Weniger an, und nur wenn sie ihren höchsten Grad erreicht hat, ist sie der logischen Reversibilität vollständig parallel. Darum kann man von der psychologischen Reversibilität auch sagen, daß sie die Ursache der Entstehung von Gleichgewichtsstrukturen und Prozessen sei. Piaget drückt das z. B. in folgender Weise aus: „Die psychologische Reversibilität drückt einfach auf die direkteste Weise die doppelte Forderung nach Aufbau und nach Reflektion (= logische Schlußfolgerung, d. Ref.) aus. Sie ist der einfache Ausdruck für die Tatsache, daß das Denken auf ein mobiles Gleichgewicht hintendiert, da ja jedes Gleichgewicht sich durch die Reversibilität definiert und da die logische Reversibilität in der Möglichkeit der inversen Operationen besteht.“ (IEG, III, p. 318s.) Die folgenden Abschnitte versuchen nun, die wichtigsten Komponenten und Aspekte der psychologischen Reversibilität im einzelnen darzustellen.

d) Die unvollständige Reversibilität oder die Regulationen

Die erste wesentliche Eigenschaft der psychologischen Reversibilität ist ihre Fähigkeit, ein Mehr oder Weniger zuzulassen. Man möchte beinahe sagen, daß für die psychologische Reversibilität, die ja in erster Linie der ‚Forderung nach Aufbau‘ nachkommt und in kausaler Weise die Entstehung der logischen Strukturen erklärt, die Vorstufen oder Vorformen der vollendeten Reversibilität der wichtigere Teil sind. Welcher Art sind diese Vorformen? Bevor wir diese Frage beantworten, soll ein Text angeführt werden, der den Unterschied zwischen der vollständigen Reversibilität (hier operative Reversibilität) und der unvollständigen Reversibilität recht gut herausstellt: „... es gibt zwei Arten von Identifikationen und zwei Formen von Reversibilität, die sich genau entsprechen, von denen aber jedes Paar einer verschiedenen Denkweise entspricht. Der operativen Reversibilität, die die Ersetzung einer direkten Operation durch ihre inverse darstellt, entspricht die operative Identität, die das Verschmelzungsprodukt der direkten und der inversen Operation (z. B. $+1 - 1 = 0$) ist. Bevor aber die operative Reversibilität und die operative Identität vollendet sind, die ja auch immer mit einer logischen ‚Gruppierung‘ oder einer mathematischen ‚Gruppe‘ solidarisch sind, können anschauliche Erfassung

gen einer möglichen empirischen Rückkehr zum Ausgangspunkt auftreten, und diesen anschaulichen, voroperativen und unvollständigen Formen der Reversibilität können ebenfalls voroperative Formen der Identifikation entsprechen, die als eine Art von Zeugungsakt charakterisiert werden können.“ (GSp, p. 418.)³⁰

Diese Vorformen der operativen Reversibilität nennt Piaget Rhythmen und Regulationen. Die Rhythmen sind die Vorstufen der operativen Reversibilität im Bereich der sensomotorischen Intelligenz, und die Regulationen (oder auch Artikulationen genannt) kündigen die vollständige Reversibilität im Bereich des anschaulichen und vorbegrifflichen Denkens an. „Es ist nun aber leicht einzusehen, daß die Reversibilität der Operationen der Endzustand (aboutissement) der ‚Rhythmen‘ und der Regulationen ist, die den vorhergehenden Stadien eigen sind, obwohl sie andererseits ihnen gegenüber auch eine große Neuheit darstellt.“ Was muß man aber unter einer Regulation verstehen, und in welchem Sinn hat sie an der Endreversibilität der logischen Strukturen teil? „Wir stehen also in einem solchen Fall (wo Regulationen auftreten, d. Ref.) vor zwei entgegengesetzten Tendenzen, von denen die eine die Beziehungen der Ähnlichkeit und die andere diejenige der Verschiedenheit übertreibt. Wenn abwechselungsweise die eine und dann die andere dieser Tendenzen überwiegen würden, hätten wir es noch mit einem Rhythmus zu tun ... in der Regulation aber halten sich diese beiden Tendenzen das Gleichgewicht in einer stabilen Wahrnehmungsform. Doch bleiben auf der Stufe der Verhaltensweisen, die wir hier betrachten, im Gegensatz zu den höheren (operativen) Verhaltensweisen ... die Bedingungen eines solchen Gleichgewichtes auf die betrachtete Situation beschränkt und sind noch nicht von dauerhafter Art ...“ „Ganz fundamental ist aber für solche Gleichgewichtsverschiebungen die Tatsache, daß sie sich nicht zufällig ereignen, sondern nach einem anscheinend ganz allgemeinen Gesetz, das folgendes besagt: Wenn in der äußeren Transformation gewisse Grenzen überschritten werden, so erfolgt eine Gleichgewichtsverschiebung, die die Veränderungen zu korrigieren versucht. Eben diese Tendenz, der anfänglichen Ausrichtung entgegenzuwirken, nennen wir Regulation. ‚Im Bereich‘ der anschaulichen oder vorlogischen Intelligenz, die das Denken des Kindes bis gegen 7 Jahre charakterisiert, bleibt die Regulation das wesentliche Instrument des Ausgleichs (instrument essentiel de réglage), solange die Operationen sich noch nicht gebildet haben, und das ist ganz natürlich, da ja die Formen des Handelns oder Denkens durch die Wahrnehmungs-

³⁰ Jean Piaget, Bärbel Inhelder et Alina Szeminska: La géométrie spontanée chez l'enfant. Paris, 1948.

mechanismen beherrscht bleiben, bevor sie die Ebene der rationalen Operationen erreichen.“ (Trois structures fondamentales, p. 11–14.)³¹

Diese Darstellung der Regulationen bleibt recht abstrakt und dunkel. Sehen wir uns also nach Beispielen um, mit denen Piaget diese Mechanismen belegt. Wir finden nun die interessante Tatsache, daß alle Beispiele, die Piaget von Regulationen gibt, aus dem Bereich der Bildung invarianter Mengenbegriffe stammen. Das bekannteste und immer wieder angeführte Beispiel einer typischen Regulation bezieht sich auf das Mengenurteil über eine vor den Augen des Kindes transformierte Plastilinkugel: „Wenn man z. B. eine Plastilinkugel in eine Wurst verwandelt, werden die Kleinen glauben, sie sei jetzt schwerer, weil sie länger geworden ist, oder sie sei jetzt leichter, weil sie dünner geworden ist. Wenn sie aber die Wurst schwerer schätzen, so genügt es, sie noch mehr zu verlängern, und die Kinder werden ihre Ansicht vor der immer dünner werdenden Wurst ändern und ins Gegenteil fallen. Haben sie aber zuerst die Verdünnung beobachtet (und deswegen gesagt, sie sei leichter), so werden sie jetzt auf der Verlängerung beharren.“ (Trois structures fondamentales, p. 12s.) Wichtiger aber noch als die bloße Tatsache der Regulationen ist die streng regelhafte Abfolge der einzelnen Regulationen. Wenn wir alle Texte zusammenfassen, in denen Piaget von Regulationen spricht und wo er insbesondere zeigt, wie sie als Vorstufen die operative Reversibilität vorbereiten und in geregelter Abfolge zu ihr hinführen, so ergibt sich folgende Darstellung der wichtigsten Regulationserscheinungen. Unsere Darstellung lehnt sich sehr stark an das formalisierte Modell in ‚Logique et équilibre‘ (EEG, II, p. 27–118)³² an und muß unvermeidlicherweise dem Kapitel über die Invarianzbildung vorgreifen. Die Ausführungen sind aber verständlich, wenn man sich ein einfaches Invarianzexperiment, z. B. die Transformation einer Knetekugel, vorstellt, bei der die Dimension der Länge und der Dicke sich in komplementärer Weise verwandeln.

1. Die erste und einfachste Regulation stellt einen Wechsel des Urteils von ‚mehr‘ zu ‚weniger‘ und umgekehrt dar, der als Folge der Verschiebung der Beachtung von einer Dimension zur Komplementärdimension erfolgt. „Man kann zuerst ein einfaches, abwechselndes Verhalten mit variablen Perioden erhalten, so daß die Versuchsperson antwortet, es sei ‚mehr‘, indem sie A (die eine Dimension) zentriert, und dann, es sei ‚weniger‘, indem sie B zentriert oder umgekehrt ... das Auftreten von Retroaktionsprozessen im Übergang von der Zentrierung auf A zur Zentrierung

³¹ Les trois structures fondamentales de la vie psychique: rythme, régulation et groupement. Schweiz. Ztschr. Psychol. Anwend., 1942, 1, 9–21.

³² S. Kap. 3.5.1 dieses Bandes.

auf B und umgekehrt, das heißt die Zunahme der Beweglichkeit, die diese Dezentration darstellt, hat zum Effekt, daß das Gleichgewichtsfeld in Richtung auf die Transformation selber verschoben wird.“ (EEG, II, p. 53s.)

2. Von dieser ersten, beinahe mechanisch und automatisch ablaufenden Regulation unterscheidet Piaget eine zweite Art, bei der vor dem entsprechenden Urteil jeweils ein gewisses Zögern auftritt. Er sagt: „Nachdem die Versuchsperson von einer der beiden komplementären Dimensionen im Verlauf von mehreren aufeinanderfolgenden Situationen zur anderen hinüberwechselte, ohne daß zwischen diesen beiden Verhaltensweisen eine Koordination stattfand, beginnt sie nun zu zögern, bevor sie sich für die eine der beiden entscheidet.“ (EEG, II, p. 51s.)

3. In der dritten Art von Regulationen bleibt äußerlich gesehen die Reaktion dieselbe, aber die Versuchsperson ist sich trotz ihres einseitigen (varianten) Urteils „der Existenz beider Dimensionen klar bewußt“. Sie stützt sich aber in ihrem Urteil dennoch nur auf die eine, „weil sie ihr prädominant erscheint“. „In der nächsten Situation wechselt sie vielleicht ihre Entscheidung.“

4. Die vierte Art von Regulationen besteht darin, daß die Versuchsperson schon beide Dimensionen berücksichtigt, aber dennoch unfähig ist, den Schluß auf eine genaue Kompensation zu vollziehen, weil sie sich einfach nicht entscheiden kann, ob der eine oder der andere der Vergleichsgegenstände ‚mehr‘ sei. Wie entsteht dieses regulative Verhalten? „Der allgemeine Grund dafür ist folgender: Nachdem die Zentrierungen auf A oder B ein für allemal erworben sind (obwohl jede von ihnen unabhängig von der anderen erworben wurde), werden sie nun früher oder später, je nach den Wahrnehmungsgestalten, miteinander auftreten. Wir haben gesehen, wie die Zentrierung auf A aus Kontrastgründen die Zentrierung auf B nach sich zieht und umgekehrt ... So bahnt sich langsam ein systematischer Wechsel an. Wenn diese sich abwechselnden Zentrierungen, die zuerst langsam aufeinanderfolgen, immer schneller werden, dann wird durch diese Tatsache allein in fortschreitendem Maße die Unabhängigkeit der (für die anfänglichen Urteile repräsentativen) Zentrierungen auf A oder auf B abgeschwächt und die Wahrscheinlichkeit der Zentrierung der Verknüpfung A und B verstärkt.“ (EEG, II, p. 67.) „Je öfter die Versuchsperson tatsächlich Verbindung der Form A und B feststellt, desto eher bemerkt sie auch, daß die Veränderungen der einen Dimension mit den Veränderungen der Komplementärdimension solidarisch sind. Mit anderen Worten, die Retroaktion (= Feedback), die vom Urteil über A zum Urteil über B führt, wird früher oder später wie alle Retroaktionen von einem antizipatorischen Prozeß begleitet, der es erlaubt, gleichzeitig die Veränderungen von A und B zu erfassen. Dieser Übergang von Retroaktion zur

beginnenden Kompensation ist durch eine Verminderung der Wahrscheinlichkeit der privilegierten Zentrierungen auf A oder B zugunsten einer progressiven Zunahme der Wahrscheinlichkeit der Beachtung der Verknüpfung (A und B) gekennzeichnet. „In der ersten Regulationserscheinung, die als Folge dieses Prozesses auftritt, kommt es noch nicht zu einer genauen Kompensation: „Im Falle der beiden zueinander verschobenen Stäbe wird sie sagen, daß der eine auf der einen Seite vorsteht und der andere auf der anderen, ohne entscheiden zu können, ob einer länger ist und welcher.“ (EEG, II, p. 52.)

5. Auf dieser Regulation folgt als nächster Schritt bald die fünfte Art, die darin besteht, daß die Versuchsperson bei kleinen Modifikationen eine Kompensation annimmt, nicht aber bei großen: Sie gelangt also „in bestimmten Fällen zu einer De-facto-Invarianz, die aber noch nicht als notwendig erkannt wird“ und deswegen auch noch nicht auf alle möglichen Fälle generalisiert wird. (EEG, II, p. 52.) Bei dieser Regulation haben wir zum erstenmal nicht mehr ein Schwanken zwischen zwei varianten Urteilen, zwischen einem ‚mehr‘ und einem ‚weniger‘ oder einem ‚mehr hier‘ und einem ‚mehr da‘, sondern ein Wechseln von Varianz zu Invarianz und umgekehrt.

6. Der reversiblen Operation am nächsten steht die sechste Art von Regulationen. Es handelt sich um die ‚empirische Rückkehr‘. Das Urteil ist variant, aber die Versuchsperson stellt fest, daß es „wieder gleich viel sein wird“, wenn man die Transformation rückgängig macht. Die Entstehung dieser Regulation kann so erklärt werden: „Indem die Versuchsperson aufgrund eines gleichzeitig retroaktiven und antizipatorischen Prozesses die bis jetzt unverbundenen Modifikationen der Dimensionen A und B in ein und derselben Relation vereinigt, verzichtet sie auf eine einseitige Beachtung der statischen Wahrnehmungsgebilde und beachtet die Transformation als solche. An diesem Punkt der Entwicklung tritt oft (...) ein Verhalten auf, ..., das darin besteht, die Elemente auf ihren Anfangszustand zurückzubringen, um zu kontrollieren, ob sie damit ihre Gleichheit zurückgewinnen.“ (EEG, II, p. 52.)

Wir können zusammenfassend feststellen, daß die Regulationserscheinungen tatsächlich die Vorformen der Reversibilität sind und immer in streng gesetzmäßiger Reihenfolge auftreten. Sie bereiten die reversible Operation vor, kündigen sie an. Regulationen und reversible Operationen sind aber nicht verschiedene Handlungen, es sind dieselben Handlungen in einem verschiedenen Auflockerungs- und Beweglichkeitszustand. Eine Operation ist, wie Piaget sagt, „eine Regulation, die vollständig reversibel geworden ist“. (EEG, II, p. 37.) Damit ist das Stichwort für unseren folgenden Punkt gefallen.

e) Reversibilität als Grenzwert der Beweglichkeit

Im vorigen Abschnitt zeigte sich schon, daß Piaget das verbindende Element zwischen den Regulationen und den reversiblen Operationen in der Beweglichkeit der Strukturen sieht. Es ist der verschiedene Grad an Beweglichkeit, der die inneren Handlungen im Stadium der Regulationen und im Stadium der Reversibilität voneinander unterscheidet. Der Entwicklungsgang der Denkstrukturen, der von den angeborenen Reflexen ausgeht, über äußere Handlungs- und Wahrnehmungsschemata durch einen Verinnerlichungsprozeß zu Artikulationen und Regulationen der Vorstellungstätigkeit und schließlich zu den vollständig reversiblen Operationen des rationalen Denkens führt, ist in allererster Linie ein ununterbrochener Auflockerungsprozeß, durch den die relativ schwerfälligen und trägen äußeren Handlungen immer beweglicher gestaltet werden, bis sie in den verinnerlichten Operationen einen solchen Grad der Beweglichkeit erreichen, daß sie sich zeitlos schnell abspielen können.

Die Rolle dieser Beweglichkeit im Piagetschen Denkmodell offenbart sich schon im ersten Kapitel. Es zeigte sich dort, daß Piaget das wesentliche Unterscheidungsmerkmal von sensomotorischer und rationaler Intelligenz geradezu in der verschiedenen Schnelligkeit und Beweglichkeit der Denkprozesse sieht. Da aber dieser Punkt so grundlegend wichtig erscheint, wollen wir, neben all den im historischen Teil zitierten Stellen, zum Beleg noch folgenden Text anführen: „Die Grundwahrheit (im Aufbau der Koordinationen, d. Ref.) . . . ist die notwendige Beweglichkeit im Vollzug der Operationen in ihren Kombinationen und Dissoziationen, in ihrem Aufbau und gleichzeitigen Wiederaufbau“ (La vérité profonde, c'est la défaut de la mobilité pour conduire les opérations, pour les combiner et les dissocier, pour construire et reconstruire simultanément). (GN, p. 223.)³³ Der höchste Grad der Beweglichkeit ist die Möglichkeit, eine Handlung gleichzeitig in beiden Richtungen zu vollziehen, sie also gleichzeitig ‚hinzustellen‘ und im selben Augenblick ‚wieder wegzunehmen‘. Das bedeutet aber, daß diese Handlung reversibel geworden ist. Aus dieser Bedeutung der Reversibilität als Grenzwert der Beweglichkeit, als zeitlos schneller Verlauf einer inneren Handlung in beiden Richtungen, ergibt sich eine doppelte Konsequenz:

1. Mit dem Vollzug einer Operation kann gleichzeitig ihre Umkehrung mitvollzogen werden: Das heißt, eine Operation wird im selben Augenblick vollzogen und wieder rückgängig gemacht.

³³ Jean Piaget et Alina Szeminska: La genèse du nombre chez l'enfant. Neuchâtel, 1941. Übersetzt: Die Entwicklung des Zahlbegriffs beim Kinde. Stuttgart, 1965.

2. Gleichzeitig kann somit mit dieser Operation auch noch eine andere Operation vollzogen werden, die sie ergänzt oder kompensiert.

Nur diese Konsequenzen machen es verständlich, daß Piaget uns immer wieder sagen kann, die Reversibilität ermögliche die exakte Kompensation. Sie sei als psychologische Reversibilität die Ursache der logischen Koordination, sie verwandle innere Handlungen in logische Operationen. Man versteht nun auch, warum eine reversible Operation nie isoliert bleiben kann, sondern sich mit anderen immer zu kohärenten Systemen zusammenschließt. Reine und vollständige Reversibilität ist also gleichbedeutend mit höchster Beweglichkeit der verinnerlichten Handlungen. Die Grundtatsache der ‚Reversibilisierung‘ ist also die Mobilisierung der inneren Strukturen. Dieser ‚Auflockerungsprozeß‘ darf aber nicht als ein passives, von ‚außen‘ aufgenommenes Geschehen gedacht werden. Der Motor liegt in den Handlungen selber, im Tätigsein des Subjektes, nicht in äußeren Einflüssen. Eine wesentliche Voraussetzung dieses Auflockerungsprozesses stellt die zunehmende Verinnerlichung dar. Piaget weist an vielen Stellen auf diesen Zusammenhang hin. Der Prozeß der Beweglichmachung (Reversibilitätsprozeß) und der Prozeß der Verinnerlichung der zuerst nur äußerlich vollzogenen Handlungen gehen Hand in Hand, der eine bedingt den anderen und hängt von ihm ab.

f) Koordination und Reversibilität

Die Beweglichkeit der Strukturen ist die notwendige Voraussetzung für ihre Koordination und Kompensation. Durch die Koordination bestehender Strukturen kommt es aber im Denken zur Ausbildung immer komplexerer Systeme und Theorien. Die Entwicklung des Denkens kann darum auch ein Konstruktionsprozeß genannt werden. Eine vollständige Koordination und vollkommene Kompensation vorhandener Strukturen sind jedoch nur dort möglich, wo die Strukturen reversibel geworden sind. Die Handlungen können sich ja nur dann ergänzen, wenn sie so schnell ablaufen, daß sie gleichzeitig miteinander auftreten können. Das geschieht dadurch, daß „infolge eines Kontrastphänomens der Zentrierung auf die eine Dimension (A) die Zentrierung auf die andere Dimension (B) folgt usw. Aber der umgekehrte Verlauf ist nun genauso gut möglich und aus genau denselben Gründen. So kann sich ein Wechsel einspielen (eine wechselnde Beachtung der beiden Dimensionen). Wenn dieses Wechselspiel, das zuerst langsam verläuft, immer schneller wird, so vermindert sich dadurch in fortschreitendem Maße die Unabhängigkeit der Vorstellungszentrierungen auf A oder auf B und verstärkt damit die Wahrscheinlichkeit

der Verknüpfung A und B“ (EEG, II, p. 67). (Weil er uns so wichtig erscheint, haben wir diesen Text noch einmal angeführt.) Wie wir aus früheren Erörterungen wissen, sind diese Koordinationen und Kompensationen gleichzeitig ein Assimilations- und Akkommodationsprozeß. Dazu nur ein Text: „Die Kompensation resultiert... aus der gegenseitigen Anpassung (ajustement réciproque) zwischen Assimilation und Akkommodation“ (IEG, II, p. 168).

g) Reversibilität als Voraussetzung, Ursache und konstitutive Eigenschaft des Gleichgewichts

Reversibilität und Gleichgewicht gehören zusammen, so sehr, daß man in vielen Texten den Eindruck hat, Reversibilität stehe für Gleichgewicht und umgekehrt, und daß Bruner (1959) den Standpunkt vertritt, daß der Begriff des Gleichgewichts dem der Reversibilität nichts hinzufüge, sondern nur die Terminologie unnötig bereichere und das Verständnis erschwere. Piaget verteidigt sich (EEG, XV, p. 20 und 140s)³⁴ gegen diesen Vorwurf, indem er, von Papert unterstützt, die Notwendigkeit, den Gleichgewichtsbegriff einzuführen, mit der Notwendigkeit, die Entstehung der verschiedenen, aufeinanderfolgenden regulativen und reversiblen Systeme zu erklären, begründet. Offenbar nimmt Piaget (und Papert) in dieser Rechtfertigung den Reversibilitätsbegriff nur im Sinne der logischen oder operativen Reversibilität. Das tut er aber im Widerspruch zu vielen anderen Stellen, von denen wir einige zitiert haben. Erklärt er doch sonst das Werden der gleichgewichtigen Strukturen eben durch den Mechanismus der psychologischen und kausal aufzufassenden Reversibilität. Wobei er, wie wir gesehen haben, jeder Abstufung der zunehmenden Reversibilität auch ein entsprechendes unvollkommenes, vorläufiges und unstabiles Gleichgewicht zuschreibt. Zum Beleg sei hier nur der sehr klare und systematische Text aus ‚Logique et équilibre‘ zusammenfassend dargestellt. Der 4. Punkt ist der entscheidende, er beschreibt die Entstehung des Gleichgewichts und der operativen Reversibilität: Die ersten drei Punkte dienen nur der Vorbereitung, sie charakterisieren das Gleichgewicht:

1. Das Gleichgewicht der logischen Strukturen ist nicht ein Sonderfall, sondern einer der vielen Fälle, wo das lebende Individuum durch „homeostatische Eigenschaften“ in seinen Austauschfunktionen mit der Umwelt bestimmt wird.

³⁴ Léo Apostel et al.: La filiation des structures. Etudes d'épistémologie génétique, XV. Paris, 1963.

2. Gleichgewicht ist nicht gleichbedeutend mit Ruhezustand. Im Gegenteil, die „bestäquilierten Zustände setzen ein Maximum an Tätigkeit und ein Maximum an Offenheit im Austauschgeschehen voraus“.

3. Das Gleichgewicht als ein aktiver und stabiler Zustand in einem offenen System enthält ein Moment der Spontaneität und gleichzeitig eine innere Tendenz zur Kohärenz. Diese Kohärenz bringt die Stabilität hervor, die selber auf einem Spiel „von aktiven Kompensationen“ beruht. Und hier nun die entscheidende Stelle:

4. Die Mechanismen, die diese Kompensationen gewährleisten, sind Regulationen (Regulationsmechanismen oder ‚feedbacks‘). Aus diesen Regulationen entstehen nach und nach aufgrund ihrer wachsenden Beweglichkeit und damit gegebenen besseren Koordination und Kompensation die logischen Operationen, die durch strikte Reversibilität charakterisiert sind. Diese „in Bildung begriffenen logischen Operationen... stützen sich aber nicht von außen über diese Regulationen, sondern stellen im Gegenteil ihr Endgleichgewicht dar. Denn eine Operation ist eine Regulation, die vollständig reversibel geworden ist in einem vollständig äquilibrierten System, und zwar gerade deswegen vollständig reversibel, weil vollständig äquilibriert...“ (EEG, II, p. 36–37).

Wenn wir uns vor Augen halten, daß die Regulationen und die wachsende Beweglichkeit für Piaget unvollkommene Formen der psychologischen Reversibilität darstellen, dann sagt dieser Text erstens, daß die psychologische Reversibilität das (vollständig) reversible Endgleichgewicht kausal hervorbringt. Zweitens behauptet er aber auch im selben Atemzug, daß das erreichte System „gerade deswegen vollständig reversibel sei, weil vollständig äquilibriert“. Man muß aber hier offensichtlich ‚äquilibriert‘ im Sinne von „durch einen Reversibilisierungsprozeß entstanden“ verstehen, und dann muß man sich wirklich fragen, was der Begriff der Äquilibration dem der wachsenden Reversibilität noch hinzufügt. In der logischen Analyse läßt sich natürlich das Gleichgewicht immer als eine Eigenschaft des umfassenden Systems definieren, das wesentlich durch die Reversibilität ihrer Elemente charakterisiert ist, und ebenso kann man die mannigfaltigen Reversibilisierungsprozesse einzelner Handlungen, die zu einem gleichgewichtigen System von Strukturen führen, von dem sie alle zusammenfassenden Äquilibrationsprozeß unterscheiden. Aber natürlich ist der operationale Wert einer solchen (logisch berechtigten) Unterscheidung gleich Null, und Bruners Kritik scheint uns daher berechtigt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß Reversibilität nicht ein Begriff mit einer einzigen, exakt definierten Bedeutung ist. Nur die logische Reversibilität ist streng definiert. Reversibilität im Sinne Piagets ist eine umfassende, die ganze Entwicklung des Denkens bestimmende Theorie mit

einem sehr starken mechanistischen Einschlag. Man denke an die Grundbedeutung der psychologischen Reversibilität als eines kausalen Auflockerungsprozesses, der die Strukturen immer beweglicher macht und eine geordnete Reihe von Übergangsformen erzeugt.

h) Die Reversibilitätstheorie als Entwicklungstheorie

Dank des fortlaufenden Auflockerungs- oder Reversibilisierungsprozesses wandeln sich die rigiden Strukturen der Anschauung und vorbegrifflichen Vorstellung nach und nach in Operationen um. Diese Umwandlung erfolgt in regelhafter Weise über eine Reihe von Regulationen. Es stellt sich nun die Frage: Wodurch ist die Abfolge dieser Regulationen bestimmt? Zur Erklärung bieten sich drei Alternativen an: Anlage, Dingerfahrung und soziale Vermittlung. Wir wissen, daß Piaget die Wirksamkeit dieser drei Faktoren keineswegs ausschließt, aber sie stellen seiner Ansicht nach nur notwendige Bedingungen, nicht aber wesentliche Ursachen dieses Strukturwandels dar. Als wichtigsten und wesentlichsten Faktor in diesem Entwicklungsverlauf sieht er den Aquilibrationsprozeß, der durch die zunehmende Reversibilität der Strukturen gekennzeichnet ist. Wie aber soll die bloße Auflockerung der inneren Strukturen ihr bewegliches Zusammenspiel, ihre gegenseitige Assimilation und Akkommodation, einen gesetzmäßigen Ablauf, einen stets fortschreitenden und höher steigenden Entwicklungsverlauf zur Folge haben? Hier fehlt offensichtlich noch ein Glied in der Beweiskette, ein wesentlicher Faktor, denn das innere Spiel dieser Handlungen kann ohne einen bestimmenden und lenkenden Faktor nur dem Zufall gehorchen. Diesen entscheidenden, die Richtungweisenden Faktor glaubt Piaget in der sequentiellen Wahrscheinlichkeit zu finden. Was versteht man unter „sequentieller Wahrscheinlichkeit“? Auf jede Stufe eines neuen regulativen Gleichgewichts werden auch neue Gleichgewichtsverschiebungen möglich. Mit anderen Worten, die Strukturen, die sich auf dieser Stufe gebildet haben, befähigen nun wiederum zu neuen Koordinationen, die vorher ausgeschlossen waren. Diese möglichen Koordinationen besitzen nicht alle dieselbe Wahrscheinlichkeit. Eine davon besitzt die größte Wahrscheinlichkeit, sie wird darum eher eintreten als die anderen und dann zu einem neuen regulativen Gleichgewicht führen. So ist die Abfolge der einzelnen regulativen Gleichgewichtsstufen durch die jeweiligen Wahrscheinlichkeiten der vorangehenden Stufe festgelegt. Diese Wahrscheinlichkeiten sind nicht in der Anlage mitgegeben, sondern ergeben sich durch das Zusammenspiel aller Faktoren, sowohl der effektiven wie der intellektuellen, in jedem Moment der Entwicklung. Sie sind die

Folge der sich gegenseitig beeinflussenden Handlungen und affektiven Tendenzen. Piaget hat dieses Modell der „sequentiellen Wahrscheinlichkeit“ an der Invarianzentwicklung exemplifiziert. Wir werden darum im Kapitel über die Invarianz noch einmal darauf zurückkommen (vgl. EEG, II, p. 60ss, *Genèse et structure*,³⁵ p. 40ss, *Traité de Ps. exp.*, VII³⁶, p. 152s). Der ‚Reversibilisierungsprozeß‘ und die ‚Aquilibration‘ stellen also in der Auffassung Piagets eine neue Alternative zu den bisherigen Entwicklungstheorien dar, die sich entweder auf Anlage oder Umwelt berufen. Diese Aquilibrations- oder sequentielle Wahrscheinlichkeitstheorie kann ihre Verwandtschaft mit neueren kybernetischen Modellen und auch philosophischen Theorien (vgl. z. B. Nikolai Hartmann, *Philosophie der Natur*) nicht verleugnen. Sie bildet den konsequenten Versuch, sowohl die Anlagekausalität (die aristotelische Formalursache) wie auch die Finalität (oder Finalursache) aus der Entwicklung auszuschließen. Dann bleibt aber nur noch die effiziente Kausalität. Um nun das Lebewesen trotzdem nicht vollständig von äußeren Impulsen abhängig zu machen und ihm seine Eigenständigkeit zu belassen, versucht Piaget, die Entwicklung vor allem durch die Interaktion der inneren Strukturen und Prozesse zu erklären. Er glaubt an die Möglichkeit, diese Interaktionen und die sich daraus ergebenden Stufenabfolgen in einem theoretischen Modell nachvollziehen zu können. Das Grundprinzip dieses Modells, das alle Gedankengänge Piagets trägt, ist, wie wir gesehen haben, die Reversibilität.

³⁵ S. Kap. 3.4 dieses Bandes.

³⁶ S. Kap. 3.1.1 dieses Bandes.

4. Empirische Beiträge zu einer Lernpsychologie Piagets

4.1. Einführung

Zur Zeit liegen etwa 150 experimentelle Studien vor, die sich mit den Bedingungen des Lernens der von der Genfer Schule beschriebenen Strukturen beschäftigen. In diesen Studien sind vielfältige Lerntechniken zur Anwendung gekommen, die teils aus der allgemeinen didaktischen Praxis, teils aus der traditionellen Lernpsychologie bekannt sind, aber es sind auch neue Techniken konzipiert worden, konzipiert aus der entwicklungspsychologischen Analyse der Fehler und Verständnisschwierigkeiten der Kinder. Gemessen an der ungeheuren Vielfalt und Breite des Gesamtwerkes Jean Piagets und der Genfer Schule behandeln diese Lernstudien nur einen außerordentlich engen Ausschnitt: den Ausschnitt des Übergangs vom voroperatorischen zum operatorischen Denken und hier insbesondere den Erwerb der Konstanzbegriffe. Man sollte meinen, daß 150 Arbeiten in einem so engen Rahmen einen Vergleich der Effizienz der verschiedenen Lernmethoden gestatten würden. Dies ist leider nur beschränkt der Fall. Die Untersuchungen unterscheiden sich in vieler Hinsicht, nicht nur in der verwendeten Lerntechnik: Es gibt kaum zwei Untersuchungen, in denen die Merkmale der verwendeten Stichprobe, des Materials und der Aufgabenstellung hinreichend vergleichbar wären, als daß die Ergebnisse verschiedener Studien direkt aufeinander bezogen werden könnten. Vergleiche der Effizienz verschiedener Lernmethoden sind also nur innerhalb der einzelnen Untersuchungen möglich, erscheinen aber auch dort wegen mangelhafter Kontrolle relevanter Variablen vielfach problematisch. Ein Vergleich der Effizienz der Lerntechniken ist aber auch nicht das primäre Ziel der folgenden Übersicht. Vielmehr steht der Versuch im Vordergrund, einen Zusammenhang zwischen Piagets Entwicklungstheorie und den verwendeten Lerntechniken aufzuzeigen. Insbesondere werden wir unser Augenmerk darauf lenken, inwiefern — durch Piagets Theorie angeregt — neue Lerntechniken konzipiert wurden, die aus der traditionellen Lernpsychologie nicht abgeleitet werden könnten. Sodann wird zu prüfen sein, ob Piagets Theorie einen Beitrag zur Deutung der in der allgemeinen Lernpsychologie und der didaktischen Praxis erprobten Verfahren zu leisten vermag.

Nachdem Aebli (1951) einen ersten didaktischen Versuch unternahm, der auf Piagets System fußte, beschäftigten sich Ende der fünfziger Jahre in

Genf mehrere Autoren mit dem Lernen kognitiver Strukturen. Sie alle versuchten einerseits, den Nachweis zu erbringen, daß Lernen im Sinne empiristischer Theorien, insbesondere Lernen durch empirische Feststellungen (dessen Rationale ein sensualistischer Empirismus liefert), nicht zur Bildung operatorischer Strukturen führt. Sodann wurde dazumal (Morf, 1959, Gréco, 1959 u. a.) der Versuch gemacht, aus Piagets Entwicklungspsychologie neue Lernmethoden zu konzipieren. Es stellte sich in der Regel als sehr schwierig heraus, überhaupt Erwerbungen zu fördern, die mit den Erwerbungen der spontanen Entwicklung vergleichbar waren. Piaget (1959) nahm das zum Anlaß, die Rolle einer systematisch gelenkten Erfahrung für die Entwicklung abzuwerten. Auch in den nachfolgenden Jahren waren die Erfolge der systematischen Lernversuche sehr mager. Die ersten deutlichen Erfolge wurden von Kohnstamm (1963) und Ojemann und Pritchett (1963) berichtet. Es handelt sich dabei um recht komplexe didaktische Versuche, in denen die Pbn einer systematischen Belehrung unterzogen wurden. Kohnstamm und Ojemann und Pritchett können überzeugend nachweisen, daß durch eine systematisch gelenkte Erfahrungsaufnahme Erwerbungen zu erzielen sind, und zwar weit vor dem Alter, in dem diese in der normalen Entwicklung zu erwarten wären.

In der Folge werden immer häufiger deutliche Lernerfolge gemeldet. Diese Befunde weisen übereinstimmend darauf hin, daß der Entwicklungsgang durch systematisch gelenktes Lernen stark beschleunigt werden kann. Sie stellen für Piaget ein Problem dar, insofern als dieser die spontane Natur der Entwicklungsprozesse betont. Piaget ist hier dem geistigen Erbe Rousseaus verpflichtet. Der Glaube an die spontane Natur der Entwicklung ist ein Stück Ideologie, das sich möglicherweise in den Beschäftigungsschwerpunkten Piagets niedergeschlagen hat. Piaget hat selbst nie einen systematischen Versuch unternommen, den Entwicklungsgang durch Lernen zu beschleunigen. Dem entspricht, daß er sich vergleichsweise wenig mit den Mechanismen des Übergangs von einem Stadium zum nächsten beschäftigt hat (Kessen, 1962), und dem entspricht ebenfalls, daß er seine Hauptaufgabe in der Beschreibung und Interpretation der Entwicklungsabfolgen sah. Schließlich spiegelt sich diese Haltung in der Erklärungsweise für Entwicklungsabfolgen. Piaget hat nie versucht, den Entwicklungsprozeß in einer detaillierten Funktionsanalyse zu untersuchen, Entwicklung in einem Netz funktionaler Abhängigkeiten zu sehen, in dem man unabhängige, experimentelle Variablen unterscheiden könnte, wie beispielsweise die Lernpsychologie ihren Gegenstand angeht. Er interessiert sich nicht wie die Lernpsychologen für die Frage, in Funktion welcher Bedingungen eine Veränderung geschieht.

Wohl hat er gesehen, daß sich Entwicklung in verschiedenem Milieu schnell-

ler oder langsamer vollziehen kann, was auch er auf den Einfluß sozialer Faktoren zurückführt. Er erwähnt auch sporadisch irgendwelche Lernbedingungen, wie beispielsweise Hemmungen, Sättigungen, die zu Dezentrierungen führen usw. Aber der ganze Komplex der Lernbedingungen hat ihn nicht interessiert, vermutlich aus der Haltung heraus, daß diese Bedingungen in den spontanen Auseinandersetzungen des Individuums mit seiner Umwelt zwar eine Rolle spielen können, daß sie aber nicht systematisch und gezielt für eine Beschleunigung des Entwicklungsverlaufes genutzt werden können.

So hat er den Entwicklungsprozeß im wesentlichen unter einer einzigen Perspektive untersucht, unter der Perspektive der Derivation neuer Strukturen aus den vorher aufgebauten Strukturen. Die für ihn letztlich einzig interessante Frage ist die Frage, warum eine Entwicklungssequenz so und nicht anders sein muß, warum ein Entwicklungsschritt vor dem nächsten erfolgen muß. Die Bedingungen, unter denen ein weiterer Entwicklungsschritt denn tatsächlich erfolgt, untersucht er nicht mehr.

4.2. Operatorisches Üben

Der bisher umfangreichste und geschlossenste Versuch der Anwendung des Systems Piagets auf didaktische Probleme stammt von Hans Aebli (Aebli, 1961 und 1963 b). In seiner 1951 im französischen Original erschienenen Arbeit „Didactique psychologique“ stellt Aebli einer traditionellen, auf einem Empirismus beruhenden Didaktik Prinzipien einer operatorischen Didaktik gegenüber, die er im wesentlichen aus dem System Piagets herleitet. Für Piaget besteht kognitives Lernen in der Konstruktion von Begriffen und Operationen. An einer kognitiven Struktur können wir Elemente (Dimensionen, Merkmale usw.) und Operationen unterscheiden, die spez. Verknüpfungen arithmetischer, räumlicher, zeitlicher, kausaler Art usw. zwischen den Elementen herstellen. In Piagets System ist ein Ausgangszustand des Lernens definiert durch die Existenz von nichtverbundenen Elementen und von nichtverbundenen Teiloperationen. Der Lernprozeß (oder Entwicklungsprozeß) besteht in der Koordinierung und Integration (*mettre en relation*) der Elemente und Teiloperationen.

Die qualitative Unterschiedlichkeit der möglichen Verbindungen erklärt Piagets Zurückweisung des Assoziationismus. Die Unterschiedlichkeit räumlicher, geometrischer, mechanischer, arithmetischer u. a. Beziehungen kann nicht adäquat mit dem Begriff der Assoziation, der assoziativen Verbindung beschrieben werden. Ebenso wenig kann der Prozeß der Aneignung einer Operation oder eines Prozesses durch den Begriff der Ab-

straktion adäquat beschrieben werden, zumindest wenn man die empiristische Interpretation dieses Begriffes zugrunde legt.

„Nehmen wir zuerst das Beispiel der gewöhnlichen Brüche. In der Logik der sensualistisch-empiristischen Psychologie und Erkenntnistheorie ist es begründet, den Bruchbegriff als Ableitung aus Vorstellungsbildern, aus ‚Anschauungen‘ von Flächen und Linien aufzufassen, die in Abschnitte unterteilt sind. Sehen wir einen in mehrere Stücke zerlegten Kuchen, das in mehrere Sektoren geteilte Zifferblatt einer Taschenuhr, ein Fenster, das sich aus mehreren Scheiben zusammensetzt, so prägen sich, wie man sagt, diese Eindrücke unserem Bewußtsein ein, und zwar durch einen Vorgang, der der Aufnahme eines Bildes auf einer fotografischen Platte entspricht. Dann folgt ein Abstraktionsvorgang, mit dessen Hilfe wir von den Bildern zum allgemeinen abstrakten Begriff des Bruches übergehen. Dabei kommt es zur Ausscheidung der nebensächlichen Merkmale, wie Form, Farbe, Stoff des Ganzen und seiner Teile. Diese Ausscheidung der zufälligen Züge rühre von der Wahrnehmung verschiedener Gegenstände her, die alle in eine gegebene Anzahl von Teilen zerlegt sind. So behalten wir einen schematischen Kern der verschiedenen Bilder, nämlich den allgemeinen Begriff eines in gleiche Teile zerlegten Ganzen, kurz den Begriff ‚Bruch‘.“ (S. 18 f.)

Sehr deutlich wird die Grundhaltung des Empirismus (Aebli, 1963 b) in der Ansicht J. St. Mills, der Geist empfangt die (mathematischen, physikalischen, biologischen und andere) Begriffe von außen; man gewinne sie stets nur auf dem Wege des Vergleichens und der Abstraktion. Demgegenüber steht Piagets Meinung: „Abstraktion (von konkreten praktischen Handlungsmustern wie von wahrgenommenen Daten) kann gewisse Strukturen von zufälligen, irrelevanten Zügen befreien, aber sie führt nicht zu der Bildung neuer begrifflicher oder operativer Strukturen. Diese müssen in einem Prozeß der Konstruktion aufgebaut werden. Wovon sollte der Begriff der Geschwindigkeit abstrahiert werden, wenn das Kind noch nicht in der Lage ist, Strecke und Zeit miteinander zu verbinden? ... In diesem Sinne gibt es keine Verwandtschaft zwischen Piagets Deutung der Begriffsbildung durch Konstruktion und den Deutungen Achs (1921), Wygotskys (1939), Hovlands (1952) und Bruners (1956) der Begriffsfindung durch Abstraktion von irrelevanten Dimensionen ...“ (Aebli, 1970). Eine neue Operation aufbauen heißt dabei für Aebli: bekannte Operationen auf neuartige Weise zusammenordnen. „Die entscheidende geistige Leistung ist ein Akt der Synthese, kraft dessen die bekannten Teiloperationen zur neuen Operationsgestalt zusammengefaßt werden“ (Aebli, 1961, S. 79).

Jedem unvoreingenommenen Leser und insbesondere jedem Lehrer wird es unmittelbar einleuchten, daß Piagets Konstruktionsmodell kognitives Lernen beschreiben kann. Unter lernpsychologischem Aspekt ist es aber darüber hinaus interessant zu wissen, ob Piaget über das Strukturmodell

hinaus bestimmte Prinzipien nennt, die den Lernprozeß einer Operation und eines Begriffes erleichtern. Aebli stellt in der Beantwortung dieser Frage zwei fundamentale Grundsätze heraus: 1. Der Lernende muß (im Gegensatz zur Meinung des Sensualismus) in aktive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand gebracht werden. 2. Der Aufbau starrer Denkgewohnheiten und Lösungswege muß durch geeignete Methoden verhindert werden (im Gegensatz zur Meinung des Empirismus behavioristischer Prägung, der gerade den Aufbau von Gewohnheiten untersucht). (S. auch Kap. 4.8.)

Der erste Grundsatz steht in Übereinstimmung mit Piagets Grundannahme „Penser, c'est opérer“. Wir haben gesehen, wie sich dieser Grundsatz gegen eine Abbildtheorie des Lernens abhebt. Zeigt man im Unterricht einen Gegenstand oder ein Bild vor, so wird es vielfach geschehen, daß die Kinder kein Bild oder ein sehr unzulängliches Bild vom Gegenstand erwerben. Schon erwähnt ist Piagets Demonstration dieses Tatbestandes in seinen Untersuchungen zur Entwicklung des Begriffes der Horizontalität (Piaget/Inhelder, 1948). Stellt man Kindern im Alter von fünf bis sieben Jahren die Aufgabe, das Flüssigkeitsniveau in einer gekippten Flasche zu zeichnen, dann wird man feststellen, daß die Kleinen das Flüssigkeitsniveau nicht horizontal einzeichnen. Oft wird es vertikal sein, oder die Flüssigkeit wird in einer Ecke der Flasche zusammengeballt gezeichnet. Versucht man nun, den Kindern die Erkenntnis der wirklichen Verhältnisse dadurch zu vermitteln, daß man ihnen das Flüssigkeitsniveau in gekippten Gefäßen vorzeigt, dann wird der Sensualist überrascht feststellen, daß dieses Vorzeigen der wirklichen Verhältnisse in der Regel nichts nützt. Das Kind ist nicht in der Lage, allein aus dem Vorzeigen etwas zu lernen. Entsteht kein Abbild? Entsteht kein korrektes Abbild? Und warum nicht?

Hier spielt Piagets Begriff der Assimilation herein. Seine fundamentale Überzeugung ist es, daß Kenntnisse über die Wirklichkeit nur mit Hilfe von Assimilationsschemata gewonnen werden können. Nicht die Existenz von Stimuli sichert Erkenntnis, sondern die Assimilation der Wirklichkeit durch das Subjekt. Informationen aus der Wirklichkeit drängen sich nicht auf, prägen sich dem Geist nicht ein, sondern sie müssen assimiliert werden, wenn sie erfahren werden wollen. Die Assimilation wird möglich, wenn das Subjekt über ein Assimilationsinstrument (ein Assimilationsschema) verfügt. Ein Gegenstand wird nur dann als greifbar erkannt, wenn das Kind über ein Greifschema verfügt. Die Anzahl der Elemente einer Kollektion wird nicht im Geist abgebildet, sondern sie muß gezählt werden. Dafür braucht das Kind den Zahlbegriff und die Zähloperation. Will der Lehrer sichergehen, daß das Kind den Gegenstand oder besser

das an dem Gegenstand erkennt, was er für wichtig hält, muß er sichern, daß das Kind über die notwendigen Assimilationsschemata verfügt und daß es diese auch verwendet. Vorzeigen alleine genügt also nicht, in vielen Fällen muß die Assimilation des Vorzeigten gelenkt werden.

Dies sieht Aebli vor allem in einer didaktischen Maßnahme gesichert, in der dem Lernenden nicht fertig vorbereitete Bilder gezeigt werden, sondern in der der Lehrer diese Bilder entstehen läßt. Angenommen, der Lehrer will den Begriff des Bruches einführen: Er teilt dann vor dem Schüler verschiedene Gegenstände oder Flächen in eine Anzahl von Teilen. Der Schüler wird aufgefordert, dieser Darbietung zu folgen. „Was geht nun in den Zuschauern vor? Die Psychologie J. Piagets liefert auf diese Frage eine sehr überzeugende Antwort: Der Schüler vollzieht die ihm vorgeführten Operationen innerlich mit“ (Aebli, 1963 b, S. 62). Da dieses innerliche Mitvollziehen auch noch mißlingen kann, wird es vielfach notwendig sein, den Schüler zu veranlassen, die Teilung selbst zu vollziehen. Ähnlich verhält es sich, wenn der Lehrer den Begriff der Höhenlinien in einer Landkarte erklären will: Er wird nach Möglichkeit ein dreidimensionales Bergmodell in horizontalen Scheiben abtragen oder besser noch vom Schüler selbst abtragen lassen. Konkretes Manipulieren und Experimentieren sichern am ehesten die Einführung einer Operation. Dieser didaktische Grundsatz Aebli ist eine direkte Anwendung von Piagets Theorie der Operation: „Was ist eine Operation, wie vereinigen und trennen, setzen und versetzen, ordnen und verändern der Ordnung usw.? ... Das ist eine Handlung des Subjektes und eine Handlung, die sich die Gegebenheiten, auf die sie sich bezieht, assimiliert ...“ (Piaget, 1946, S. 254). Fassen wir zusammen: Piaget ist der Meinung, daß Operationen (verinnerlichte) Handlungen seien, woraus folgt, daß man die Operation dadurch effizient einführen kann, daß man die Handlungen ausführen läßt. Allerdings muß die Handlung nicht immer effektiv ausgeführt werden, vielfach wird ein innerliches Nachvollziehen ausreichen.

Was die Psychologie Piagets vor allem von der Abbildtheorie unterscheidet, ist, daß sie den wesentlichen Beitrag des Subjekts bei der Bildung der Erfahrung betont. „Um die Dinge und die Erscheinungen zu begreifen, darf das Subjekt sich nicht darauf beschränken, Eindrücke auf seinen Geist einwirken zu lassen. Das Subjekt muß sie selbst ergreifen, indem es seine Assimilationsschemata anwendet und bestimmte Gesichtspunkte einnimmt“ (Aebli, 1963 b, S. 86). Piaget betont also die Bedeutung der Aktivität des Subjekts beim Aufbau der Operationen. Diese Aktivität scheint Aebli vor allem dann gesichert zu sehen, wenn der Schüler zu eigenem Suchen und Forschen angeleitet wird. Während in der traditionellen Didaktik der Lehrer im Extremfall den neuen Begriff oder die neue Opera-

tion durch ein Referat gibt, in dem er kurz die notwendigen, vorher eingeführten Begriffe wiederholt und dann den neuen Begriff entwickelt (wobei der Schüler der Darbietung folgen muß), folgert Aebli aus der Psychologie Piagets, daß neues Lernen durch selbständiges Suchen und Forschen am ehesten gesichert werde. Hierbei sollte der Lehrer zusehen, daß die notwendigen Elemente und Teiloperationen bereitgestellt werden, und er sollte durch die Problemstellung die Suche ausrichten und die Lösung definieren.

Bisher sind im wesentlichen zwei Gesichtspunkte der Psychologie Piagets zum Tragen gekommen: der hierarchische Aufbau von Strukturen und der aktive Beitrag des Lernenden im Konstruktionsprozeß. Aebli leitet aus Piagets Analyse der Operation jedoch weitere und spezifischere didaktische Maßnahmen ab. Er geht davon aus, daß Piaget die Operation zwar als verinnerlichte Handlung auffaßt, diese jedoch von der Gewohnheit, dem Automatismus unterscheidet. Die Operation ist im Gegensatz zur Gewohnheit in Gesamtsystemen organisiert (s. Kap. 2.5), die das Merkmal der Beweglichkeit aufweisen, im Gegensatz zur Stereotypie einer Gewohnheit etwa im Sinne einer S-R-Kette.

„Die Gewohnheit . . . ist irreversibel, weil immer in einer Richtung auf das gleiche Ergebnis ausgerichtet, während die Operation reversibel ist. Eine Gewohnheit umkehren (Spiegelschrift schreiben oder von rechts nach links schreiben und ähnliches) bedeutet eine neue Gewohnheit erwerben, während eine inverse (umgekehrte) Operation psychologisch zu gleicher Zeit wie die direkte Operation begriffen wird . . .“ (Piaget, 1947, S. 108). Dies bedeutet auch, daß man Hypothesen aufstellen und sie wieder aufgeben kann, um zum Ausgangspunkt zurückzukehren, daß man einen Weg vorwärts und rückwärts durchlaufen kann, daß man einen Lösungsweg nach dem Ende wieder rekonstruieren kann usw. Die Operation ist gekennzeichnet durch ihre logische Struktur, durch das System von Beziehungen, das sich in der Operation ausdrückt. Damit Reversibilität gegeben ist, muß jeder Operation eine zweite zugeordnet sein, die die Umkehrung darstellt, so wie Addition und Subtraktion, Multiplikation und Division einander zugeordnet sind. Neben dem Merkmal der Reversibilität ist die Beweglichkeit der Operationssysteme durch das Merkmal der Assoziativität (im logischen Sinne des Wortes) gesichert. „Dies besagt, daß das Denken immer die Freiheit hat, Umwege zu beschreiben, und daß ein auf zwei verschiedenen Wegen erzielt Ergebnis in beiden Fällen das gleiche bleibt. Das scheint auch ein Merkmal der Intelligenz zu sein, denn weder die Wahrnehmung noch die Motorik kennen Variationen der Lösungswege“ (Piaget, 1942, S. 303 f.). „Nehmen wir etwa an, daß ich eine Tonkugel C in die Stücke A, A' und B' aufgeteilt habe und nun zuerst $A + A'$ zu einem

Stück B vereinige, dann B' hinzufüge, oder daß ich A zur Seite lege, um $A' + B'$ zu vereinigen. Auf operatorischem Niveau zweifelt kein Kind mehr, daß $(A + A') + B' = A + (A' + B')$ ist, während vorher das Ergebnis für das Kind nicht notwendig identisch war“ (Piaget/Inhelder, 1941, S. 330). Die Gewohnheit und starre Lösungsmechanismen, wie sie im behavioristischen Empirismus beschrieben und erklärt werden, gestatten keine assoziativen Variationen. Viele Schüler, die mit Methoden unterrichtet werden, die auf den behavioristischen Theorien basieren, verstehen nicht, daß verschiedene gelernte Lösungsmethoden äquivalent sind, d. h. die verschiedenen Lösungsmethoden sind nicht in einer Gesamtstruktur integriert.

Aebli sieht es als wesentliches Ziel einer neuen Didaktik an, dafür zu sorgen, daß die Operationen in Gesamtsystemen organisiert werden, die die Merkmale der Reversibilität und Assoziativität haben. Während die traditionelle Didaktik es sich angelegen sein ließ, nach den Einführungslektionen in Übungslektionen das erworbene Wissen in einer festen Form zu üben, die leicht die Bildung stereotyper Automatismen förderte, will eine operatorische Didaktik in den Übungslektionen die neueingeführten Begriffe und Operationen wieder durchdenken, ohne dabei eine rein schematische Lösung zu gestatten. Aebli's Vorstellungen über das „operatorische Üben“ (oder, wie er später sagt, „Durcharbeiten der Operation“) hat zum Ziel, rein schematische Lösungen und Lösungen, die sich an einen spezifischen Gegenstand binden, zu verhindern.

Die Form des operatorischen Übens wird abgeleitet aus Piagets Analyse der Operation. Dabei sind folgende Aspekte zu beachten: Erstens sollte die Operation effektiv ausgeführt werden und auf anschauliche Gegebenheiten abgestützt sein (dies in Übereinstimmung mit der Ansicht, daß Operationen verinnerlichte Handlungen seien). Dabei ist das Ziel der Nacharbeit an den Operationen – der operatorischen Übung – die Verhinderung der Bildung starrer Denkgewohnheiten. In den Einführungslektionen werden Elemente und Anordnungen benutzt, die nicht wesentlich zur Struktur der Operation oder des Begriffes gehören. Das Wesentliche an der Operation ist ihre logische Struktur, und die sollte nach Möglichkeit von irrelevanten inhaltlichen Elementen befreit werden. Die Reinigung der Struktur der Operationen von solchen irrelevanten, zufälligen Elementen ist notwendig. Sie sichert eine größere Beweglichkeit und ein größeres Anwendungsfeld der Operationen. Ist z. B. für die Berechnung der Fläche eines Dreiecks die Bestimmung der Länge einer Grundlinie und der Höhe erforderlich, dann muß der Begriff der Höhe des Dreiecks eingeführt werden. Die Höhe wird in das Dreieck eingezeichnet, in dem das Lot vom Schnittpunkt der Seitenlinien auf die Grundlinie gefällt wird. In

der Einführungslektion mag sich der Schnittpunkt der Seitenlinien über der Grundlinie befinden, das Lot kann also auf die Grundlinie (g) direkt gefällt werden, und die Höhe (h) liegt innerhalb der Fläche des Dreiecks (s. Abb. 3, Fig. A).

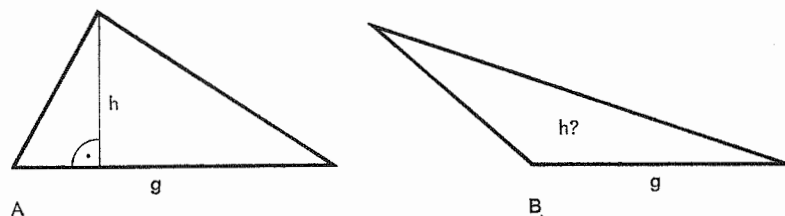


Abb. 3:

Illustration einer Aufgabe des operatorischen Übens: Reinigung eines Begriffs von irrelevanten Elementen, hier den Begriff der Höhe eines Dreiecks von der Lage der Höhenlinie.

Viele Schüler geraten in Schwierigkeiten, wenn sie danach die Aufgabe erhalten, die Höhe eines Dreiecks zu bestimmen, in dem der Schnittpunkt der Seitenlinien nicht über der Grundlinie liegt. In diesem Fall (s. Fig. B) muß das Lot auf die Verlängerung der Grundlinie gefällt werden. Die Höhe kann nur außerhalb der Fläche des Dreiecks mit Hilfe von Hilfslinien eingezeichnet werden. In diesem Beispiel wäre der Begriff „Höhe eines Dreiecks“ von der Lage der Höhenlinie (innerhalb oder außerhalb der Dreiecksfläche) zu reinigen.

Zweitens folgert Aebli aus der Analyse der Operation, daß das Verständnis der Operation reversible und assoziative Beziehungen einschließt. Daher schlägt er zur Sicherung der Reversibilität eine unmittelbare In-Beziehung-Setzung oder sogar eine gleichzeitige Einführung von direkten und inversen Operationen vor, etwa von Addition und Subtraktion oder von Multiplikation und Division im arithmetischen Bereich. Aber auch beispielsweise im Bereich der kausalen Prozesse bieten sich hier Anwendungsmöglichkeiten: „Verlangen wir von den Schülern, gewisse Folgen von Ereignissen zu untersuchen, so ist es immer vorteilhaft, ihnen vorzuschlagen, die Tatsachen auch einmal in umgekehrter Reihenfolge zu durchlaufen“ (Aebli, 1963 b, S. 113). Aebli illustriert das an einer Kausalsequenz aus der Schweizer Geographie: An den Hängen eines großen Tales wurden Wälder gerodet; da nun die Baumwurzeln die Erde nicht mehr zusammenhielten, begannen die Seitenflüsse des Talstroms stärker zu erodieren; die abgeschwemmten Erdmassen wurden vom Talstrom bis in die Ebene am Talausgang befördert und sammelten sich dort im Flußbett; daraufhin trat jedes Jahr das Wasser über die Ufer und verursachte große Überschwemmungen; die Ebene verwandelte sich allmählich in ein Sumpfland;

daraufhin trat Malaria auf. Diese Kausalsequenz kann ebenso gut in der aufgezeigten Richtung wie in umgekehrter Richtung vom Effekt her, also von der Malaria her durchdacht werden. Aebli ist der Meinung, daß eine solche Umkehrung das Verständnis für Kausalbeziehungen fördere, insbesondere da bei einer Umkehrung der Schüler nicht einfach eine schlecht begriffene, aber auswendig gelernte verbale Sequenz mechanisch wiederholen kann.

Die Assoziativität des Lösungsweges soll dadurch gesichert werden, daß die Reihenfolge der Operationen des Lösungsweges variiert wird. So kann bei der Berechnung der Fläche eines Dreiecks die Reihenfolge einmal $g \cdot H : 2$, dann aber auch $G : 2 \cdot h$ usw. sein. Alle Operationssysteme, deren Struktur das Merkmal der logischen Assoziativität enthält, sind auf diese Weise zu üben. Aebli ist der Meinung, daß diese Maßnahmen zur Sicherung der Reversibilität und Assoziativität die Bildung starrer Denkgewohnheiten der Schüler verhindert und das Verständnis der Operation erhöht.

Fassen wir zusammen: Operatorische Übung ist eine Nachübung mit dem Ziel, eine an einem Beispiel erarbeitete Operation beweglicher zu machen, sie von zufälligen Elementen zu reinigen, verschiedene Lösungswege zu einer kognitiven Struktur zu integrieren. Operatorisches Üben vertieft die Einsicht in die Struktur, macht diese durchsichtiger, als sie in der Einführungslektion zunächst war. Durch solche operatorischen Übungen wird der Schüler in die Lage versetzt, die Struktur des Operations- und Begriffssystems rasch zu durchlaufen, von einer Teiloperation zu einer anderen, vom Anfang zum Ende und umgekehrt. Diese Beweglichkeit der Operationssysteme (oder die Fähigkeit, sich im Operationssystem zu bewegen) ist wesentliches Merkmal der Beherrschung dieses Systems. „Die entscheidende geistige Leistung ist ein Akt der Synthese, kraft dessen die bekannten Teiloperationen zur neuen Operationsgestalt zusammengefaßt werden“ (Aebli, 1961, S. 79). Diese Synthese wird nicht von allen geleistet. Auch wenn die Teiloperationen vollzogen werden können, so sind nicht alle Schüler in der Lage, sie als neues Ganzes zusammenzuschauen. Aebli sagt, es sei, wie wenn wir einem Schüler mehr Äpfel hinstreckten, als er in seinen Händen halten kann: Einzelne Stücke des Dargebotenen entgleiten ihm immer wieder. Wenn wir dieses Bild weiterspinnen, können wir sagen, daß operatorisches Üben die Kapazität der Hände gewissermaßen erweitert: Der Schüler kann mit den Elementen und Teiloperationen jonglieren. „Auf diese Weise wird die Operation recht eigentlich durchgeturnt, und sie erwirbt die Beweglichkeit, welche sie von der Gewohnheit und der bedingten Reaktion unterscheidet“ (ebd., S. 100).

Aebli illustriert seine Gedanken durch ein Experiment, in dem er eine an Piaget orientierte Lehrmethode mit einer traditionellen Methode ver-

gleicht. Er realisiert in diesem Experiment alle genannten Prinzipien am Beispiel der Berechnung der Fläche eines Rechtecks. Es zeigt sich eine Überlegenheit der an Piaget orientierten Lehrmethode, allerdings nur bei den schwächeren Schülern. Leider fehlen bislang weitere Untersuchungen dieser Art, aus denen man genauere Kenntnisse über die Wirkung der realisierten Lernprinzipien gewinnen könnte. Das mag daran liegen, daß es außerordentlich schwierig ist, bei komplexen didaktischen Versuchen den klassischen Anforderungen des Experimentes voll zu genügen. So wird es beispielsweise schwierig sein, gleichzeitig die Anzahl der in Angriff genommenen Aufgaben, die Übungszeit und den behandelten Stoff in zwei Versuchsgruppen genau konstant zu halten. In einer solchen Situation wird gesichertes Wissen erst aus der Kongruenz vieler Untersuchungsergebnisse zu erhalten sein.

Zum Schluß sei noch eine kritische Bemerkung zu Piaget gestattet. Es gelingt Aebli, die Prinzipien des operatorischen Übens aus Piagets Analyse der Operation (deren Aufbau aus Elementen und Teiloperationen sowie die reversible und assoziative Zusammenordnung in einem Gesamtsystem) abzuleiten. Weiter: Das Konzept der Assimilation führt zur Folgerung, daß der Schüler den Gegenstand nicht passiv erleiden darf, sondern aktiv erkennen muß, was im selbständigen Suchen am ehesten gesichert ist. Die Assimilationsschemata eines Schülers erlauben ihm, die Richtung und das Ziel der Problemstellung zu erkennen und sein Suchen und Forschen nach der Problemstellung auszurichten. Weiter: Piagets Strukturanalyse impliziert, daß die im neuen Operationssystem integrierten Elemente und Teiloperationen vom Lehrer definiert werden können, woraus folgt, daß diese Elemente und Teiloperationen zunächst bereitgestellt bzw. gelehrt werden müssen, bevor die komplexere Operation aufgebaut werden kann. Eine differenzierte Strukturanalyse wird die hierarchische Gliederung des Lernstoffes zeigen und damit eine sequenzielle Anordnung der Lernschritte vorzeichnen.

Aber selbst wenn ein Lehrer so verfährt, wird der eine oder andere Schüler Lernhemmnisse und -schwierigkeiten haben. Ein erfahrener Lehrer wird diese Lernhindernisse aufspüren und beseitigen können. Er wird vermutlich das Kind bei seinem Suchen und Forschen nicht allein lassen, sondern es evtl. schrittweise lenken. Er wird ihm helfen, die adäquaten Assimilationsschemata auszuwählen und korrekt zu verwenden. Er wird schwierige Schritte des Konstruktionsprozesses wiederholen und überlernen, bis sie konsolidiert sind. Er wird sich auch bemühen, den Operationen und Elementen klar definierte verbale Bezeichnungen zuzuordnen, die einprägsam sind. Er wird auch den Wert (z. B. für das bessere Behalten) einer formelhaften Darstellung der Struktur nicht unterschätzen, sofern diese For-

mel für den Schüler nicht sinnlos ist, sondern verstanden wird. Er wird evtl. Teilstrukturen zusammenfassend benennen, was die Integration der Teilstrukturen in übergeordnete Strukturen erleichtern kann usw. Die Psychologie Piagets trägt zur Erhellung dieser Lernhilfen eines Lehrers nichts mehr bei. Piaget, der – wie wir gesehen haben – in der Tradition Rousseaus steht und sich auch dazu bekennt, sieht die „natürliche“ Entwicklung in einem gewissen Gegensatz zur „künstlichen“ Erziehung. Dies mag der Grund dafür sein, warum er den Möglichkeiten einer Anleitung (guidance) durch den Lehrer und Erzieher mißtraut.

Kommen wir zurück zum Begriff des operatorischen Übens. In den Jahren 1958–59 haben sich in Genf eine Reihe von Autoren mit dem Lernen logischer Strukturen beschäftigt. Morf, Wohlwill und Smedslund bemühen sich ebenfalls wie Aebli vorher, aus der Psychologie Piagets Lernprinzipien herzuleiten, sie anderen Lernverfahren gegenüberzustellen, die auf einer traditionellen empiristischen Theorie fußen. Morf (1959) stellt sich die Frage, auf welche Weise operatorische Strukturen erworben werden. Werden sie gelernt? Wenn ja, wie werden sie gelernt? Morf vergleicht verschiedene Übungsanordnungen am Problem der Inklusionsbeziehungen konkreter Klassen. Die Arbeit ist dreigeteilt, nach drei Übungsmodalitäten, die sich teils an empiristische Theorien, teils an Piagets Äquilibrationshypothese des Lernens anlehnen. In einer ersten Untersuchung befaßt sich Morf mit dem Lernen durch empirische Feststellungen. Die Untersuchungsanordnung soll einer empiristischen Hypothese des Lernens entsprechen, die besagt, daß eine logische Beziehung am Gegenstand direkt abgelesen wird. Hier soll aus dem Gegenstand entnommen werden, daß die Oberklasse B immer mehr Elemente umfaßt als die größte ihrer Unterklassen A. Morf wählt Kinder aus, die das Inklusionsproblem (Hat B mehr Elemente als A?) nicht zu lösen vermögen. In einer Lernphase werden den Pb anhand verschiedener Kollektionen von Gegenständen folgende Aufgaben gestellt:

- a) Gibt es mehr A oder mehr B? Diese Testfrage soll ermitteln, ob das Problem gelöst werden kann oder nicht.
- b) Durch empiristisches Konstatieren (Zählen, Messen, anschauliches Vergleichen usw.) werden Mengenvergleiche mit dem Ziel angestellt, die größere Ausdehnung von B zu demonstrieren.
- c) Danach wird wieder die Testfrage a) gestellt. Durch ein wiederholtes Feststellen der größeren Ausdehnung von B sollte sich nach einer empiristischen Lerntheorie die Einsicht in die Inklusion von A in B einstellen.

Der sensualistische Empirismus müßte einen Lernerfolg durch diese Übungsanordnung voraussagen. Nicht hingegen der Empirismus behavioristischer Prägung, also des S-R-Typs. Die empiristische Feststellung ist ei-

ne Kognitionsleistung, die in einer S-R-Theorie keinen Platz hat. Die S-R-Theorie beschäftigt sich im wesentlichen mit der Frage, welche Faktoren die S-R-Verbindung festigen oder schwächen. S wäre hier die Aufgabe, R wäre die richtige Reaktion „B enthält mehr Elemente als A“. Wenn die richtige Reaktion aber nicht auftaucht, kann sie auch nicht verstärkt werden. Wenn durch die Anordnung Morfs also keine richtigen Reaktionen auftauchen, wäre damit eine S-R-Theorie nicht widerlegt, wohl aber eine sensualistische Theorie.

Diese Übungsanordnung zeitigte bei der untersuchten Stichprobe kein Lernen der operatorischen Lösungen. Es gibt zwar Lernfortschritte, aber diese betreffen lediglich das Vergleichen der Objekte, der Klassen. Diese Vergleiche (z. B. der Länge, der Menge usw.) werden präziser und erfolgen rascher. Die logische Inklusionsbeziehung wird hingegen nicht eingesehen. Damit hat Morf ein Indiz erbracht, daß logische Strukturen nicht ohne weiteres durch empirische Feststellungen erworben werden, was in der Folge häufig bestätigt wurde (Smedslund 1961, Wohlwill 1959, Wohlwill und Lowe 1962 u. v. a.).

In einer zweiten Untersuchung versucht Morf, die Überlegenheit der Theorie Piagets zu belegen. Er operationalisiert dessen Meinung, daß sich die Entwicklung als eine spontane Koordination von Handlungen ergebe, die der spontanen Aktivität des Kindes in seinem natürlichen Lebensraum entspringen. Auch Morf ist der Meinung, daß „diese Koordination von Handlungen kaum experimentell zu provozieren“ sei (Morf 1959, S. 63). Er versucht nun, dem Kind das Problem der Inklusionsbeziehung deutlich zu machen und das Kind dann selbsttätig die Lösung suchen zu lassen (*manipulation libre*). Wir sehen, daß Morf hier etwas tut, was Aebli das selbsttätige Suchen und Forschen genannt hat, das durch die Problemstellung ausgerichtet wird. Morf läßt aber eine theoretisch ähnlich fundierte Deutung der Problemstellung in diesem Lernprozeß vermissen. Sein Ausdruck „*manipulation libre*“ ist irreführend, weil der VI die Richtung dieser Manipulation durch die Problemstellung ausdrücklich bestimmt. Was beabsichtigt ist, ist ein selbsttätiges Suchen in Funktion eines gestellten Problems und nicht eine „*manipulation libre*“. Der VI gibt den Anstoß und die Ausrichtung des Suchens. Er führt den Pb „zum Problem zurück“, wenn dieser sich mit dem Gegenstand in einer Weise beschäftigt, die nichts mehr mit dem Problem zu tun hat.

Es ist für einen unvoreingenommenen Beobachter unverständlich und irritierend zu sehen, daß in einem Lernversuch dem VI (dem Lehrer) derart die Hände gebunden sind, daß er außer der Problemstellung vor dem Gegenstand zur Problemlösung nichts mehr beitragen darf. Ich sehe keinen Grund, weshalb der VI die Lösungsfindung nicht durch Anleitung erleich-

tern sollte. Kohnstamm (1963, 1967) hat durch eine Anleitung der Schüler über die Problemstellung hinaus am gleichen Gegenstand (Klasseninklusion) sehr eindrucksvolle Lernerfolge erzielt, worauf wir noch zurückkommen werden (s. Kap. 4.10). Es scheint hier fast so zu sein, daß eine orthodoxe Schulmeinung (keine Anleitung!) das Gesichtsfeld der Forscher einschränkt. Es bleibt noch zu sagen, daß diese Methode nicht zu deutlichen Lernerfolgen führte.

Morf beschäftigt sich in einer dritten, sehr interessanten Untersuchung mit der „operatorischen Übung“. Sie hat zwei Teile. In beiden Untersuchungen soll das Lernen direkt die logischen Schemata der Klassenverschachtelung betreffen. Wir erinnern uns, daß Piaget annimmt, ein Verständnis der additiven Komposition von Klassen bewirke die Einsicht in die größere Ausdehnung der Oberklasse gegenüber der Unterklasse. Hat Morf nun Additionen und Substruktionen von Klassen üben lassen? Nein. Morf hat in einer ersten Anordnung die Handlung der Inklusion praktisch durchführen lassen, indem er nach Art der Eulerschen Kreise Unter- und Oberklasse abgrenzen ließ. Dieses Abgrenzen durch ein Einkreisen der Elemente sollte die größere Ausdehnung der Oberklasse veranschaulichen und gleichzeitig zeigen, daß die Oberklasse die Unterklasse einschließt. Dem Pb wurden verschiedene Materialien vorgelegt, die sich in zwei Klassen B und B' aufteilen ließen. B und B' bilden zusammen die Oberklasse C. Der Pb umgab die Oberklasse C mit einer Schnur oder einem Kreidestrich und tat dann dasselbe für die Klasse B. Dann wird ihm die Aufgabe gestellt, B in A und A' aufzuteilen, so daß wir folgende Verschachtelung (Abb. 4.) haben:

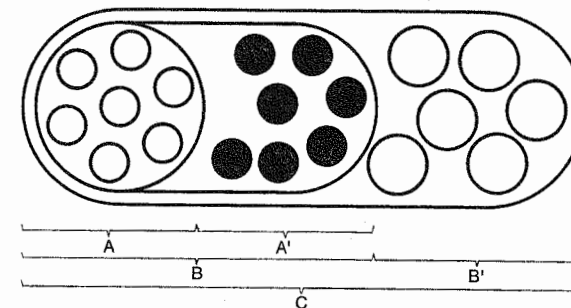


Abb. 4:

Beispiel einer Klassenverschachtelung: Oberklasse C (Kreise) mit den Unterklassen B' (große Kreise) und B (kleine Kreise), welche ihrerseits die Unterklassen A (helle, kleine Kreise) und A' (dunkle, kleine Kreise) einschließt.

Auf diese Weise wird die Verschachtelung der Klassen anschaulich deutlich. Was kann hieran einem operatorischen Üben entsprechen? Man könnte im Gegenteil meinen, das anschauliche Einkreisen von Klassen sei eine Anordnung des sensualistischen Empirismus. Die Inklusionsbeziehung erscheint anschaulich bildhaft, sie könnte sich also in dieser Weise im Geist abbilden. Gegen die Interpretation möglicher Lernerfolge mit Hilfe einer Abbildtheorie des Lernens steht lediglich die Tatsache, daß die Handlungen des Einkreisens und des Unterteilens vom Pb ausgeführt werden, was ein effektives Ausführen der Operation sein könnte und eine „abstraction à partir de l'action“ ermöglichen würde.

Neben verschiedenen didaktischen Methoden, die nicht näher beschrieben sind, entwirft Morf noch eine weitere Methode, die beispielhaft für spätere Untersuchungen wurde. Der zentrale Punkt dieser Anordnung zum operatorischen Üben ist folgender: Mehrere Gegenstände werden in Kästchen kategorisiert, so daß wir bspw. Dinge für Erwachsene und Dinge für Kinder haben. Dabei gibt es Konfliktfälle, wenn ein Ding sowohl für Erwachsene als auch für Kinder brauchbar ist. Sobald die Kinder den Konflikt spüren (wenn sie ihn nicht spontan zeigen, macht der VI auf die Doppelwertigkeit verschiedener Dinge aufmerksam), werden die Kästchen durch Rechtecke ersetzt, die sich überschneiden. Es sind also Fälle der Intersektion. Der VI macht dem Kind die Nützlichkeit der Intersektion begreiflich, wodurch er also von der orthodoxen Haltung Piagets abweicht und mit einer Erklärung die Lösungsfindung vorzeichnet. Morf realisiert hier also zunächst einen kognitiven Konflikt, der — wie wir gesehen haben — für die Einleitung eines Äquilibrationsprozesses fundamental ist. Der VI geht sogar noch weiter, er nutzt den bestehenden kognitiven Konflikt, um gleich eine Lösung dieses Konfliktes vorzuschlagen: die Intersektion.

Morf geht von solchen Konfliktsituationen aus und übt nun, einzelne Objekte nacheinander verschiedenen Klassen zuzuordnen, das gleiche wird auch für ganze Klassen gemacht, die das Kind aus einer großen Kollektion von Gegenständen gebildet hat. Die wesentliche Charakteristik dieses Vorgehens scheint darin zu liegen, daß das multiple Kategorisieren eines Gegenstandes in verschiedenen Klassen geübt wird. Leider finden wir bei Morf keine detaillierte Interpretation dieser operatorischen Übungen. Man kann sie jedoch als eine Übung der Beweglichkeit, der Mobilität im Wechsel der an den Gegenstand angelegten Perspektiven sehen (Montada, 1968). Indem aufgezeigt wird, daß ein Objekt oder eine Klasse von Objekten verschiedenen Klassen zugehört oder zugehören kann, werden die Zentrierungen auf Merkmale des Objektes oder der Klasse aufgelockert, und ein rascher Wechsel der Gesichtspunkte wird möglich. Das Rationale für diese Übungsform ist wohl darin zu suchen, daß die Lösung des Inklus-

sionsproblems eine doppelte Kategorisierung der Unterklasse A verlangt: Die Unterklasse A (Rosen) muß rasch nacheinander oder gleichzeitig als eigenständige Unterklasse und als Teil der Oberklasse B (Blumen) angesehen werden. Die Lösung des Inklusionsproblems gelingt nicht, wenn keine ausreichende Beweglichkeit im Wechsel der angelegten Perspektive möglich ist. Wenn ein Kind, nachdem es die Rosen als Rosen begriffen hat, nun nicht mehr in der Lage ist, sie gleichzeitig als Blumen anzusehen, dann wird es unfähig sein, die Anzahl der Rosen mit der Anzahl der Blumen zu vergleichen, es wird die Anzahl der Rosen mit der Anzahl der Nicht-Rosen vergleichen. Morf versucht nun wohl, diese Beweglichkeit des Wechsels der Gesichtspunkte zu üben. Dabei kann man sich allerdings fragen, ob die hier gewählte Übungsform für diesen Gegenstand die glücklichste ist, weil das Inklusionsproblem ja eine spezifische Beweglichkeit im Wechsel der Gesichtspunkte verlangt: Vom Inhalt der Unterklasse muß zum Inhalt der Oberklasse gewechselt werden und nicht vom Inhalt einer Klasse zum Inhalt einer anderen Klasse. Es ist aber durchaus denkbar, daß auch Morfs Übungen einen Transfer auf das Inklusionsproblem ermöglichen. In der Tat zeigen einige Kinder der untersuchten Stichprobe Lernerfolge und lösen im Anschluß an die Übung Inklusionsprobleme. Es handelt sich allerdings meist nur um solche Kinder, die schon im Vortest recht gute Leistungen und einige operatorische Lösungen gezeigt haben. Daher ist der Lernerfolg auch hier problematisch, was aber für unser Vorhaben nicht wesentlich ist, da wir ja nur Lernprinzipien illustrieren wollen.

Wir sehen aus den Untersuchungen Morfs, daß empirische Feststellungen über Gegenstände kaum Lernerfolge zeitigen. Auf der anderen Seite sehen wir hier Versuche, Lernprinzipien zu entwickeln, die nicht aus einer empiristischen Lerntheorie, sondern aus der Entwicklungspsychologie Piagets abgeleitet sind. Allerdings sind auch die Erfolge der Piaget-orientierten Lernmethoden spärlich, was sich in einer ganzen Reihe weiterer Untersuchungen ebenfalls bestätigt. Man steht vielfach vor der recht überraschenden Tatsache, daß logische Beziehungen (zumindest im Übergang vom voroperatorischen zum operatorischen Denken) nicht ohne Schwierigkeiten gelernt werden können. Dies zumindest ist das recht übereinstimmende Resultat der in Genf Ende der fünfziger Jahre durchgeführten Untersuchungen, die Piaget Gelegenheit gibt, die Rolle systematisch kontrollierter Erfahrungen im Entwicklungsprozeß abzuwerten und seine Ansicht zu konsolidieren, daß sich Entwicklung im Sinne der Koordination von Handlungen während der spontanen Aktivitäten des Kindes in seinem natürlichen Lebensraum abspielt. In einer Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Experimente stellt er fest: „Entweder man begnügt sich damit, empirische Feststellungen zu provozieren, und hat schwache Resultate, oder

man übt die Handlungen selbst oder greift auf einfachere Operationen zurück, und das Lernen reduziert sich damit auf eine operatorische Übung, vergleichbar jenen (Übungen), die in der normalen Entwicklung auftreten, und man beschleunigt einfach diese letztere“ (Piaget, 1959, S. 180). Es erstaunt hier, daß Piaget mit keinem Wort die Chance erwähnt, die solche systematisch gelenkten Untersuchungen in bezug auf die Erhellung der Prozesse haben können, die sich in der spontanen Aktivität des Kindes abspielen. Immerhin ist der Gedanke erwähnenswert, daß man durch systematisch induziertes Lernen die Prozesse simulieren könne, die sich in der spontanen Aktivität vollziehen. Es gibt allerdings Autoren, die der Meinung sind, daß die Verhältnisse im systematisch kontrollierten Experiment und in der unsystematischen, alltäglichen Lernerfahrung des Kindes so verschieden sind, daß man nicht von einer Simulation sprechen könne (s. hierzu Wohlwill in Kap. 5).

4.3. Mobilisierung des Denkens

Wir haben bereits mehrfach gesehen, daß Piaget die kognitive Entwicklung als Veränderung zum Gleichgewicht hin versteht (*marche vers l'équilibre*). Kinder auf dem operatorischen Niveau sind der Meinung, daß die Zahl, die Substanz, das Gewicht usw. einer Menge bei Formveränderungen konstant bleibt. Auf dem Niveau des voroperatorischen Denkens hingegen ist das Kind der Meinung, daß sich bei Formveränderungen auch die Zahl, die Substanz, das Gewicht usw. dieser Menge verändert. Aus vielen Untersuchungsreihen wird deutlich, daß voroperatorische Urteile dieser Art durch eine Einschränkung des Handlungsfeldes charakterisiert sind. Fünf- bis siebenjährige Pbn sind in der Regel nicht in der Lage, mehrere veränderte Dimensionen gleichzeitig zu beachten und zu verarbeiten. So mag ein Kind dieses Niveaus nur auf die größer gewordene Länge der Wurst achten, nicht aber auf den geringer gewordenen Umfang, was sich im Urteil spiegelt, die Wurst enthalte mehr Plastilin als die Kugel.

Urteile dieses voroperatorischen Niveaus sind typischerweise ungleichgewichtig, instabil, denn es mag zu einem späteren Zeitpunkt vorkommen, daß das Kind nun nicht mehr auf die Länge achtet, sondern auf den Umfang. Der Umfang der Wurst ist allerdings geringer als der der Kugel, was zu dem Urteil führt, die Wurst enthalte weniger Plastilin. So schwankt das Kind zwischen verschiedenen Urteilen hin und her, je nachdem, auf welche Merkmale des Gegenstandes seine Aufmerksamkeit gerade zentriert wird. Dieser Zustand des labilen Gleichgewichts wird nach Piaget u. a. dadurch überwunden, daß das Kind sein Handlungsfeld erweitert,

zur gleichen Zeit auf Länge und Umfang achtet und beide Dimensionen in einem Urteil verarbeitet.

Analysieren wir noch ein zweites Beispiel: Zwei Dimensionen (Farbe und Form) mit je drei Werten (Rot, Gelb, Grün; Viereck, Dreieck, Kreuz) sind in einer Matrix so multipliziert, daß die nebeneinanderliegenden Zellen (die Zellen einer Zeile) alle die gleiche Farbe und die untereinanderliegenden Zellen (die Zellen einer Spalte) alle die gleiche Form haben. Man kann das Verständnis für diese logische Multiplikation zweier Dimensionen dadurch prüfen, daß man eine Zelle der Matrix abdeckt und die Matrix ergänzen läßt. Die richtige Lösung besteht darin, daß man die Form der Spalte und die Farbe der Reihe bestimmt und die bestimmten Werte kombiniert. Der typische Fehler des voroperatorischen Niveaus besteht darin, daß nur auf eine Dimension geachtet wird, also nur auf die Form oder nur auf die Farbe. Ein Pb kann nun leicht in einen Zustand mangelnden Gleichgewichtes geraten, wenn er nämlich auf die zunächst vernachlässigte Dimension achtet. Er wird in diesem Falle seine erste Ergänzung (sein erstes Urteil) als falsch ansehen und revidieren. Erst wenn beide Dimensionen gleichzeitig beachtet und logisch multipliziert werden, kann eine Vervollständigung der Matrix stabil bleiben. Das Urteil erfährt dann keine Veränderung mehr durch plötzliches Beachten der vorher vernachlässigten Dimension, und wir können sagen, daß nun ein höherer Grad des Gleichgewichts erreicht ist.

Diese Beispiele illustrieren Piagets Aussage, die Entwicklung verlaufe von einem geringeren Gleichgewicht zu einem größeren Gleichgewicht. Jede Einschränkung des Handlungsfeldes enthält die Gefahr eines Widerspruches, der dann gegeben ist, wenn nacheinander verschiedene Dimensionen beachtet werden. Damit ein höheres Gleichgewicht möglich wird, sagt Piaget, muß das Denken des Kindes eine größere Reversibilität oder Mobilität erreichen. Die Mobilität wird um so größer, je mehr Daten über einen Gegenstand aufgenommen und verarbeitet werden. Beweglichkeit bedeutet also zunächst: rasch aufeinanderfolgende Assimilationsversuche. Allgemein kann man sagen, daß die Mobilität eines Verhaltens vor einem Gegenstand um so größer ist, je mehr verschiedene auf den Gegenstand bezogene Handlungen rasch aufeinanderfolgen, und zwar derart, daß die ersten Assimilationen durch die nachfolgenden nicht aus dem Bewußtsein gedrängt werden. Es wird deutlich, daß die voroperatorischen Fehler durch einen geringen Grad von Mobilität charakterisiert sind. Beachtet ein Pb die Länge der Wurst, verliert er den Umfang aus den Augen, achtet er auf den Umfang, verliert er die Länge aus den Augen. Das Handlungs- oder Integrationsfeld ist bei geringer Mobilität also klein. Operatorische Problemlösungen setzen aber immer die Beziehungsbildung zwischen ver-

schiedenen Elementen oder Merkmalen eines Gegenstandes voraus: Farbe und Form, Länge und Umfang usw. müssen gleichzeitig beachtet werden. Wenn wir die geringe Mobilität als Ursache der Eingeschränktheit des Integrationsfeldes ansehen, können wir versuchen, durch eine Erhöhung der Mobilität das Integrationsfeld zu erweitern und damit die Voraussetzung für eine operatorische Problemlösung zu schaffen. Wir haben diese Hypothese in mehreren Untersuchungen zu überprüfen versucht (Montada, 1968). Wir haben mit Piaget das operatorische Denken charakterisiert durch mobile, reversible Beziehungsbildungen zwischen Elementen des Handlungsfeldes. Ein sehr einfaches und durchsichtiges Beispiel einer solchen Beziehungsbildung ist die Multiplikation zweier Dimensionen in einer Matrix, wie sie oben beschrieben wurde und die wir in einem ersten Experiment zu fördern versuchten. Das Experiment bestand aus einem Vortest, einer Übungsphase und einem Posttest. Der Vortest enthielt vier Aufgaben und diente der Diagnose. In die Übungsphase und den Posttest gehen nur solche Pbn ein, die in den vier Aufgaben des Vortests versagen, die also deutlich voroperatorische Lösungen zeigen. Ein Großteil der Fehler war vom Typus des eingeschränkten Integrationsfeldes: Statt auf beide Dimensionen (Form und Farbe) zu achten, wurde lediglich eine Dimension beachtet. Die Matrix wurde also ergänzt mit einer Karte, auf der entweder die Farbe oder die Form stimmte, nicht aber beides. Diese Einschränkung des Integrationsfeldes haben wir durch fehlende Mobilität erklärt: Nach der Bestimmung der Farbe der fehlenden Karte können viele Pbn ihre Einstellung zum Gegenstand nicht mehr verändern und die Form bestimmen, ebenso wird nach der Bestimmung der Form die Farbe vernachlässigt. Wenn diese voroperatorischen Fehler tatsächlich auf einem Mangel an Mobilität beruhen, müßte durch eine Steigerung der Mobilität die Fehlerhäufigkeit reduziert werden. In der Übungsphase sollte diese Hypothese repräsentiert sein: Die Mobilität im Sinne der Häufigkeit und Schnelligkeit des Wechsels von Formbeachtung zu Farbbeachtung und umgekehrt sollte erhöht werden. Wir haben in der Übung nun nicht auf das spontane Auftauchen solcher Einstellungswechsel gewartet, sondern diese durch eine festgelegte Anzahl und Abfolge von Aufgaben zu provozieren versucht. Wir haben in der Übungsphase zwei Matrixanordnungen mit sechzehn Zellen verwendet, auf der vier Formen (Kreis, Dreieck, Viereck, Kreuz) und vier Farben (Rot, Grün, Gelb, Schwarz) so angeordnet waren, daß die nebeneinanderliegenden Karten die gleiche Form und die untereinanderliegenden Karten die gleiche Farbe (oder umgekehrt) hatten. Der VI zeigte nun auf eine Zeile oder eine Spalte der Matrix und stellte dem Pb die Aufgabe, die Form (oder die Farbe) der Zeile oder der Spalte zu benennen. Der Hypothese der Arbeit entsprechend haben wir in einer

ersten Übungsanordnung einen raschen Wechsel in der Beachtung der beiden Dimensionen verlangt, indem abwechselnd nach der Form einer Reihe, dann nach der Farbe einer Spalte, dann wieder nach der Form einer Reihe, nach der Farbe einer Spalte usw. gefragt wurde. Es wurden also abwechselnd Bestimmungen von Formen und Farben verlangt (insgesamt 40 Dimensionswechsel).

Dieser ersten Übungsanordnung wurde eine zweite gegenübergestellt, die die gleichen Form- und Farbbestimmungsaufgaben enthielt wie die erste, nur nicht im ständigen Wechsel. In dieser Übung war zunächst eine Serie von Formbestimmungen und danach eine Serie von Farbbestimmungen zu leisten. Ein Wechsel zwischen beiden fand nur einmal statt. Es wurde erwartet, daß durch diese Übung keine Steigerung der Mobilität des Wechsels erreicht würde.

Eine Experimentalgruppe, die einer Übung der Mobilität in der beschriebenen Form unterzogen wurde, war im Posttest (der identisch mit dem Vortest war) sehr signifikant einer Kontrollgruppe überlegen, die nach der zweiten Übungsanordnung trainiert war. Beide Versuchsgruppen waren in bezug auf Alter (7;0 bzw. 7;2), Vortestergebnis und schulische Leistung (geschätzt aufgrund des Lehrerurteils) vergleichbar.

Eine zweite Untersuchung, der die gleiche Hypothese zugrunde liegt, betraf Probleme der Klasseninklusion. Bei der Untersuchung der Entwicklung logischer Verhaltensstrukturen interessiert sich Piaget vor allem auch für Klassenbeziehungen (Piaget/Szeminska, 1965; Piaget/Inhelder, 1959). Die Beziehung zwischen Teil und Ganzem, zwischen Oberklasse und Unterklasse ist dabei zentral. Piaget bietet z. B. seinen Pbn eine Kollektion von Holzperlen, wovon es braune und weiße gibt. Als Oberklasse kann man die Holzperlen (B) ansehen, während die braunen Holzperlen (A) und die weißen Holzperlen (A') deren Unterklassen bilden, wobei es mehr braune als weiße Perlen gibt. Die Einsicht in die Verschachtelung der Klassen, in die Inklusion der Unterklassen in die Oberklasse, will Piaget mit der Frage prüfen, ob es mehr Holzperlen oder mehr braune Perlen seien. Der Versuchsleiter muß sich vorher sorgfältig versichern, daß keine verbalen Mißverständnisse vorliegen. Die Klassen B, A und A' müssen richtig erkannt werden; die Ansicht, daß alle A zu B gehören („Sind alle braunen Perlen aus Holz?“), nicht aber alle B zu A gehören („Sind alle Holzperlen braun?“), wird ebenfalls geprüft, dann erst wird die Frage gestellt, ob es mehr Holzperlen (B) oder mehr braune Perlen (A) seien.

Die Mehrzahl der Kinder bis zu etwa sieben Jahren versucht das Problem zu lösen, indem sie A und A' miteinander vergleicht, was nicht gefragt ist. Kein Versuch, die semantische Bedeutung von A und B zu ver-

deutlichen, kann diese Schwierigkeit überwinden. Piaget deutet dieses Verhalten wie folgt: „Sobald das Kind über einen der Teile nachdenkt, wenn dieser für sich betrachtet wird, löst sich die Gesamtheit als solche auf und überträgt lediglich ihre Qualitäten auf den anderen Teil“ (Piaget, 1965, S. 224). Er glaubt also und kann dies durch eine Reihe von Beobachtungen gut bestätigen, daß die Konstanz des Ganzen durch die Assimilation eines Teiles zerstört wird.

Diese voroperatorischen Fehler erklärt Piaget — wie immer — durch eine Irreversibilität des Denkens, durch fehlende Mobilität. Die Aufgabe, die Anzahl der braunen Holzperlen mit der Anzahl der Holzperlen (oder die Anzahl der Rosen mit der Anzahl der Blumen oder die Anzahl der Mädchen mit der Anzahl der Kinder usw.) zu vergleichen, macht zunächst die Bestimmung, die Assimilation der Unterklasse (braune Holzperlen bzw. Rosen bzw. Mädchen) erforderlich. Nach dieser Assimilation scheinen die Pbn des voroperatorischen Niveaus aber unfähig, die Unterklasse nochmals in der Oberklasse zu registrieren. Sie können z. B. die Rosen nicht als selbständige Klasse und gleichzeitig als Teil einer Oberklasse Blumen ansehen. Sie können ihre Einstellung zum Gegenstand nicht wechseln. Also hat hier die Reversibilität die Funktion, eine bestimmte Kollektion von Perlen gedanklich verschiedenen Klassen zuzuordnen, einmal der Oberklasse, einmal der Unterklasse, während das irreversible oder nichtmobile Denken gekennzeichnet ist durch Zentrierungen, die nicht systematisch mit einer Dezentrierung verbunden sind, durch Zentrierungen also, die nicht ohne weiteres aufgegeben werden können, und wenn sie aufgegeben werden, verschwinden sie ganz aus dem Bewußtsein.

Es stellte sich für uns das Problem, wie die Mobilität vergrößert werden kann, so daß eine Unterklasse A gleichzeitig als Unterklasse und als Teil einer Oberklasse B angesehen wird, wodurch ein Vergleich zwischen A und B erst möglich wird (Montada, 1968). Aufgrund der Vortestergebnisse in zwei Problemen der Klasseninklusion, aufgrund des Lebensalters und eines Intelligenzmaßes wurden drei vergleichbare Gruppen gebildet: Bei zwei der drei Gruppen wurde eine Übung durchgeführt, während die dritte Gruppe ohne Übung blieb und als Kontrollgruppe diente. Der Posttest war für alle drei Gruppen wiederum gleich und enthielt dieselben Inklusionsprobleme wie der Vortest. Die Hypothese des Experimentes ist wiederum in der Übungsphase repräsentiert.

Die Mobilität soll gesteigert werden durch Übungsaufgaben, die Regulationen im Sinne der Dezentrierung von der Unterklasse (A) auf die Oberklasse (B) und umgekehrt enthalten. Da spontan solche Regulationen nicht ohne weiteres vorkommen, muß eine Übungsanordnung Aufgaben enthalten, die diese Regulationen erzwingen: Die Elemente der Oberklasse

und der Unterklasse mußten im Wechsel bestimmt werden. Die Pbn hatten die Aufgabe, die Elemente der Unterklasse und die Elemente der Oberklasse zu zeigen. So sollten sie vor einer Kollektion aus roten und gelben Kreisen einmal die roten Kreise (Unterklasse) zeigen, dann die Kreise (Oberklasse), dann wieder die roten Kreise (Unterklasse), dann wieder die Kreise (Oberklasse) usw. Dadurch waren die Pbn gezwungen, einmal die Unterklassen als solche und dann als Teil der Oberklasse anzusehen. Das Spezifische dieser Übungsanordnung besteht also darin, daß die gleichen Elemente rasch nacheinander einmal als Unterklasse und einmal als Teil der Oberklasse begriffen werden müssen.

Diese Übung wurde bei der ersten Experimentalgruppe durchgeführt. Die zweite Experimentalgruppe hatte die gleichen Bestimmungsaufgaben zu leisten, aber nicht im ständigen Wechsel von Unter- und Oberklasse. Die Pbn dieser Gruppe zeigten zunächst die Elemente mehrerer nebengeordneter Unterklassen, dann die Elemente der zugehörigen Oberklasse, aber eben nicht im Wechsel von Unter- zu Oberklasse. Eine durch die Übung hervorgerufene Steigerung der Mobilität wurde in dieser Gruppe nicht erwartet. Eine solche Vergleichsgruppe ist notwendig, um einen eventuellen Übungserfolg der mobil geübten Gruppe nicht auf die Bestimmungsakte als solche zurückführen zu müssen, sondern auf den spezifischen, mobilen Wechsel der Bestimmung von Ober- und Unterklasse.

Die Ergebnisse des Experimentes bestätigen die Hypothese. Die Häufigkeit richtiger Lösungen im Posttest ist in der mobil geübten Gruppe signifikant höher als in den beiden anderen Gruppen, die sich untereinander nicht unterscheiden. Es zeigt sich also, daß das Integrationsfeld durch eine Steigerung der Mobilität vergrößert werden kann.

Es ist sehr wohl möglich, daß in vielen — wenn nicht in allen — Lernexperimenten zur Genfer Schule eine wenigstens implizite Übung der Mobilität enthalten ist. In keiner Untersuchung wurde hingegen der Begriff „Mobilität“ präzisiert und kontrolliert untersucht. In unseren Untersuchungen wurde aber deutlich, daß eine Mobilisierung der Assimilationsakte im Sinne der Fähigkeit, zwischen verschiedenen relevanten Dimensionen des Gegenstandes zu wechseln, zu erzielen ist. Sowohl die Fehlerhäufigkeit (ein Fehler wurde dann registriert, wenn der Pb den verlangten Dimensionswechsel nicht vollzog) als auch die Reaktionszeiten (zwischen Aufgabenstellung und Lösung) zeigten an, daß die Pbn in den ersten Übungsaufgaben Schwierigkeiten zu überwinden hatten, die sie gegen Ende der Übung leicht meisterten.

Die Hypothese und die Übungstechniken der geschilderten Arbeit wurden sehr eng im Zusammenhang mit Piagets Entwicklungstheorie konzipiert. Für Piaget ist der Entwicklungsverlauf gekennzeichnet durch eine Stei-

gerung der Mobilität, durch eine Vergrößerung des Handlungsfeldes und durch eine Steigerung des Gleichgewichts. Während aber in der Genfer Schule die Begriffe Mobilität, Handlungsfeld und Gleichgewicht im wesentlichen als deskriptive Begriffe gebraucht werden, mit deren Hilfe man Stadien beschreibt, haben wir versucht, die Mobilität zu operationalisieren und als eine unabhängige Variable zu untersuchen. Mobilität ist also nicht mehr nur ein beschreibender Begriff, sondern ein experimentell kontrollierbarer Faktor der Entwicklung, in Funktion dessen gewisse Entwicklungsveränderungen erwartet werden.

Wenn auch unsere Hypothese aus Piagets Theorie abgeleitet ist, so interpretieren wir die Wirkung des Faktors Mobilität auf andere Weise als er. Die Unterschiede in der Deutung sollen noch kurz dargestellt werden. Als wichtigstes Kennzeichen des Äquilibrationsprozesses nennt Piaget die von Stufe zu Stufe größer werdende Mobilität bei zunehmender Vermeidung von Widersprüchen zwischen den Elementen. Diese Widerspruchsfreiheit zwischen den Elementen wird dadurch gesichert, daß verschiedene Elemente in ein Urteil eingehen, zu diesem Urteil konstitutiv beitragen und sich gegenseitig dadurch nicht mehr widersprechen. Den Charakter der Beweglichkeit der höheren Struktur stellt Piaget in der Sprache der Logik dar durch den Charakter der Reversibilität der logischen Operationssysteme (s. Kap. 2.5). In einem solchen System entspricht jeder Operation eine inverse Operation, wobei sich beide gegenseitig aufheben. So wird eine Addition durch eine Subtraktion aufgehoben. Dadurch kann eine Operation gedanklich wieder rückgängig gemacht werden, und eine andere Operation kann am gleichen Gegenstand ausgeführt werden.

Da nun junge Pbn durchaus nicht formal logisch argumentieren, muß der Nachweis erbracht werden, daß eine Beschreibung des Verhaltens in der Sprache der Logik sinnvoll ist. Nehmen wir zur Illustration die größere Ausdehnung der Oberklasse B (Blumen) im Vergleich zu einer ihrer Unterklassen A oder A' (Rosen und Tulpen). Es gibt einen Zeitpunkt in der Entwicklung, in dem durch eine Zentrierung der Unterklasse A die Oberklasse B zerfällt, d. h. nicht mehr assimiliert werden kann. Erst wenn nach der Assimilation der Tulpen die Tulpen wiederum als Teil der Oberklasse Blumen erkannt werden können, wird die größere Ausdehnung der Oberklasse gegenüber der Unterklasse eingesehen. Das ist bisher eine Beschreibung ohne jede logische Formalisierung. Nun kommt die logische Modellbildung über dieses Verhalten hinzu: Piaget sagt, wenn die Operationen $A + A' = B$ und $B - A' = A$ gleichzeitig ausgeführt werden können, dann können A und B miteinander verglichen werden. Das ist unmittelbar einleuchtend. Wenn B aus A und A' konstruiert, A aber aus B und A' konstruiert ist, dann ist ein Vergleich von A und B möglich.

Bevor dieser Vergleich von A und B möglich wird, gibt es eine Entwicklungsstufe, in der bei der Zentrierung von A die Oberklasse B zerfällt. Wir haben das gedeutet als ein Fehlen von Mobilität. Auf dieses Stadium folgt nach Piaget ein allmähliches Ansteigen der Mobilität. Immer rascher nacheinander können A und B zentriert werden. Solche aufeinanderfolgenden Zentrierungen von A und B nennt Piaget Regulationen. Die Regulationen werden immer rascher, bis schließlich bei der Zentrierung von B noch eine Retroaktion (Bewußtheit) von A und bei der Zentrierung von A noch eine Retroaktion von B vorhanden ist.

Diese immer rascher werdenden Regulationen führen schließlich zur Reversibilität. Piaget verwendet den Begriff der Reversibilität auf der psychologischen und auf der logischen Beschreibungsebene. Auf der psychologischen Ebene bedeutet Reversibilität nichts anderes als außerordentlich hohe Mobilität, die eine gleichzeitige Bewußtheit verschiedener Zentrierungen (Assimilationsakte) ermöglicht. Auf der logischen Ebene bedeutet Reversibilität die Zueinanderordnung direkter und inverser (bzw. reziproker) logischer Operationen. Bleiben wir zunächst bei der psychologischen Reversibilität oder Mobilität, die wir durch die Übungen in unseren Experimenten erreichen wollten. Piaget versucht, die psychologische Reversibilität kontinuierlich aus den Regulationen (also aus Mobilitätsformen tieferer Stufen) herzuleiten. Wir können diese Meinung durch einige Zitate belegen: „... es ist wichtig, von vornherein zu präzisieren, daß die im Entstehen begriffenen logischen Operationen (eine Operation ist charakterisiert durch rigorose Reversibilität) sich nicht von außen über diese Regulationen stützen, daß sie im Gegenteil deren letzten Gleichgewichtszustand darstellen: Eine Operation ist eine völlig reversibel gewordene Regulation in einem völlig gleichgewichtigen System...“ (Piaget, 1957, S. 37). „Eine Entwicklung besteht daher vor allem in einem Prozeß der Äquilibration, wobei die Differenz zwischen vorlogischen und logischen Strukturen wesentlich von der Vollständigkeit oder Unvollständigkeit der beteiligten Kompensationen abhängt, also vom Grad der durch die Strukturen erreichten Reversibilität, denn die Reversibilität folgt keinem Alles-oder-nichts-Gesetz, sondern zeigt unendlich viele Abstufungen, ausgehend von den elementarsten Regulationen“ (Piaget, 1964).

Seiler hat diesem zentralen Bereich der Theorie Piagets eine eingehende Analyse gewidmet (Seiler, 1968; s. Kap. 3.6). Er beschreibt die Reversibilität als „Grenzwert der Beweglichkeit“. In den vorstehenden Formulierungen scheint Piaget in der Tat die operatorische Reversibilität als Grenzwert der Regulationen anzusehen. Das ist zwar durchaus plausibel, was die psychologische Reversibilität angeht, es ergeben sich aber Schwierigkeiten bei der Herleitung der logischen Reversibilität aus Regulationen.

Aus den oben zitierten Textstellen geht hervor, daß Piaget in bezug auf diese Herleitung nicht zwischen psychologischer und logischer Reversibilität unterscheidet. Für die psychologische Reversibilität (also für hohe Mobilität) kann man sich in der Tat vorstellen, daß verschiedene Zentrierungen (Assimilationsakte) so rasch aufeinanderfolgen, daß sie gleichzeitig wirksam (bewußt) werden. Wir haben in unseren Experimenten die Geschwindigkeit solcher Regulationsprozesse zu erhöhen versucht. Wenn aber der Begriff der Regulation nur den Wechsel der Zentrierung von einem Element des Handlungsfeldes auf ein anderes Element bezeichnet, dann kann die logische Reversibilität nicht als Grenzwert der Regulationen angesehen werden. Für diese Behauptung wollen wir zunächst ein logisches Argument anführen: Das Charakteristikum der Reversibilität ist allen logischen Handlungssystemen eigen. Innerhalb dieser Systeme kann jede Operation durch eine umgekehrte Operation annulliert werden. Diese Operationen aber sind Beziehungsbildungen verschiedener Art: Additionen und Subtraktionen, Multiplikationen und Divisionen, Proportionsbildungen usw. Es ist in keiner Weise einleuchtend, wie aus der gleichen Regulation (verstanden als mobile Zentrierung verschiedener Elemente des Handlungsfeldes) so verschiedene Beziehungsbildungen entstehen sollten. Zumindest ist also die Ableitung der reversiblen logischen Operationen aus den Regulationen unterbestimmt. Dieses logische Argument wird ergänzt durch einige empirische Beobachtungen: In vielen Untersuchungen (auch in unseren) konnte festgestellt werden, daß eine hohe psychologische Mobilität nicht ohne weiteres mit einer logischen Reversibilität bzw. mit einer logischen Lösung einhergeht. Das heißt, daß eine hohe Mobilität immer dann gegeben sein muß, wenn verschiedene Elemente beachtet und verarbeitet werden sollen, wobei unter Verarbeitung die logische Beziehungsbildung gemeint ist, die das Element der logischen Reversibilität enthält. Logische Strukturen setzen also immer eine hohe Mobilität voraus, hohe Mobilität führt aber nicht direkt und ohne weiteres zu logischen Strukturen.

Wir meinen, daß auch dann eine hohe Mobilität gegeben sei, wenn verschiedene Daten über einen Gegenstand aufgenommen werden, die zwar nicht in eine logische Beziehung gebracht werden, aber doch gleichzeitig wirksam sind, wie das im Falle des Konfliktes zwischen zwei Assimilationsakten bzw. deren Ergebnissen gegeben ist. Wenn auch Gleichgewicht als mobiles Gleichgewicht verstanden werden kann, so muß Mobilität nicht immer Gleichgewicht bedeuten. Wir können also durch eine Steigerung der Mobilität u. U. durchaus sichern, daß die verschiedenen relevanten Merkmale eines Gegenstandes gleichzeitig assimiliert werden, wir können aber nicht sichern, daß diese verschiedenen Merkmale in einer ope-

ratorischen Struktur integriert werden. In diesem Falle hätten wir eine voroperatorische Lösung mit dem vollen Bewußtsein, daß nicht alle relevanten Daten verarbeitet werden. In diesem Falle würde der Pb aber einen Konflikt erleben, denn er weiß nicht, auf welches der erfaßten Merkmale des Gegenstandes er sein Urteil gründen soll. Es kann also sehr wohl sein, daß eine Erhöhung der Mobilität nicht direkt zu einer operatorischen Problemlösung führt, sondern zu einem Konflikt.

In dieser Deutung wäre Mobilität nicht das Endprodukt eines Entwicklungsprozesses, sondern eine Voraussetzung für das Ingangsetzen eines Äquilibrationsprozesses, der in der Überwindung von Widersprüchen und Konflikten besteht. Ein Äquilibrationsprozeß, der durch Konflikte und Widersprüche in Gang gebracht wird, setzt in der Tat Mobilität voraus, denn bei fehlender Mobilität haben wir zweierlei zu erwarten: Entweder würde der Pb immer das gleiche Merkmal des Gegenstandes zentrieren, oder er würde bei einer späteren Umzentrierung nicht mehr die frühere Zentrierung erinnern, und in beiden Fällen würde kein Konflikt entstehen; wir hätten also keine äquilibrationsbedürftige Situation zu erwarten.

Wir haben dieses Problem in einem Experiment untersuchen können, in dem nach einer Steigerung der Mobilität bei recht vielen Pbn operatorische Lösungen ausblieben (Montada, Rimmel, Thirion, 1968). Als Versuchsgegenstand diente eine Matrix, die den oben beschriebenen ähnlich war. In einem Vortest wurden Pbn ausgewählt, die keine operatorischen Lösungen zu geben vermochten. Diese Pbn wurden auf eine Experimentalgruppe (mit Übung der Mobilität) und eine Kontrollgruppe (ohne Übung der Mobilität) aufgeteilt. Nach Vortestergebnis und Alter waren die beiden Versuchsgruppen vergleichbar. Unter anderem wurde geprüft, ob eine Steigerung der Mobilität die Wahrscheinlichkeit eines Konfliktes (im Sinne des Erlebens einer Unzulänglichkeit der eigenen Antwort) bei falschen (voroperatorischen) Lösungen erhöhen würde. Als Konfliktindikator wurde die Reaktionszeit zwischen Aufgabenstellung und Aufgabenlösung genommen. Es ergab sich, daß die Lösungszeiten im Posttest bei der mobil geübten Gruppe durchschnittlich höher lagen als im Vortest, wogegen sie bei der nicht-mobil geübten Gruppe im Posttest niedriger lagen als im Vortest. Die Vortest-Posttest-Differenz in den Lösungszeiten zwischen der mobil geübten und der nichtmobil geübten Gruppe unterschied sich bei falschen Lösungen signifikant voneinander.

Dieses und ähnliche Ergebnisse stützen die Hypothese, daß eine Steigerung der Mobilität nicht in allen Fällen zu operatorischen Lösungen führt, sondern wohl nur zu interpretieren ist als eine Voraussetzung für logische Problemlösungen. Diese hängen aber noch von anderen Faktoren ab. Wird

jedoch eine hohe Mobilität durch die Übung erreicht, ohne daß eine logische Problemlösung gelingt, dann hat man Konflikte zu erwarten, denn die verschiedenen Assimilationsergebnisse können dann nicht in ein einziges Urteil integriert werden, und die verschiedenen, sich auf die einzelnen Assimilationsergebnisse stützenden Urteile widersprechen einander. Wir glauben aus diesem Grund, daß unsere Ergebnisse die Hypothese stützen, nach der eine Steigerung der Mobilität nicht Endresultat des Entwicklungsprozesses ist, sondern dessen Auslösung bewirkt. Eine Erhöhung der Mobilität schafft erst eine äquilibrationsbedürftige Situation. Wir haben auch bei Piaget eine Textstelle gefunden, in der dieser eine Auffassung vertritt, die der unseren verwandt scheint: „Der Übergang von den Regulationen . . . zu den reversiblen Operationen . . . hängt in der Tat von der Art und Weise ab, mit der der Pb sich die Fragestellungen wieder gegenwärtigt, die er lösen soll“ (Piaget, 1957, S. 69 f.). Hier schiebt Piaget zwischen die Regulationen und die reversiblen Operationen ein Zwischenglied ein: die Fragestellung, deren Funktion er leider nicht systematisch untersucht.

In unseren Experimenten wurde nicht der Versuch unternommen, die logischen Beziehungsbildungen (logische Multiplikation, Klasseninklusion) direkt zu lehren. Statt dessen wurde mit einer Steigerung der Mobilität lediglich eine Voraussetzung für die Elaboration dieser logischen Strukturen geschaffen. Ob und auf welche Weise die Pbn unter Ausnutzung dieser Voraussetzung diese Elaboration geleistet haben, ist nicht bekannt und war auch nicht Gegenstand der Untersuchung.

Verschiedene Untersuchungen enthalten ebenfalls solche Versuche zur Mobilisierung des Denkens, u. a.: Inhelder, Bovet und Sinclair (1967), Kohnstamm (1967) und Seiler (1968). Inhelder u. a. arbeiten ebenfalls über das Inklusionsproblem. Sie legen zwei gleich große Kollektionen mit Früchten vor (Äpfeln und Pfirsichen), wovon eine vier Pfirsiche und zwei Äpfel und die andere vier Äpfel und zwei Pfirsiche enthält. Sie stellen vor diesen beiden Kollektionen aufeinanderfolgend die Fragen: „Wo sind mehr Äpfel? Wo sind mehr Früchte? Wo sind mehr Pfirsiche? Wo sind mehr Früchte?“ Diese Fragen sind als Vorbereitung für die Inklusionsfrage gedacht, die lautet: „Hat diese Kollektion mehr Äpfel oder mehr Früchte?“ Ähnlich ist das Verfahren Kohnstamms (1967), der geometrische Figuren in verschiedenen Farben vorlegt, aus denen mehrere Unter- und Oberklassen zu bilden sind. Kohnstamm fordert die Pbn auf, die Elemente einer Unterklasse herauszusuchen und danach die Elemente der dazugehörigen Oberklasse und umgekehrt. Inhelder u. a. und Kohnstamm berichten Erfolge mit dieser Methode.

Seiler (1968) arbeitet über den Erwerb der Konstanzbegriffe und versucht,

eine Mobilisierung des Denkens dadurch zu erreichen, daß er die Pbn in einer längeren Versuchsserie mit sehr unterschiedlichen Transformationen der Ausgangskörper konfrontiert, in denen die Wahrscheinlichkeit eines Wechsels der Dimensionsbeachtung groß ist. Flüssigkeiten werden beispielsweise in verschieden geformte Gefäße umgegossen und wieder in die Ausgangsgefäße zurückgegossen, wobei Sorge getragen ist, daß ein Pb nacheinander verschiedene Dimensionen beachtet, sofern er nicht in der Lage ist, alle relevanten Dimensionen zu beachten. Ein solcher durch die verschiedenen anschaulichen Transformationen provozierter Wechsel der Dimensionsbeachtung ist als eine Dezentration zu verstehen und stellt eine provozierte Regulation dar.

Die theoretische Basis solcher Mobilisierungsversuche dürfte klar sein. Von welchen Randbedingungen (Dauer des Trainings, Raschheit des Wechsels, Anzahl der verschiedenen Versuchsgegenstände usw.) der Erfolg abhängt, ist gegenwärtig nicht bekannt.

4.4. Die Übung grundlegender Operationen

Der charakteristischste Zug von Piagets Entwicklungstheorie ist die Betonung einer notwendigen Entwicklungsabfolge und die Erklärung der Notwendigkeit dieser Abfolge durch die Derivationshypothese. Wenn eine empirisch gefundene Abfolge von Entwicklungsschritten eine notwendige ist, dann wird ein Entwicklungsschritt nur dann erwartet werden können, wenn die vorhergehenden Schritte getan sind. Wir haben bereits mehrfach darauf hingewiesen, daß diese Hypothese lediglich die Voraussetzungen für einen neuen Entwicklungsschritt aufzuzeigen vermag, nicht jedoch die Mechanismen, die den neuen Schritt auslösen. Daraus folgt didaktisch aber, daß auf alle Fälle erst die Voraussetzungen für den neuen Entwicklungsschritt geschaffen werden müssen, daß die grundlegenden Operationen eingeübt werden müssen, bevor ein neuer Entwicklungsschritt möglich wird. Was aber sind die grundlegenden Operationen, beispielsweise für die Konstanzbegriffe? Hier scheinen die Meinungen auseinanderzugehen, und die deskriptiven entwicklungspsychologischen Untersuchungen lösen dieses Problem auch nicht. Einige Autoren sind der Ansicht, daß die verschiedenen Mengenbegriffe (Zahl, Substanz, Gewicht, Länge usw.) aus einem globalen undifferenzierten Mengenbegriff zunächst differenziert werden müssen, bevor Konstanz Einsichten möglich sind. Die Erfolge in den Untersuchungen von Gelman (1969) und Kingsley und Hall (1967), die diese Differenzierung mit Hilfe des Aufbaus von „learn-

ing sets“ zu leisten versuchten, legen diese Interpretation nahe (s. Kap. 4.9). Piaget scheint hingegen der Ansicht zu sein, daß die typischen Begründungen für Konstanzurteile (die Argumente der Identität, der Multiplikation und der Reversibilität) die grundlegenden Operationen für die Konstanz Einsicht widerspiegeln. Diese Meinung ist ebenfalls verschiedentlich aufgegriffen und in Übungsanordnungen übersetzt worden. Smedslund konzipiert ein Additions-Subtraktions-Training mit der Überlegung, daß der Pb die Gleichheit des Ausgangskörpers mit dem transformierten Körper dann einzusehen vermag, wenn er weiß, daß nichts addiert oder subtrahiert ist, d. h. wenn er von der Identität zwischen Ausgangskörper und transformiertem Körper überzeugt ist. Wallach und Mitarbeiter (1964, 1967) halten das Reversibilitätsargument für entscheidend und bemühen sich in einer Übungsanordnung die Einsicht zu vermitteln, daß der transformierte Körper wieder in den Ausgangskörper zurücktransformiert werden kann (s. Kap. 4.5). In den frühen Versuchen wurde jedoch nie empirisch überprüft, ob die Pbn die grundlegenden Operationen beherrschen oder nicht. Es wird nur festgestellt, ob ein Pb Konstanzurteile gibt oder nicht. Aus diesem Grunde können diese Untersuchungen eigentlich den Zusammenhang zwischen Konstanzurteilen und grundlegenden Operationen nicht erhellen. Die ersten Untersuchungen, die die Beherrschung grundlegender Operationen unabhängig von einer Konstanzprüfung empirisch überprüfen, stammen von Engelmann (1966) und Sigel, Roeper und Hooper (1966). Diese Untersuchungen sind für den Erwerb der Konstanzbegriffe sehr aufschlußreich.

Engelmann stellt sich die Frage, wodurch sich ein Pb mit Konstanz Einsicht von einem Pb ohne Konstanz Einsicht unterscheidet.

1. Fehlt es dem Pb ohne Konstanzurteil an der Einsicht, daß der transformierte Körper wieder in den Ausgangskörper zurückverwandelt werden kann? Dies scheint nicht so zu sein. Engelmann arbeitet über Flüssigkeitskonstanz. Er hat zwei identische Ausgangsgefäße (A und B), die bis zum gleichen Niveau mit Wasser gefüllt sind. Er gießt dann aus einem der Ausgangsgefäße (B) das Wasser in ein anders geformtes Gefäß (C) und fragt die Pbn, was geschehe, wenn man das Wasser aus C wieder in B zurückgieße, und ob dann in B wieder gleich viel Wasser sei wie in A. Zwei Drittel der Pbn mit Inkonzanz beantworten diese Frage korrekt. Wir wissen nicht, ob diese Pbn sich diese Frage bei der Lösung eines Konstanzproblems auch spontan, d. h. selbst stellen und richtig beantworten. Es kann leicht sein, daß sie diese Einsicht, zu der sie in einer gelenkten Assimilation durchaus fähig sind, spontan nicht nutzen. Dies würde wiederum dafür sprechen, die Rolle der gelenkten Assimilation im Entwicklungsprozeß stärker zu betonen.

2. Engelmann stellt sich die weitere Frage, ob die Pbn mit Inkonzanz wohl in der Lage sind, kompensatorische Veränderungen zu begreifen. Immerhin die Hälfte der Pbn mit Inkonzanz scheinen hierzu in der Tat fähig zu sein, denn sie prognostizieren richtig, daß beim Bleistiftspitzen der Bleistift immer kürzer, dafür aber das Häufchen der Abfälle beim Spitzen immer größer wird, und sie sehen auch, daß ein Eisblock beim Schmelzen immer kleiner, dafür die Wasserlache aber immer größer wird. Allerdings wissen wir auch hier nicht, ob sie ohne fragende Anleitung eines Experimentators in einer Konstanzprüfung spontan kompensatorische Veränderungen beachten und begreifen.

3. Engelmann fragt sich weiter, ob die Pbn mit Inkonzanz vielleicht Niveau und Menge verwechseln, und nähert sich mit dieser Frage Autoren, die die wesentliche Vorbedingung für den Erwerb von Konstanz Einsichten in der Differenzierung zwischen verschiedenen Mengenbegriffen, etwa Höhe, Länge und Menge usw. sehen. Engelmann findet, daß immerhin etwa die Hälfte der Pbn mit Inkonzanz richtig prognostiziert, daß man gleich viel zu trinken habe, wenn man das Wasser aus dem Glas B in das Glas C umgießt. Werden diese Pbn nun aber aufgefordert, das Wasserniveau im Glas C vorherzusagen, dann versagen fast alle. Fast alle Pbn zeichnen das gleiche Niveau in C ein, das sie in B beobachteten. Aus dem folgert Engelmann, daß eine Verwechslung von Niveau und Menge wahrscheinlich ist. Und daß eine Differenzierung dieser beiden Kategorien für die Konstanz Einsicht notwendig ist. Das Kind kann die Mengenverhältnisse bei Transformationen oft richtig prognostizieren, ohne zu wissen, wie das Ergebnis einer Transformation anschaulich aussieht. Für diese Hypothese sprechen auch die Befunde von Aebli und Mellin (1964), von Feigenbaum und Sulkin (1964) und von Frank (1964). Diese Autoren konnten feststellen, daß Konstanzprognosen von sehr vielen Kindern korrekt gegeben werden, die diese Konstanzurteile nicht mehr aufrechterhalten, wenn sie mit den anschaulichen Gegebenheiten nach der Transformation konfrontiert sind. Man hat das meist so gemacht, daß man während des Umschüttens einer Flüssigkeit von einem Gefäß B in ein Gefäß C nur die Öffnung von C zeigt und das übrige Gefäß abdeckt, so daß das Flüssigkeitsniveau vor dem Urteil nicht gesehen werden konnte. In dieser Situation geben also viele Pbn Konstanzurteile, die sie revidieren, wenn sie das tatsächliche Flüssigkeitsniveau in C beobachten können.

Engelmann folgert aus dieser schönen entwicklungspsychologischen Fehleranalyse, wo das Training der grundlegenden Operationen für den Erwerb der Konstanz Einsicht anzusetzen hat. Das Kind muß vertraut gemacht werden mit den spezifischen kompensatorischen Beziehungen, wie sie sich beim Umgießen einer Flüssigkeit von einem Gefäß in ein anderes ergeben.

Es mangelt nach Engelmann dem Kind nicht an der allgemeinen Struktur der Kompensation, was das Beispiel mit dem schmelzenden Eisblock zeigt. Aber es mangelt an dem spezifischen Wissen, daß beim Umgießen einer Flüssigkeit von einem schmalen in ein breiteres Gefäß das an Breite gewonnen wird, was an Höhe verloren wird. Engelmann konzipiert eine Übungsanordnung, die geeignet ist, dieses Wissen zu vermitteln. Das Ziel ist die Förderung der Einsicht in kompensatorische Veränderungen zweidimensionaler Figuren; z. B. wird ein Rechteck um 90° gekippt, und nach einer Demonstration müssen die Pbn vorhersagen, wie ein gezeichnetes Rechteck aussieht, wenn es um 90° gekippt wird (s. Fig. A der Abb. 5). Dies ist eine analoge Transformation, wie wir sie beim Umgießen von Flüssigkeiten haben. Durch eine verbale Regelformulierung wird die Einsicht in die Kompensation gefestigt. Dem Kind wird gesagt: „Merke dir die Regel: Wenn es hier länger wird, wird es dort kürzer.“ Neben dem Kippen von Rechtecken wählt Engelmann zwei unterschiedlich große Rechtecke, die unterteilt sind (s. Fig. B der Abb. 5).

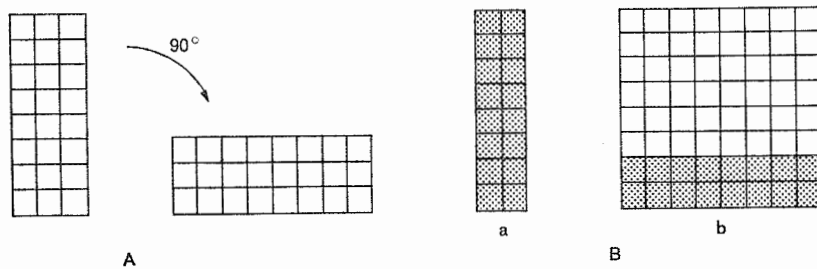


Abb. 5:

Beispiele für Engelmanns Verfahren, Einsicht in die Kompensation zweier Dimensionen zu erzeugen (im Zusammenhang mit dem Umgießen von Flüssigkeiten). Ein Rechteck wird um 90° gekippt, wodurch gezeigt werden soll, daß der Verlust an Höhe durch einen Gewinn an Breite kompensiert wird (A). Ein Teil einer Fläche (b) wird angemalt und die Frage gestellt, wieviel der Fläche a mit der gleichen Farbmenge angemalt werden könnte (B) (nach Engelmann, 1966).

Der VI malt die untere Reihe von b aus und fragt, wie a aussehe, wenn gleich viel Farbe verwandt würde (a wäre in diesem Falle ganz angemalt). Durch Aufgaben dieser Art, die die Pbn in mehreren Übungssituationen zu lösen haben, erreichen viele Kinder die Konstanz Einsicht beim Umgießen von Flüssigkeiten. Gleichzeitig verbessert sich die Prognose, welches Niveau das Wasser aus dem Gefäß B im Gefäß C einnehmen wird, ganz beträchtlich.

Engelmann kann durch diese Untersuchung schön nachweisen, daß eine detaillierte und empirisch abgesicherte Fehleranalyse die spezifischen

Schwierigkeiten des Kindes aufzuzeigen vermag und daß man diese Schwierigkeiten durch geeignete Übungsmethoden beheben kann. Er kann selbstverständlich nicht den Anspruch erheben, daß durch diese spezifische Methode die Entwicklung aller Konstanzbegriffe bei allen Kindern und für verschiedenes Material gefördert würde. Wir brauchen uns nur vorzustellen, welchen Beitrag das geschilderte Kompensationstraining in einer Situation leisten sollte, in der das Gefäß C, in das hinein umgegossen wird, ganz bizarre Formen hat. Engelmann erhebt diesen Anspruch auch nicht und betont seine Meinung, daß vielfach die Lernschwierigkeit nicht durch das Fehlen allgemeiner Operationen begründet ist, sondern durch Fehlen eines spezifischen Wissens. Viele seiner Pbn können durchaus kompensatorische Veränderungen in einer Situation begreifen, sie haben aber kein Wissen über die kompensatorischen Veränderungen beim Umgießen von Flüssigkeiten. Dieses spezifische Wissen fehlt, und dieses spezifische Wissen muß gefördert werden.

Einen anderen Ausgangspunkt nehmen Sigel, Roeper und Hooper (1966), die ebenfalls über die Konstanzbegriffe arbeiten. Die Autoren nehmen an, daß die Konstanzbegriffe einige Voraussetzungen haben, die in früheren Untersuchungen nicht kontrolliert wurden. Der Zusammenhang zwischen diesen Voraussetzungen und den Konstanzbegriffen ist nicht immer leicht nachvollziehbar. Die Autoren nennen: multiple Klassifikation, multiple Seriation und Reversibilität. Sie prüfen nicht wie Engelmann, ob ein Pb diese Voraussetzungen hat oder nicht, sondern versuchen nur, diese Voraussetzungen durch geeignete Übungsanordnungen bei allen Pbn zu schaffen. Multiple Klassifikation besteht darin, daß ein Objekt in mehrere Kategorien eingeordnet wird. Multiple Seriation verlangt, daß Gegenstände auf verschiedenen Dimensionen miteinander verglichen werden. Man könnte einen Zusammenhang mit den Konstanzbegriffen darin sehen, daß zwei Gegenstände gleichzeitig als gleich schwer, aber ungleich lang und ungleich dick kategorisiert werden. Schließlich gibt es ein Reversibilitätstraining, das im Prinzip sehr ähnlich dem ist, das Wallach und Mitarbeiter (1964, 1967) verwendet haben. Die Autoren können mit Hilfe ihrer Übungsmethoden tatsächlich bei Kindern im Alter von 4;9–5;0 (es handelt sich allerdings um sehr intelligente Kinder) im Vergleich zu einer Kontrollgruppe Erfolge erzielen. Acht von neun Kindern, aber nur eines von neun der Kontrollgruppe, lösen zumindest ein Konstanzproblem. Die Konstanzprobleme betrafen Plastilin, Flüssigkeit, Gewicht und Volumen. Die verwendeten Übungsmethoden sind sehr anregend, leider fehlt eine detailliertere theoretische Analyse, die aufzeigte, welche Beziehungen zwischen den als Voraussetzung angenommenen Operationen und den Konstanzbegriffen bestehen. Daß es sich hier wirklich um Voraussetzungen

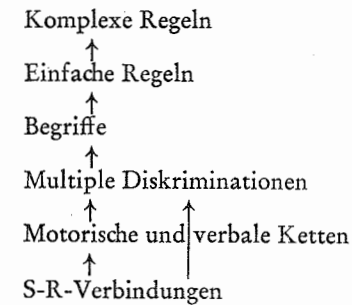
handelt, dafür spricht der empirische Tatbestand, daß durch Übung dieser Operationen in der Regel die Konstanzsicht gefördert wird.

Das prinzipielle didaktische Vorgehen in den geschilderten Untersuchungen steht durchaus in Übereinstimmung mit Piagets Ansichten über das Entwicklungsgeschehen. Es werden Lernvoraussetzungen geschaffen, auf denen dann durch nicht näher bekannte Bedingungen ein neuer Entwicklungsschritt (hier: die Einsicht in die Konstanz bei Formveränderungen) erfolgen kann. Für einen Didaktiker ist dieses Vorgehen im Grunde trivial, es zeigt aber, daß man auf die gedankliche und empirische Analyse der Lern- und Verständnisschwierigkeiten des Kindes größten Wert zu legen hat. Viele Lernversuche — im entwicklungspsychologischen Laboratorium wie in der Schule — scheitern daran, daß VL und Lehrer kein genaues Wissen über die Lernvoraussetzungen eines Gegenstandes und über die Möglichkeiten und Schwierigkeiten eines Pb oder Schülers haben.

Piagets Strukturanalyse des Verhaltens führt zu Hypothesen über die Sequenz der Entwicklungsschritte. Die Aufeinanderfolge der Entwicklungsschritte ist in einigen Fällen eine notwendige, dort, wo das höhere Entwicklungsstadium das tiefere impliziert, wie im Fall der Multiplikation von Dimensionen, die als Voraussetzung die Differenzierung dieser Dimensionen hat. In anderen Fällen ist die Sequenz nicht durch eine logische Analyse der Struktur genau voraussagen: So kann in Konstanzversuchen die Koordination von Länge und Umfang hilfreich sein für den Erwerb der Konstanzsicht, ist aber vielleicht keine notwendige Voraussetzung hierfür. Piaget unterscheidet nun in der Regel nicht zwischen implikativen und nicht-implikativen Zusammenhängen. Empirische Untersuchungen zeigen in der Regel, daß die von ihm postulierten Entwicklungsabfolgen nicht deterministisch zu sein scheinen. Im Falle der Implikation des tieferen Stadiums in dem höheren wären Abweichungen von der in der Strukturanalyse postulierten Entwicklungsabfolge nur auf Meßfehler zurückzuführen. Die Flavell-Schülerin Kofski (1966) hat Piagets postulierte Entwicklungssequenz des Klassifikationsverhaltens einer sehr sorgfältigen empirischen Prüfung unterzogen und hat eine Rangkorrelation zwischen der vorhergesagten Reihenfolge und der empirisch gefundenen Reihenfolge von $\rho = .87$ gefunden. Allerdings waren die Abweichungen von der vorhergesagten Reihenfolge im Einzelfall z. T. beträchtlich.

Den Gedanken, die Ergebnisse einer Strukturanalyse in Lernanordnungen umzusetzen, hat unabhängig von Piaget Gagné (z. B. 1965) am konsequentesten formuliert. Gagné (1968) überträgt seinen Gedanken eines hierarchischen Aufbaus von Lernschritten auf die Entwicklung, die er als kumulatives Lernen interpretiert. Er stellt seine Ideen an der Entwick-

lung der Einsicht in Flüssigkeitskonstanz beim Umgießen dar, indem er sein allgemeines Modell einer Sequenz für kumulatives Lernen anwendet:



Gagné formuliert eine hypothetische Sequenz spezifischer Lernschritte, von der er meint, daß sie empirisch überprüfbar sei. Er bedauert, daß in den bisherigen Untersuchungen höchstens zwei oder drei, meistens willkürlich herausgegriffene Schritte dieser Sequenz trainiert worden sind. Gagné weist wohl zu Recht darauf hin, daß eine solche differenzierte Strukturanalyse die Unzulänglichkeit und Unvollständigkeit bisheriger Lernprogramme in diesem Bereich offenkundig werden läßt. Weder die Eingangsvoraussetzungen noch die Lernschritte im Konstruktionsprozeß wurden in ausreichendem Maße beachtet. Verglichen mit dem durchorganisierten und differenzierten Aufbau schulischen Lernens, sind die psychologischen Versuche bisher eher dilettantisch angelegt.

Die Richtigkeit einer Strukturanalyse dieser Art kann dann als bestätigt gelten, wenn die durch die Strukturanalyse vorgegebene Sequenz der Lernschritte im Vergleich zu anderen Reihenfolgen optimale Ergebnisse bringt. Mit welchen spezifischen Lerntechniken die einzelnen Schritte erfolgreich abgeschlossen werden können, ist in diesem Modell nicht gesagt, wird aber von Gagné an anderer Stelle behandelt (Gagné, 1965).

Aus Gagné's hierarchischem Modell wird deutlich, daß die Einsicht in Flüssigkeitskonstanzen eine Menge spezifischen Wissens, spezifischer Begriffe (Flüssigkeit, Umgießen von Flüssigkeit, Dimensionen von Behältern usw.) zur Voraussetzung hat. Im Gegensatz zu Piaget würde Gagné nicht voraussagen, daß Konstanzsicht in einem Bereich (Flüssigkeiten) Indiz dafür ist, daß Konstanzsichten in anderen Bereichen möglich sind. Wir können Transfer von einer Lernaufgabe auf die andere nur in dem Maße erwarten, wie beide Aufgaben einander ähnlich sind, ähnlich in den strukturellen und auch in den spezifischen inhaltlichen Elementen. Unter Elementen versteht Gagné Regeln, Begriffe oder jede andere gelernte Fähigkeit. Da aber alle Konstanzaufgaben ähnliche oder identische Elemente haben, wird ein Transfer wahrscheinlich sein.

4.5. Reversibilitätstraining

Das in Kap. 4.3 besprochene Mobilitätstraining ist aus der Analyse der voroperatorischen Fehler konzipiert worden. Voroperatorische Fehler sind charakterisiert durch ein eingeschränktes Handlungsfeld (in der Regel wird in einem Urteil nur eine einzige Dimension des Gegenstandes verarbeitet). Wir haben im Anschluß an Piaget die Einschränkung des Handlungsfeldes mit einem Fehlen an Mobilität in der Beachtung der relevanten Elemente erklärt. Durch eine Erhöhung der Mobilität sollte das Handlungsfeld so ausgedehnt werden, daß alle relevanten Elemente beachtet und verarbeitet werden können. Das von Wallach und Mitarbeitern (1964, 1967) beschriebene Reversibilitätstraining ist ebenfalls aus der Analyse der voroperatorischen Fehler hergeleitet und hat möglicherweise wie die Mobilisierung die Funktion, das Handlungsfeld der Kinder zu erweitern. Piaget und andere nach ihm nennen drei Kategorien von Argumenten für die Begründung eines Konstanzurteils: 1. das Identitätsargument (Es ist immer noch das gleiche, es sind immer noch dieselben usw., je nach Material- und Problemart), 2. das Multiplikationsargument (Die Wurst ist zwar länger, aber auch dünner, oder die Reihe ist jetzt länger, aber die Elemente liegen weiter auseinander usw. je nach Situation), 3. das Reversibilitätsargument, was in dem Hinweis besteht, daß man eine Veränderung wieder rückgängig machen kann. In einer typischen Prüfung der Zahlkonstanz z. B. werden dem Pb zwei Ausgangsreihen (A und B) dargeboten. Der Pb stellt die Gleichheit der Anzahl in beiden Reihen fest. Sodann wird die Anordnung der Reihe B durch Auseinanderziehen oder Zusammenschieben verändert, und man erhält B'. Nun wird der Pb wiederum gefragt, ob sich in A und B' gleich viele Elemente befinden. Viele voroperatorisch denkende Pbn mögen nicht beachten, daß es sich bei B' um eine Modifikation der alten Reihe B handelt. Sie nehmen B' so, wie sie sich anschaulich darbietet und haben nun keinen Anhaltspunkt mehr dafür, daß sich in B' und A gleich viele Elemente befinden. Dies kann ohne Zählen nur dann festgestellt werden, wenn dem Pb bewußt ist, daß es sich bei B' lediglich um eine Modifikation von B handelt. Eine Ausdehnung des Handlungsfeldes sollte das Ziel haben, eben dieses Wissen zu schaffen und zu konsolidieren. Das Reversibilitätstraining, das gleich beschrieben werden wird, könnte diese Ausdehnung des Handlungsfeldes erreichen, indem mehrfach hintereinander die Transformation, die zu B' geführt hat, wieder rückgängig gemacht wird. Der Pb erlebt wiederholt, wie aus B B' entsteht und wie aus B' wieder B entsteht.

Wallach und Sprott (1964) konzipieren eine sehr einfache Übungssituation mit Puppen und Betten. In der Ausgangssituation befindet sich eine Puppe

in je einem Bett. Sodann werden die Puppen aus dem Bett genommen und in einer Reihe gegenüber den Betten hingelegt, und zwar entweder näher beisammen als die Betten oder weiter auseinander. In der Hälfte der Situationen wurden entweder eine Puppe oder ein Bett für das Kind deutlich sichtbar entfernt oder hinzugefügt, so daß die Reihe der Betten und die Reihe der Puppen wieder gleich lang werden, nun aber nicht mehr gleich viele Elemente enthalten. Sodann wird dem Kind die Frage gestellt, ob man die Puppen wieder in die Betten zurücklegen kann und ob dann ein Bett leer stehe oder ob eine Puppe ohne Bett sei. Nach der Antwort des Kindes wird das empirisch überprüft. Falsche Vorhersagen werden durch diese empirische Überprüfung als unzulänglich zurückgewiesen, wodurch im Sinne Piagets eine äquilibrationsbedürftige Situation entsteht. Dieses Training setzen Wallach und Sprott so lange fort, bis mehrmals hintereinander die richtige Vorhersage getroffen wird.

Die Pbn sind Schüler der ersten drei Grundschulklassen mit einem Altersdurchschnitt von 6;11 Jahren. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne spezifische Übung hat das Reversibilitätstraining einen sehr deutlichen Erfolg. Fast alle Pbn erwerben Zahlkonstanz, und die Erwerbung wird fast immer auf ein anderes Material transferiert. Die Begründungen für die Antworten entsprechen in der Regel den oben angegebenen üblichen Argumenten und unterscheiden sich nicht von einer Vergleichsgruppe, die ohne Training spontan Konstanz Einsicht erworben hat. Zwei bis drei Wochen nach dem ersten Posttest wurde ein zweiter Posttest gegeben, der zeigte, daß die Erwerbungen stabil waren. Nach diesem zweiten Posttest wurde eine Suggestivfrage gestellt, die das Konstanzurteil der Kinder erschüttern sollte. Fast alle diejenigen, die Konstanzurteile abgaben, ließen sich durch diese Suggestivfrage aber nicht irritieren. Dies alles deutet darauf hin, daß die Erwerbungen durchaus denen äquivalent sind, die sich ohne spezifisches Training in der normalen Entwicklung vollziehen. Die Autoren finden ihre Hypothese bestätigt, daß das Wissen um das mögliche Rückgängigmachen einer Transformation Voraussetzung für die Konstanz Einsicht ist.

Das eben geschilderte Experiment wird in wesentlichen Punkten in einem späteren Experiment von Wallach, Wall und Anderson (1967) bestätigt. In dieser Arbeit werden allerdings Reversibilitätstraining und Additions-Subtraktions-Training, die in der oben referierten Arbeit noch vermischt waren, voneinander getrennt. Es zeigte sich, daß das Reversibilitätstraining für den Erwerb der Zahlkonstanz auch ohne Additions-Subtraktions-Aufgaben gleich erfolgreich ist (die Pbn in beiden Experimenten waren gleich alt). Das Additions-Subtraktions-Training allein hatte keine deutlichen Erfolge in bezug auf den Erwerb der Zahlkonstanz. In diesem Ver-

fahren wurden in einem ersten Schritt die Puppen in je ein Bett gelegt. Sodann wurde ein Schirm zwischen den Pb und die Betten mit den Puppen gestellt, der Vl nimmt eine Puppe weg, gibt sie dem Pb und stellt die Frage, ob nun wohl in jedem Bett eine Puppe liege oder ob es ein Bett ohne Puppe gebe oder eine Puppe ohne Bett. Dann wird der Schirm entfernt, und der Pb kann seine Antwort überprüfen. In einem dritten Schritt wird der Schirm wieder hingestellt, und der Vl fordert den Pb auf, ihm die eben weggenommene Puppe wiederzugeben, damit er sie in ein Bett lege. Er stellt dann die Frage, ob nun wieder in jedem Bett eine Puppe liege oder nicht, worauf der Pb Gelegenheit hat, die Richtigkeit seiner Antwort zu überprüfen.

Die Erwerbungen in bezug auf die Zahlkonstanz sind nur im Reversibilitätstraining den von Wallach und Sprott (1964) erzielten Erwerbungen äquivalent. Als Transfertest diente eine Aufgabe zur Flüssigkeitskonstanz, und die Autoren stellen fest, daß etwa die Hälfte der Pbn die erworbene Zahlkonstanz auf Flüssigkeiten transferieren.

In der vorliegenden Form dürfte man die Reversibilitätsübungen am ehesten als ein spezifisches Verfahren zur Erweiterung des Handlungsfeldes interpretieren können, das nunmehr sowohl den Ausgangszustand als auch den Zustand nach der Transformation umfaßt. In einem so erweiterten Handlungsfeld stehen dann die zur Lösung notwendigen Elemente zur Verfügung. Das Problem der Verfügbarkeit der Elemente ist auch aus der allgemeinen Denkpsychologie bekannt. Während die Verfügbarkeit der Elemente aber bei älteren Pbn vielfach schon durch Instruktionen gesichert werden kann, scheinen bei jüngeren Pbn spezifische Vorübungen etwa im Sinne eines Mobilitäts- oder Reversibilitätstrainings notwendig zu sein.

4.6. Lernen durch Analogie oder gelenkter Transfer

Um Phänomene des Lernens zu erklären, setzt Piaget den traditionellen empiristischen Modellen ein neues Erklärungsschema gegenüber, dessen wesentlichste Begriffe die der Assimilation und der Äquilibration sind. Beide Begriffe haben wir bereits kennengelernt und gesehen, daß sie bei der Interpretation von Lernphänomenen eine neue Perspektive eröffnen, die dadurch charakterisiert ist, daß der aktive Pol vom Objekt (oder von der Umgebung) zum Subjekt hin verschoben ist. Erkenntnisse werden durch Assimilationsakte des Subjektes gewonnen und nicht durch Abbildung der Wirklichkeit in einem als passiv betrachteten Organismus. Es gelingt Piaget in der Tat, die Unzulänglichkeiten der empiristischen Theorien für die Erklärung der kognitiven Entwicklung aufzuzeigen. Doch

auch seine Assimilations- und Äquilibrationstheorie läßt wesentliche Fragen offen, insbesondere die Frage, wie eine neue Struktur gebildet wird. Diese Aussage ist jetzt zu begründen.

Piagets konstruktivistische Deutung der Entwicklung erlaubt die Erklärung der gesetzmäßigen Sequenzen. Er legt Wert auf die Feststellung, daß die Abfolge der Entwicklungsschritte notwendig und nicht umkehrbar ist, weil die späteren Schritte auf den früheren fußen und sich — zumindest teilweise — aus ihnen ableiten.

Die Frage, in Funktion welcher Faktoren ein Entwicklungsschritt erfolgt, hat Piaget im wesentlichen unter einer einzigen Perspektive untersucht, derjenigen der Derivation neuer Strukturen aus vorher aufgebauten: „Toute genèse part d'une structure et aboutit à une autre structure“ (Piaget, 1964). Piaget erklärt die empirisch vorgefundenen Entwicklungsabfolgen durch seine Derivationshypothese. Sein Instrument ist die gedankliche Strukturanalyse. Er erklärt den neuen Entwicklungsschritt, der zu einer höheren Struktur führt, dadurch, daß er aufzeigt, welche tieferen (vorher aufgebauten) Strukturen in die neue Struktur als notwendige und integrierte Elemente eingehen. Dies ist schon in der sensomotorischen Entwicklung der Fall, was wir an den tertiären Zirkulärreaktionen (Entdeckung neuer Handlungsschemata durch aktives Experimentieren) demonstriert haben. Später entwickelt das Kind z. B. den Begriff der Geschwindigkeit, indem es die vorher entwickelten Begriffe der Strecke und der Zeit miteinander in Beziehung bringt, so daß Geschwindigkeit als Weg in der Zeit verstanden werden kann.

An diesem Beispiel wird jedoch deutlich, daß die Derivationshypothese das Problem nicht löst, wie und warum die Elemente Weg und Zeit in das Konzept Geschwindigkeit integriert werden: Bei dieser Integration ist Weg durch Zeit zu dividieren. Wie entdeckt das Kind diese Lösung, oder wie wird sie ihm vermittelt? Ich glaube, daß man aus dem System Piagets auch zu diesem Problem fruchtbare Hypothesen entwickeln kann, stelle dies aber zunächst noch zurück, um festzuhalten, daß aus der Derivationshypothese didaktisch nur folgt, daß ein Lernstoff zergliedert werden muß in Elemente, und daß die Elemente gelernt werden müssen, bevor die umgreifenderen Strukturen aufgebaut werden können. Wie aber die neue Lösung, wie die umgreifende Struktur gefunden wird oder entwickelt wird, läßt Piaget merkwürdig unbestimmt, er hat diese Frage nie sorgfältig untersucht. Es liegt der Verdacht nahe, daß er eine Meinung vertritt, die einer Reifungstheorie sehr nahe verwandt ist, worauf Aebli (1970) und Ausubel (1969) unter anderem kürzlich hingewiesen haben. Piagets Äquilibrationstheorie macht lediglich Aussagen über den Impuls und die Motivation der weiteren Entwicklung. Der aktive Organismus versucht

die Umwelt zu assimilieren, diese Assimilation mag mißlingen (wenn z. B. das Kleinkind versucht, den Mond zu greifen, oder wenn es nicht gelingt, eine ungeordnete Menge von Gegenständen zu zählen), weil das Assimilationsschema in der gegenwärtigen Form ungeeignet ist, den Gegenstand zu erfassen. Die Assimilation mag auch mißlingen, weil der Organismus zwei inkompatible Assimilationsschemata aktiviert, wie wir das bereits mehrfach gesehen haben. Die Äquilibrationshypothese in dieser Form sagt allerdings nur etwas über die Motive zur Veränderung aus, aber nichts über die weiteren Bedingungen der Lösungsfindung oder der Lösungskonstruktion.

Piaget sieht die Äquilibration in der spontanen, „natürlichen“ Aktivität des Kindes gesichert. Diese Annahme ist ein Korollarium, das im Äquilibrationsgedanken nicht impliziert ist. Piaget macht gelegentlich auf die Analogien zwischen der kognitiven Entwicklung und den entwicklungsmäßigen Veränderungen des Embryos, wie sie die Embryologie beschreibt, aufmerksam. Ohne den Einfluß der sozialen Umwelt und der materiellen und sozialen Erfahrung im Entwicklungsprozeß zu leugnen, scheint er doch der Ansicht zu sein, daß das Kind in einer gegebenen Umwelt sich selbst die seinem gegenwärtigen Entwicklungsniveau angemessenen Erfahrungen sucht, und dem Lehrer und Erzieher fällt im Entwicklungsprozeß keine bedeutsame Funktion zu. Die Bedeutung der sozialen Umwelt reduziert sich auf das Bereitstellen von Lerngelegenheiten, die vom Kinde aber spontan genutzt werden müssen. Wenn die soziale Umwelt darüber hinaus noch eine Bedeutung hat, so ist sie nach Piaget vor allem im Kontakt der „peers“ untereinander zu suchen. Aebli (1967) weist das Rousseausche und Kantsche Erbe der Genfer Schule eindrucksvoll nach. „Natürliche“ Entwicklung steht da im Gegensatz zur „künstlichen“ Erziehung. „Spontanität“ bedeutet hierbei, daß das Kind, seinen eigenen Impulsen folgend, tätig in seine Umwelt eingreift und dabei sowohl die Gesetze der Objektwelt als auch diejenigen des eigenen Handelns und Operierens „erfährt“ (Aebli, 1967).

Diese skeptische Haltung gegenüber didaktischen Versuchen der Anleitung ist sicher nicht notwendiges Bestandteil des theoretischen Systems Piagets. Der konstruktivistische Gedanke und vor allem das Assimilationskonzept bieten im Gegenteil ausgezeichnete Ansatzpunkte für die Entwicklung didaktischer Hilfen (s. Montada, 1970). Aebli hat mehrfach eindrucklich darauf hingewiesen, daß die Assimilationsversuche des Kindes durch Problemstellungen und Fragen gelenkt werden (s. z. B. Aebli, 1963b). Sie können auch durch Hinweise und Erklärungen gelenkt werden. Eltern und Erzieher greifen auf das zurück, was das Kind bereits weiß. Wenn es sich darum handelt, Naturerscheinungen zu erklären, benützen die Eltern oft

Analogieformen zur menschlichen Arbeit (Wie kommen die Berge hierher? Gott hat sie gebaut!), weil das Kind menschliche Arbeitsprozesse bereits kennt. In diesem besonderen Fall ist allerdings die durch die Erwachsenen angeleitete Assimilation verzerrend, das muß sie aber nicht sein. Das Kind mag durchaus über Kenntnisse (oder besser über Erkenntnisinstrumente oder Assimilationsschemata) verfügen, mit deren Hilfe es eine Frage beantworten oder ein Problem lösen könnte, vorausgesetzt, es würde diese Erkenntnisse oder Erkenntnisinstrumente in der Situation einsetzen. Das Instrument für die zu findende Lösung oder Teillösung mag im Repertoire des Kindes bereitliegen, ohne daß das Kind sie findet. Dies wird vor allem dann der Fall sein, wenn die zu findenden Strukturen in einem inhaltlichen Zusammenhang eingebettet und dort funktionell fixiert sind. Besonders in solchen Fällen wird es nützlich sein, wenn der Erzieher das Kind anleitet, sein Wissen auszunutzen, die Ähnlichkeiten zwischen verschiedenen Situationen zu begreifen.

Wer einem achtjährigen Kind eine schematische Darstellung der Funktionsweise des Autos mit Verbrennungsmotor geben will, wird Elemente unterscheiden (Zylinder, Kolben, Vergaser, Kurbelwelle usw.), und er wird Operationen nennen (Bewegung des Kolbens, Umsetzung der Kolbenbewegung in Drehbewegung usw.). In diesem Falle wird es nicht möglich sein, im Erfahrungsschatz des Kindes ein Modell zu finden, das alle wesentlichen Elemente und Verknüpfungsoperationen enthält. Aber es werden für viele einzelne Elemente und Operationen Modelle und Analogien gefunden werden können, die das Verständnis erleichtern. Zylinder und Kolbenbewegung wird man vielleicht in Analogie zur Luftpumpe erklären. Für die Umsetzung einer Hin- und Herbewegung in eine Drehbewegung (die Kolbenbewegung wird auf die Kurbelwelle übertragen) wird man das Fahrrad heranziehen können, wo die Auf- und Abbewegung der Beine in die Drehbewegung der Tretkurbel umgesetzt wird usw.

Eine Theorie, die von der spontanen Aktivität des Kindes das Optimum an Erkenntnisgewinnung erwartet, setzt implizit voraus, daß ein Organismus jeweils in der Lage ist, seine bereits konstruierten Erkenntnisinstrumente jeweils alle und jeweils optimal zu nutzen. Daß dies nicht der Fall ist, zeigt nicht nur die alltägliche und schulische Praxis, sondern auch die denkpsychologischen Experimente von Maier bis Luchins, von Wertheimer bis Duncker. Auch Piaget hat mit dem Begriff der horizontalen Verschiebung (*décalage horizontal*) selbst festgestellt, daß eine Struktur in einem bestimmten Gegenstandsbereich realisiert sein kann und daß die gleiche Struktur in einem anderen Gegenstandsbereich nicht gebildet werden kann. Solche Verschiebungen scheint Piaget als eine Naturgegebenheit hinzunehmen, zumindest sind seine Erklärungsversuche außerordentlich dürftig.

Warum kann ein Kind sein Wissen, das es bei der Frage nach der Substanz einsetzen kann, bei der Beantwortung der Frage nach dem Volumen eines transformierten Gegenstandes nicht gebrauchen? Sollte es einem Erzieher wirklich nicht möglich sein, auf die Analogien zwischen der Substanz und dem Volumen hinzuweisen? Oder sollte durch einen solchen Hinweis wirklich etwas verdorben werden?

Wir sind dieser Frage nachgegangen (Montada und Schulze, 1970). Gegenstand dieser Untersuchung war die Entwicklung der Einsicht in die Konstanz der Anzahl bei Anordnungsveränderungen (s. Piaget/Szeminska, 1965). Es war unsere Vermutung, daß die Einsicht in die Konstanz bei Anordnungsveränderungen in bestimmten Situationen sehr früh realisiert ist, daß vierjährige Kinder beispielsweise schon in der Lage sind einzusehen, daß sich die Anzahl der Arme durch Ausbreiten oder Zusammenlegen nicht verändert und daß sich die Anzahl der Finger einer Hand nicht durch Spreizen und Zusammenfügen verändert. Diese Vermutung hat sich bestätigt. Der größte Teil der vier- und fünfjährigen Kinder war durchaus von der Konstanz der Finger- und Armzahl bei „Anordnungsveränderung“ überzeugt. Wir untersuchten daraufhin die Hypothese, ob sich dieses Wissen bei geeigneter Anleitung auf ähnliche Situationen, wie sie Piaget und Szeminska beschrieben haben, übertragen läßt: zum Beispiel auf die Situation, in der eine Reihe mit Knöpfen auseinander- oder zusammengeschoben wird. Verschiedene Autoren haben sich bislang mit wechselndem (meist nicht durchschlagendem) Erfolg bemüht, die Einsicht in die Konstanz in solchen Situationen zu vermitteln (Wohlwill und Lowe, 1962; Wallach und Sprott, 1964; Gruen, 1965).

In unserer Untersuchung haben wir Kinder im Alter von durchschnittlich 4;10 Jahren (4;1–5;7) darauf aufmerksam gemacht, daß es eigentlich dasselbe sei, ob man nun die Finger spreizt und zusammenfügt oder ob man eine Reihe mit Gegenständen auseinander- und zusammenschiebt. Alle Kinder dieser Experimentalgruppe hatten die Einsicht in die Konstanz der Finger bei Veränderung der Fingerstellung. Dieser Experimentalgruppe stellten wir eine Kontrollgruppe ohne Übung und drei weitere Experimentalgruppen mit anderen Übungsanordnungen gegenüber.

Die anderen Übungsanforderungen waren: Konfliktinduktion (s. Kap. 4.7), Konfliktinduktion, kombiniert mit Reversibilität, und Mobilitätsübungen. In diesem Zusammenhang müssen wir nur die Konfliktinduktion noch etwas genauer beschreiben, weil hier Piagets Äquilibrationshypothese in klassischer Form operationalisiert ist: Schaffung einer äquilibrationsbedürftigen Situation ohne Hilfe bei der Lösungsfindung. Wir sind, wie das üblich ist, ausgegangen von zwei in Anordnung und Anzahl genau gleichen Reihen von Gegenständen; nachdem das Kind die Gleichheit

der Anzahl in beiden Reihen festgestellt hat, wurde eine der beiden Reihen zusammengeschoben oder auseinandergezogen. Daraufhin wurde die Frage gestellt, ob nun beide Reihen gleich viele Elemente enthielten. Behauptete das Kind, in einer Reihe seien nun mehr Elemente als in der anderen, wurden aus dieser Reihe Elemente entfernt (s. Kap. 4.7).

Der VI entfernte so lange Elemente, bis das Kind in seinem Urteil umschlug und nun behauptete, diese Reihe enthalte weniger Elemente. Daraufhin wurden wieder Elemente einzeln zugegeben, bis das Urteil des Kindes wiederum umschlug oder aber bis das Kind die Gleichheit der beiden Reihen behauptete. Sinn dieses Verfahrens war es, einen kognitiven Konflikt und damit eine äquilibrationsbedürftige Situation zu schaffen.

Die Ergebnisse zeigen sehr eindeutig, daß das Lernen durch Analogie (durch Hinweis auf eine analoge und vom Kind bereits verstandene Situation, hier also durch Hinweis auf die Konstanz der Finger bei Veränderung der Handstellung) die weitaus besten Erfolge zeitigte. Diese Methode war allen übrigen Lernmethoden, insbesondere auch der Konfliktinduktion (die ja nur einen Impuls zu einem Äquilibrationsprozeß und keine Lenkung dieses Prozesses darstellt), deutlich überlegen. Durch eine Übung von insgesamt zweimal sechs Minuten (die Übungszeit war für alle Übungsgruppen gleich) erreichten alle Pbn der Analogiegruppe operatorische Lösungen. Es bleibt noch festzustellen, daß in diese Untersuchung nur Pbn eingegangen sind, die in allen vier Vortestaufgaben klar voroperatorische Lösungen zeigten. Dieses erste Experiment in dieser Richtung zeigt sehr deutlich, daß man den Erfahrungsschatz eines Pb didaktisch sehr wohl nutzen kann und daß spontane Lösungen nicht das Optimum an Strukturierungsleistung darstellen, deren ein Pb fähig ist.

Nun haben wir hier im Falle der Fingeranzahlkonstanz in der Analogiegruppe bereits eine Erkenntnis, die der zu gewinnenden Erkenntnis der Konstanz einer Reihe mit Gegenständen bei Anordnungsveränderungen in der Struktur exakt und vollständig entspricht. In diesem Fall ist keine neue Struktur zu lernen, sondern es handelt sich lediglich darum, eine bereits erworbene, in einen konkreten Zusammenhang eingebettete Struktur auf einen neuen Gegenstand zu übertragen und anzuwenden. Diese Anwendung mag spontan nicht gelingen, bei Anleitung jedoch bietet sich keine Schwierigkeit. Wir können hier von einem *gelenkten Transfer* sprechen.

In anderen Fällen mag es aber sein, daß die Problemlösung eine Struktur verlangt, die das Subjekt in dieser Form noch nicht realisiert hat. Es gibt also auch keinen anderen, dem Subjekt bekannten inhaltlichen Zusammenhang, der eine gleiche Strukturierung enthielte. Man wird sich aber immer bemühen können, aus dem Erkenntnisinstrumentarium eines Kin-

des diejenigen Strukturen auszuwählen, mit deren Hilfe wenigstens Teillösungen des anstehenden Problems zu erzielen sind. Das obengenannte Beispiel vom Verbrennungsmotor und das Ausnutzen der Erfahrung des Kindes mit Luftpumpe und Fahrrad mag dies illustrieren. Hier sollte nur darauf hingewiesen werden, daß im System Piagets eine Lücke besteht, die aus seinem System selbst wieder geschlossen werden kann: Piaget stellt typischerweise den Pb in eine Experimentalsituation, in der dieser vor einem Gegenstand mit bestimmten verbal formulierten Problemen konfrontiert wird. Der Vl sichert in einem gewissen Ausmaß, daß die gestellten Fragen verstanden werden. Wenn es um die bekannten Konstanzaufgaben geht, wird zumindest geprüft werden müssen, ob das Kind die Begriffe mehr, weniger, gleich viel, die Begriffe lang, breit, einen Begriff der Substanz bzw. des Gewichtes oder des Volumens, der Anzahl usw. besitzt. Es wird in der Regel vorausgesetzt, daß diese Begriffe bereits erworben sind, denn sie sind nicht Gegenstand der Versuche. Was aber in den Genfer Versuchen nicht getan wurde, ist folgendes: Es wurden keine Anstrengungen unternommen, den Lernenden anzuleiten beim Prozeß der Lösungsfindung. Alles, was ihm geboten war, ist – im günstigsten Fall – ein angemessenes Verständnis des Problems; die Lösungsfindung (interpretiert als ein Entwicklungsschritt) ist ihm selbst überlassen. Im pädagogischen Raum ist eine ähnliche Haltung bei den Jüngern des „learning by discovery“ zu finden. In jüngerer Zeit haben aber vor allem Gagné und Ausubel in einer Reihe von Arbeiten nachgewiesen, daß ein Lernen durch verbale Erklärung durchaus erfolgreich und ökonomisch durchgeführt werden kann. Die Entwicklungstheorie Piagets bietet im Konzept der Assimilation sogar ein theoretisches Prinzip, das sinnvolles und erfolgreiches „reception learning“ erklären und befruchten kann. Daß die Genfer Schule dieses Konzept nicht selbst didaktisch ausgewertet hat, liegt vermutlich an einer theoretischen Vorentscheidung, auf deren historischen Ursprung in Rousseau und Kant wir bereits hingewiesen haben.

Kohnstamm (1963, 1967) hat in seinen Untersuchungen zum Inklusionsproblem herausgefunden, daß die Einsicht in die Inklusionsbeziehung von Oberklasse und Unterklasse leichter in Aufgaben mit Lego-Steinen (unterschiedlicher Farbe und unterschiedlicher Größe) zu erreichen ist als in Aufgaben mit bekannten Gegenständen (Kinder – Jungen und Mädchen; Blumen – Tulpen und Rosen; Tiere – Hunde und Katzen usw.). Ohne einen Versuch der Interpretation dieses Tatbestandes zu unternehmen, ist eine Einordnung dieses Befundes in unsere gegenwärtige Diskussion von Interesse. Kohnstamm konnte feststellen, daß fast alle Pbn, die er anhand solcher Lego-Aufgaben trainierte (s. Kap. 4.10), anschließend

Inklusionsprobleme lösen konnten, während lediglich etwa die Hälfte der Pbn, die anhand eines anderen Materials trainiert wurden, diese Einsicht entwickelten. Das in unserem Zusammenhang Interessante ist der Tatbestand, daß fast alle Pbn, die im Lego-Training Einsicht in die Inklusionsbeziehung von Oberklasse und Unterklasse entwickelt hatten, diese Einsicht auf andere Probleme übertragen konnten. Die didaktische Folgerung aus diesem Befund liegt auf der Hand: Es muß eine Struktur in einer möglichst günstigen Situation aufgebaut werden, und es besteht dann die Hoffnung, daß diese Struktur auf andere Situationen übertragen wird, insbesondere wenn eine Hilfestellung bei dieser Übertragung gegeben wird.

Eine Abwandlung des Gedankens des gelenkten Transfers läuft ebenfalls auf ein in der Didaktik seit langem bekanntes Verfahren hinaus, das darin besteht, eine neue Struktur an einem möglichst einfachen Material aufzubauen, eine Struktur aufzubauen, die danach auf andere Materialien übertragen werden kann. Was nun ein leichtes Material ist, das weiß der erfahrene Didaktiker aufgrund einer langen praktischen Tätigkeit; eine Theorie der Schwierigkeit des Materials steckt erst in den Anfängen (Aebli, 1963). In bezug auf Probleme der Zahlkonstanz und der Klasseninklusion hat die Arbeit mit zahlenmäßig unterschiedlich großen Kollektionen gezeigt, daß eine geringe Anzahl von Elementen eine günstige Bedingung für die Elaboration einer neuen Struktur ist.

Zimiles (1966) stützt diesen Befund in einer Untersuchungsreihe über den Erwerb der Zahlkonstanz. Er kann feststellen, daß Zahlkonstanz bei Anordnungsveränderung sehr viel leichter fällt bei kleinen Anzahlen als bei großen Anzahlen. Er kann darüber hinaus feststellen, daß die Reihenfolge der Aufgaben von Bedeutung ist. Beginnt ein Pb mit einer leichten Aufgabe (mit einer kleinen Kollektion), dann erreicht er mit größerer Wahrscheinlichkeit ein Konstanzurteil und behält dieses Konstanzurteil bei nachfolgenden schwierigeren Aufgaben bei. Beginnt ein Pb umgekehrt mit einer schwierigen Aufgabe (mit einer großen Kollektion), wird er mit größerer Wahrscheinlichkeit versagen und wird danach auch bei leichten Aufgaben versagen. Diese Befunde können so interpretiert werden, daß eine Struktur bei günstiger Konstellation elaboriert werden kann, die danach auf andere übertragbar ist, und daß sich bei ungünstiger Konstellation ein fehlerhaftes Lösungsschema etabliert, das anschließend auch die Lösung vergleichsweise leichter Aufgaben verhindert. Es ist so, als ob sich die Pbn bei den schwierigen Aufgaben daran erinnerten, wie die Lösung bei vorhergehenden leichten Aufgaben gelang. Die Lenkung des Transfers geschieht hier mit Hilfe der Aufgabenreihenfolge.

4.7. Induktion kognitiver Konflikte

Gegenstand der Entwicklungspsychologie ist die Beschreibung und Erklärung der gesetzmäßigen Veränderungen des Verhaltensrepertoires mit dem Alter. Der erste Schritt besteht in der Beschreibung von Entwicklungsabfolgen, der zweite Schritt in deren Erklärung. Piaget erklärt die Gesetzmäßigkeit der Entwicklungsabfolgen mit einer Derivationshypothese: Die höheren Stadien sind Derivationen der tieferen Stadien, die die Voraussetzungen für die Erwerbungen der höheren Stadien schaffen. Wenn der Nachweis gelingt, daß die höhere Struktur Elemente enthält und verarbeitet, die in vorhergehenden Stufen aufgebaut wurden, erklärt das, warum eine Entwicklungssequenz so und nicht anders verlaufen kann. Eine Strukturanalyse kann die sachlogisch notwendige Abfolge von Entwicklungsschritten aufzeigen, sie kann aber nicht hinreichend erklären, warum ein neuer Entwicklungsschritt erfolgt. Wir alle haben Lernvoraussetzungen für vieles, was wir nicht lernen. Nach einem ersten Entwicklungsschritt kann der zweite bald, spät oder nie erfolgen. Den Mechanismus des Übergangs sieht Piaget im Äquilibrationsprozeß. Während der Verlauf des Äquilibrationsprozesses kaum präzise beschrieben ist, haben wir aber Aussagen über seine Auslösung, sozusagen den Impuls zur Entwicklung. Piaget sieht — wir haben das bereits gesehen — den Impuls zur Weiterentwicklung entweder in einem kognitiven Konflikt (Ist die zur Wurst veränderte Kugel nun schwerer, weil sie länger ist, oder ist sie leichter, weil sie dünner ist?) oder im Widerstand des Gegenstandes gegen eine Assimilation (Wasser läßt sich nicht greifen, das Greifschema ist unangemessen und muß modifiziert werden, etwa zum Schema des Schöpfens). Es ist das Verdienst Smedslunds (1961), ein experimentelles Paradigma für die Induktion eines kognitiven Konfliktes als Impuls für eine Reorganisation oder Modifikation der Schemata des Subjektes geschaffen zu haben, ein Paradigma, das inzwischen verschiedentlich Anwendung fand. Zwar hat Piaget selbst gelegentlich im Verlauf seiner klinischen Befragungen des Kindes kognitive Konflikte ausgelöst, aber es fehlen in der Genfer Schule systematische Versuche.

Smedslund stellt die Äquilibrationstheorie den Reifungs- und Lerntheorien gegenüber. Durchaus in Übereinstimmung mit der Genfer Tradition, sieht er die Konzeption einer Lerntheorie in einer Versuchsanordnung realisiert, in der die Ergebnisse einer Transformation empirisch festgestellt werden (er nennt dies externe Verstärkung). Gemäß lerntheoretischen Auffassungen müßten — nach Smedslund — Gewichtskonstanzurteile erreicht werden, wenn empirisch durch Abwiegen nachgewiesen wird, daß das Gewicht sich bei Veränderung der Form nicht auch verän-

dert. Eine empirische Regel kann so durch empirische Feststellungen erworben werden, nicht aber nach Genfer Interpretation eine logische Struktur: Die Konstanzurteile älterer Kinder zeigen z. B. Kriterien, die dafür sprechen, daß es sich hier um logische Schlußfolgerungen handelt: Konstanz wird als notwendig angesehen, es gibt einen Widerstand gegen scheinbar widersprechende empirische Evidenz (wenn der VI das Kind täuscht), und es gibt eine Übertragung der Konstanz Einsicht auf verschiedene Gegenstände.

Smedslund (1961 c) unternahm selbst einen Versuch, den Widerstand gegen scheinbar widersprechende Evidenz zu prüfen. Er verglich zwei Gruppen, deren eine spontan Einsicht in die Gewichtskonstanz zeigte, deren andere diese Einsicht durch empirische Feststellungen, durch Abwiegen der Ausgangskörper und der transformierten Körper erreichte. Smedslund stellte diese Erwerbungen dadurch auf die Probe, daß er bei der Transformation einer Plastilinkugel zur Wurst für das Kind unsichtbar etwas Plastilin entfernte, so daß das nachherige Abwiegen keine Gewichtsgleichheit mehr ergab. Er stellte dann fest, wie viele Pbn sich täuschen ließen und ihr Konstanzurteil revidierten: Diejenigen Pbn, die Gewichtskonstanz durch empirische Feststellungen erworben hatten, konnten durch diese Irreführung leichter getäuscht werden als Pbn, die in der spontanen Entwicklung Gewichtskonstanz erworben hatten.¹

Bei der Untersuchung der Äquilibrationstheorie geht Smedslund von Piagets Meinung aus, daß sich Entwicklung als interner Reorganisationsprozeß abspielt, der auf der assimilatorischen Tätigkeit des Subjektes und auf der Erfahrung beruht, daß die bisher eingesetzten Assimilationsschemata unzulänglich sind. „Externe“ Verstärkungen spielen im Prozeß der Reorganisation keine Rolle. Logische Beziehungsbildungen bestehen in einer internen Beziehungsbildung (*mise — en — relation*) der Aktivitäten des Subjektes. Äquilibration und Reifung sind aber nicht identisch, da die Auslösung eines Äquilibrationsprozesses eine Aktivität des Subjektes voraussetzt, eine Aktivität, durch die die internen Widersprüche und Unzulänglichkeiten aufgedeckt werden, wodurch dann die Reorganisation eingeleitet wird.

Smedslunds Verfahren zur Induktion eines kognitiven Konfliktes wird in einer Untersuchung zur Entwicklung der Gewichtskonstanz deutlich (Smedslund, 1961 e). Er konzipiert hier eine Versuchsanordnung, in der zwei Assimilationsschemata in Konflikt geraten. Die beiden Schemata, die in Konflikt gebracht werden, sind das Additions-Subtraktions-Schema und das Deformationsschema. Das Deformationsschema führt zum Urteil

¹ Hall und Kingsley (1968) konnten dieses Ergebnis aber nicht bestätigen. Sie beobachteten, daß sich auch die Pbn mit spontan erworbener Konstanz Einsicht täuschen ließen.

der Ungleichheit bei Deformation eines Gegenstandes (z. B. bei Deformation einer Kugel zu einer Wurst). Das Additions-Subtraktions-Schema führt zum Urteil der Ungleichheit, wenn etwas addiert und etwas subtrahiert wird. Nun werden Kinder, die weder Gewichts- noch Substanzkonstanz haben, gleichzeitig mit zwei Veränderungen konfrontiert. Der Ausgangskörper (A), eine Kugel, wird zu verschiedenen geformten Körpern deformiert (B). Gleichzeitig wird von A oder von B eine kleine Menge weggenommen oder hinzugefügt. Der Ausgangskörper wird also auf zweierlei Arten verändert: durch Deformation der Form und durch Addition oder Subtraktion. Ein Pb verwendet ein Deformationsschema, wenn er sein Urteil auf die Veränderung der Form gründet; er verwendet ein Additions-Subtraktions-Schema, wenn er sein Urteil auf die Subtraktion der kleinen Menge gründet. Zwischen beiden Schemata kann ein Konflikt entstehen. So mag ein Pb auf die größere Länge der Wurst achten und auf die ausgeführte Subtraktion. So weiß er nicht: Ist die Wurst schwerer, weil sie länger ist, oder leichter, weil etwas weggenommen wurde?

Smedslund verwendet zwei Arten von Materialien: kontinuierliches Material (Plastilin) und diskontinuierliches (Klötze). Durch einen Vortest werden solche Pbn ausgewählt, die Substanzkonstanz noch nicht erworben haben. Smedslund bildet drei Gruppen: I. Übung mit kontinuierlichem Material, II. Übung mit diskontinuierlichem Material und III. Kontrollgruppe. Die Pbn der Gruppen I und II erhalten maximal drei Trainingssitzungen an verschiedenen Tagen. Das Training wird abgebrochen, sobald der Übergang zur Konstanz erreicht ist. Die Items sind nach folgendem Schema konstruiert, wobei A und B die Ausgangskörper sind, wobei $-A$ bedeutet, daß von dem Körper A etwas entfernt wird, $+A$ bedeutet, daß zu dem Körper A etwas addiert wird. Def. A bedeutet Deformation des Gegenstandes A, $A > B$ bezeichnet die Meinung des Kindes, A enthalte mehr Plastilin (bzw. Klötze) als B.

I	II	III	IV
a) Def. A Wenn Kind sagt $A > B$, dann	a) Def. B und $-B$	a) Def. A und $-A$	a) Def. B und $-B - A$
b) $-A$	b) $-A$	b) $-A$	b) $+A + B$
c) $+A$		(ein anderes Stück)	
	c) $+B$	d) $+A$	
Wenn Kind sagt $B > A$, dann			
d) $-B$		c) $+A$	
$+B$			

Man kann aus diesem etwas abgekürzt wiedergegebenen Schema ersehen, daß vielfältige Möglichkeiten zur Entstehung eines Konfliktes zwischen Deformationsschema und Additions-Subtraktions-Schema gegeben sind.

Durch diese Anordnung erreichen einige Pbn (Durchschnittsalter 6;2 Jahre) Substanzkonstanz. Sie erreichen diese Einsicht, indem sie das Additions-Subtraktions-Schema verwenden und das Deformationsschema aufgeben. Wenn also nichts addiert und subtrahiert wird, dann folgt das Konstanzurteil. „Da das Additions-Subtraktions-Schema wohl die größere Klarheit, Einfachheit und Konsistenz hat, wird es allmählich oder plötzlich zu dominieren beginnen, wogegen das Deformationsschema mit einem hohen Grad an Zweideutigkeit, Unsicherheit und interner Widersprüchlichkeit geschwächt wird und evtl. völlig verschwinden wird, selbst in reinen Deformationssituationen ohne Addition oder Subtraktion“ (Smedslund, 1961 e).

Inwieweit ist in dieser Versuchsanordnung die Äquilibrationstheorie Piagets repräsentiert? Smedslund nennt zwei Schemata, die miteinander in Konflikt geraten können, wobei als Lösung des Konfliktes die Selektion des Additions-Subtraktions-Schemas erfolgt. Wir haben hier also das Selektionsmodell, das auch dem behavioristischen Empirismus zugrunde liegt, und nicht das Integrationsmodell (bzw. Akkommodationsmodell) der Äquilibrationstheorie Piagets. Das Additions-Subtraktions-Schema wird einfach in der Verhaltenshierarchie dominierend, es wird selektiert. Trotzdem könnte ein solcher Selektionsprozeß nicht empiristisch erklärt werden. Wir haben weder empirische Feststellungen über die Gleichheit oder die Ungleichheit der Substanz der beiden Körper A und B, noch haben wir eine „externe“ Verstärkung der richtigen Reaktionen. Was also erklärt die häufigere Wahl des Additions-Subtraktions-Schemas nach der Induktion des Konfliktes?

Wir haben Smedslunds Ansicht zitiert. Er glaubt, daß das Additions-Subtraktions-Schema die größere Klarheit, Einfachheit und Konsistenz habe, wogegen das Deformationsschema einen hohen Grad an Zweideutigkeit und innerer Widersprüchlichkeit aufweise. Die Widersprüchlichkeit des Deformationsschemas liegt darin, daß je nach Zentrierung der veränderten Dimension das Urteil ein anderes ist: Der veränderte Körper kann gegenüber dem Ausgangskörper als schwerer oder als leichter angesehen werden, je nach Dimensionsbeachtung: Ist der veränderte Körper schwerer, weil er länger ist, oder ist er leichter, weil er dünner ist? Solche Unklarheiten und Widersprüchlichkeiten enthält das Additions-Subtraktions-Schema nicht.

Wir müssen uns aber fragen, warum wir überhaupt einen Konflikt zwischen dem Additions-Subtraktions-Schema und dem Deformationsschema

als Impuls zur Entwicklung brauchen. Würde nicht die Widersprüchlichkeit des Deformationsschemas völlig ausreichen? Man kann weiter fragen, ob es tatsächlich einen Konflikt zwischen Additions-Subtraktions-Schema und Deformationsschema gibt und geben kann. Ein Kind achtet auf die größere Länge des transformierten Gegenstandes und sagt, er enthalte mehr Plastilin. Nun wird von diesem Gegenstand etwas Plastilin weggenommen. Das Kind berücksichtigt diese Subtraktion ebenfalls. Nun enthält dieser Körper mehr Plastilin, weil er länger ist, aber auch weniger, weil etwas weggenommen wurde: Vielleicht ist er immer noch schwerer als der Ausgangskörper, vielleicht auch leichter, vielleicht gleich schwer. Hierbei ist logisch kein Konflikt notwendig. Beide Schemata können durchaus nebeneinander bestehen. Smedslund hat die Existenz eines internen Konfliktes auch nur postuliert und nicht den Versuch unternommen, diesen Konflikt zu messen. Wir können Smedslunds Daten auch ohne die Annahme eines solchen Konfliktes interpretieren: In einer Konstanzprüfung werden die Pbn gefragt, ob der transformierte Körper oder der Ausgangskörper mehr Plastilin enthält. Die Kinder haben den Begriff „mehr“ noch nicht in verschiedene Dimensionen differenziert. Sie unterscheiden noch nicht zwischen mehr an Masse, mehr an Länge, mehr an Dicke usw., und sie halten sich bei der Beantwortung der Frage an die anschaulich auffälligen Veränderungen. Sie wissen nicht recht, was gefragt ist, weil sie die notwendigen Begriffsdifferenzierungen noch nicht geleistet haben. Die Anordnung Smedslunds fördert aber eben diese Begriffsdifferenzierung: Es werden verschiedene Bedeutungen des „mehr“ vorgegeben: Die Veränderungen durch die Deformation und die Veränderungen durch Addition und Subtraktion können mit dem Begriff „mehr“ in Zusammenhang gebracht werden. Durch den VI wird ein Additions-Subtraktions-Schema, also eine Alternative zum üblicherweise beobachteten Deformationsschema angeboten. Es ist zu erwarten, daß einige Pbn diese Alternative wählen und dadurch zu Konstanzurteilen gelangen, wenn nichts addiert und subtrahiert wird. Möglicherweise wird die Wahl dieser Alternative für die Interpretation des Begriffes „mehr“ gefördert durch die internen Widersprüchlichkeiten, die sich aus dem Deformationsschema ergeben. Wenn aber doch ein kognitiver Konflikt angenommen werden muß, dann sicherlich nicht zwischen Additions-Subtraktions-Schema und Deformationsschema, sondern zwischen den verschiedenen internen Widersprüchlichkeiten, die sich aus dem Deformationsschema selbst ergeben.

Die obige Interpretation wäre in Übereinstimmung mit empirischen Befunden, die zeigen, daß eine Begriffsdifferenzierung im Bereich der Entwicklung der Konstanzurteile eine dringliche Angelegenheit ist. Inkon-

stanzurteile sind dieser Hypothese gemäß auf mangelhafte Begriffsdifferenzierung zurückzuführen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, dies zu erreichen, z. B. durch Aufbau von „learning-sets“ (Gelman, 1969; Kingsley und Hall, 1967) oder durch verbale Regelformulierung (Beilin, 1965) (s. Kap. 4.9).

Die Widersprüchlichkeit des Deformationsschemas kann einen Äquilibrationsprozeß auslösen. Eine echte Äquilibration im Sinne der Aufhebung interner Widersprüche müßte dann aber am Deformationsschema selbst ansetzen und z. B. zu einer multiplikativen Beziehungsbildung der verschiedenen veränderten Dimensionen führen. Wenn aufgrund der Widersprüchlichkeit dieses Schemas lediglich ein anderes Schema gewählt wird, dann haben wir zwar eine interessante Motivationsquelle (Widersprüchlichkeit von Assimilationsakten), aber noch keinen Äquilibrationsprozeß. Der Konflikt zwischen verschiedenen Schemata als Motivationsquelle ist nicht ausschließlich typisch für eine Äquilibrationstheorie des Lernens (vgl. z. B. Berlyne, 1965). Konflikt zwischen verschiedenen Reaktionen und Selektion einer Reaktion ist ebenso typisch für einen behavioristischen Empirismus. Für die Äquilibrationstheorie Piagets scheint mir die Art der Konfliktbewältigung typisch zu sein: Konfliktlösung nicht durch Selektion eines fertig im Repertoire liegenden Schemas, sondern durch Akkommodation oder Neukombination vorhandener Schemata. Durch die Wahl des Additions-Subtraktions-Schemas ist die interne Widersprüchlichkeit des Deformationsschemas nicht aufgehoben und überwunden, sondern nur beiseite geschoben. Allerdings müßte zugegeben werden, daß sich hier doch ein Stück Entwicklung vollzogen hat, wenn sich ein zunächst undifferenzierter und globaler Mengenbegriff „mehr“ in verschiedene Begriffe differenziert hat: mehr an Stoff und mehr an Länge und mehr an Umfang.

Die Untersuchung Smedslunds hat eine Reihe weiterer Untersuchungen angeregt, die alle in der einen oder anderen Form die Induktion eines kognitiven Konfliktes anstreben. Gruen (1965) arbeitet dabei über den Erwerb der Zahlkonstanz, wobei er die Konfliktinduktion einer empiristischen Methode (ein Abzählen der Kollektionen vor und nach der Transformation) gegenüberstellt. Zwei Reihen (A;B) in der gleichen Anordnung liegen vor dem Pb, der feststellt, daß in beiden Reihen gleich viele Elemente sind (s. Abb. 6). Sodann transformiert der VI eine Reihe (B-B'): Glaubt der Pb nun, eine Reihe (bspw. B') enthalte mehr Elemente, dann entfernt der VI zur Induktion des kognitiven Konfliktes aus dieser Reihe Elemente, und zwar die inneren (s. B'₂-B'₆).

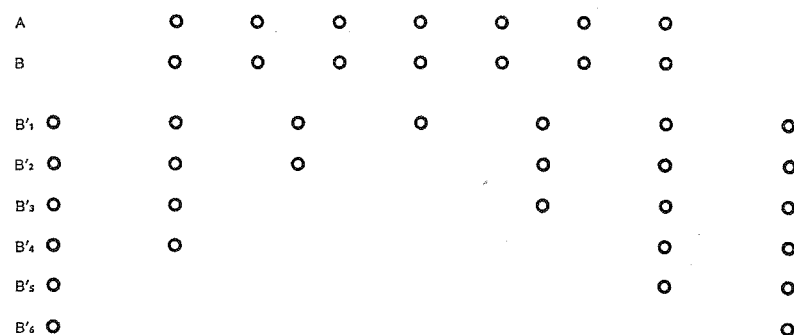


Abb. 6:

Schematische Darstellung der Anordnung Gruens (1966) zur Konfliktinduktion: Aus der transformierten Reihe B₁ werden nacheinander (B₂, B₃...) Elemente entfernt, bis der Pb nicht mehr die Länge einer Reihe, sondern ihre Dichte zentriert.

Der VI entfernt die Elemente einzeln und fragt jeweils anschließend den Pb, ob in B' (B₂... B₆) immer noch mehr Elemente als in A seien oder nicht. Er tut das so lange, bis der Pb in seinem Urteil zu schwanken beginnt und meint, in A seien mehr Elemente als in B'. Hierin sieht Gruen einen kognitiven Konflikt realisiert. Eine Ableitung aus Piagets Theorie könnte wie folgt aussehen: Der Pb hat die Begriffe Zahl (erfragt durch „wie viele?“) und Länge (erfragt durch „wie lang?“) nicht differenziert. Er nimmt die größere Länge von B' als Repräsentant der Menge und antwortet falsch. Nun verringert der VI durch das Entfernen von Elementen aus der „größeren Reihe“ die Dichte dieser Elemente, und es kommt ein Punkt, da fällt die Aufmerksamkeit des Pb nicht mehr auf die größere Länge von B', sondern auf die geringere Dichte. Das ist eine Dezentration. Der Pb mag sein Urteil nun revidieren. Nicht mehr die Länge ist für das Urteil ausschlaggebend, sondern die Dichte, die bei A größer ist. Dem geht ein kognitiver Konflikt voraus (Hat B' mehr Elemente, weil die Reihe länger ist, oder weniger, weil sie weniger dicht ist?). Dieser Konflikt mag gelöst werden, wenn weder Länge noch Dichte als Einzeldimensionen aufgefaßt werden, die allein für die Menge verantwortlich sind, sondern wenn beide gleichzeitig beachtet und in Zusammenhang gebracht werden: Das Auseinanderziehen von B zu B' führt zu größerer Länge, aber auch zu geringerer Dichte. In dieser Situation wird vielleicht erkannt, daß eine Transformation der Länge und Dichte keine Veränderung der Anzahl zur Folge hat, wohl aber eine Transformation im Sinne der Addition und Subtraktion. Wir sehen hier die exakte Parallelität zu Smedslunds Versuch.

Im übrigen ist die Feststellung Gruens interessant, daß diese versuchte Induktion eines kognitiven Konfliktes (auch Gruen hat keine direkten Konfliktindizes beobachtet) bei Kindern im Alter von durchschnittlich 5;0 nur dann zu einem signifikanten Anstieg von Konstanzurteilen im Posttest führt, wenn eine Vorübung vorgeschaltet wird, die zum Ziel hat, Zahl und Länge zu differenzieren. In dieser Vorübung muß der Pb feststellen, welche von zwei aus verschiedenen Stäben zusammengesetzten Reihen mehr Stäbe hat, wobei in einer Anzahl von Aufgaben die längere Reihe weniger Stäbe hat (s. Abb. 7).

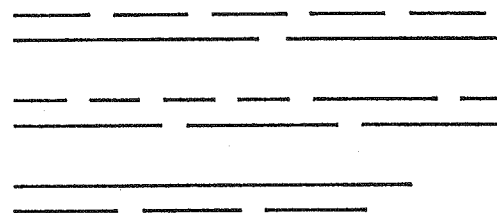


Abb. 7:

Übungsanordnung zur Demonstration, daß Länge und Anzahl unabhängig variieren (nach Gruen, 1966).

Der Pb muß abzählen. Antwortet er falsch, korrigiert der VI. Gruen versucht, durch diese Vorübung die Begriffe Länge und Anzahl zu differenzieren, um die Pbn zu lehren, daß mit der Frage „mehr oder gleich viele“ die Zahl gemeint ist und nicht die Länge. Gruen kann eine signifikante Interaktion zwischen diesem Vortraining und der Induktion eines kognitiven Konfliktes (gemessen am Erwerb der Zahlkonstanz) feststellen. Dieses Ergebnis erscheint plausibel: Pbn, die Zahl und Länge unterscheiden können, werden durch das Entfernen von Elementen aus der transformierten Reihe rascher darauf gestoßen, daß sie bei der Beantwortung der Konstanzfrage auf die Anzahl der Elemente und nicht auf die Länge einer Reihe zu achten haben. Diese Pbn werden eher das ihnen ja nun bekannte Schema „Zahl“ für die Beantwortung der Frage wählen. Man wird zwar davon ausgehen können, daß eine wenigstens rudimentäre Differenzierung von Zahl und Länge bei Fünfjährigen vorhanden ist, daß die Länge zwar häufig als „Repräsentant“ für Menge gewählt wird, nicht aber völlig mit Menge identifiziert wird. Eine Vorübung, wie die von Gruen benutzte, dürfte aber auf alle Fälle förderlich sein, weil sie die Verfügbarkeit des Zahlschemas erhöht. Gruen erzielt in einer Gruppe, in der er kognitiven Konflikt im beschriebenen Sinne zu realisieren versucht, bessere Lernerfolge als in einer Kontrollgruppe und einer weiteren

Übungsgruppe, die die Konstanz bei Transformation durch empirische Feststellungen (Abzählen) beobachten kann. Insgesamt liegen die Lernerfolge Gruens über früheren Untersuchungen (Wohlwill und Lowe, 1962), sind aber ebenfalls noch recht unsicher. Bei weitem nicht alle Pbn elaborieren die richtige Lösung. Ein Transfer von Zahlkonstanz auf Längen- und Substanzkonstanz ist bei der Hälfte (Längenkonstanz) bzw. bei einem Drittel (Substanzkonstanz) der Pbn zu beobachten. Vergleichbare Lernerfolge wie Smedslund und Gruen erzielen auch Montada und Schulze (1970) durch Induktion kognitiver Konflikte bei vier- und fünfjährigen Kindern. Etwas deutlichere Erfolge noch, allerdings mit etwas älteren Kindern (Md knapp sieben Jahre), berichtet Murray (1968).

Murray verwendet eine interessante Methode zur Induktion kognitiver Konflikte, und zwar im Bereich der Längenkonstanz. Er prüft Längenkonstanz nicht in der üblichen Form durch gegenseitiges Verschieben zweier Stäbe (s. Fig. A der Abb. 8), sondern durch Anwendung der bekannten Müller-Lyer-Täuschung (s. Fig. B der Abb. 8) und der Oppel-Kundt-Täuschung (s. Fig. C) sowie für die Flächenkonstanz durch Anwendung der Jastrow-Täuschung. Murray versucht nun, kognitiven Konflikt dadurch zu erreichen, daß er zwei gleich lange Stäbe durch verschiedene optische Täuschungen verzerrt, und zwar so, daß der gleiche Stab einmal kürzer und einmal länger aussieht. Ein Kind, das der Meinung ist, die Länge der Stäbe verändere sich wirklich, muß aus diesem Grunde einmal sagen, der erste Stab sei länger als der zweite, ein anderes Mal, der zweite sei länger als der erste. Murray kombiniert dies mit einem Reversibilitätstraining, in dem er die beiden Stäbe aus dem verzerrenden wahrnehmungsmäßigen Kontext wieder herausnehmen und direkt vergleichen läßt. Als Übungsaufgabe verwendet er nur die Müller-Lyer-Täuschung, als Transferaufgabe stellt er dann die Oppel-Kundt- und die Jastrow-Täuschung. Die Lernerfolge in bezug auf Müller/Lyer sind durchschlagend, der Übungstransfer auf Oppel/Kundt ist erheblich, und etwa die Hälfte der Pbn lösen eine Flächenkonstanzaufgabe mit der Jastrow-Täuschung noch korrekt.

Möglicherweise ist die Kombination von Konfliktinduktion und Reversibilitätstraining eine besonders günstige Lernanordnung. Inhelder, Bovet und Sinclair (1967) haben mit C. Fot ebenfalls eine Lernanordnung realisiert, die man mit dem Begriff der Konfliktinduktion beschreiben kann. Drei Bechepaare aus Glas sind in zwei vertikalen Kolonnen an einem Stativ montiert, wobei die oberen und unteren Becher gleich dimensioniert sind, während das mittlere Paar unterschiedliche Formen hat (s. Abb. 9). Mit Hilfe von Hähnen können nun die Becher gleichzeitig entleert werden, wobei die Flüssigkeiten, die sie enthalten, jeweils in die darunter

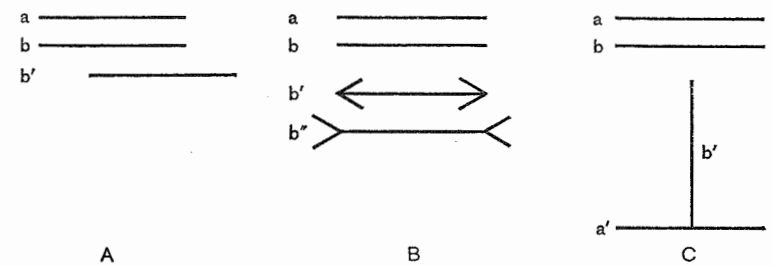


Abb. 8:

Prüfungen der Längenkonstanz. In der klassischen Prüfung der Längenkonstanz (A) werden zwei genau untereinander und parallel liegende Stäbe (a, b) gegeneinander verschoben (b'). Murray prüft die Längenkonstanz, indem er optische Täuschungen arrangiert, die Müller-Lyer- (B) und die Oppel-Kundt-Täuschung (C). Je nach wahrnehmungsmäßigem Kontext werden die Stabllängen unter- oder überschätzt (nach Murray, 1968).

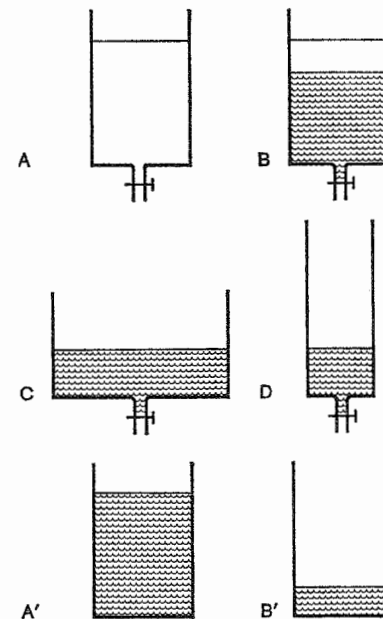


Abb. 9:

Zwei identische Becher (A, B) enthalten gleich viel Flüssigkeit (Ausgangsniveau). Die Pbn haben die Aufgabe, aus den Bechern A und B in die mittleren, unterschiedlich geformten Becher (C, D) gleich viel Flüssigkeit einzufüllen. Pbn, die Flüssigkeitsmenge mit Niveau identifizieren, werden bis zum gleichen Niveau einfüllen. Danach werden diese „gleichen Mengen“ in die unteren Becher (A', B') umgefüllt, die wieder identisch sind. Die Pbn stellen fest, daß die Menge in den unteren Bechern unterschiedlich ist und daß die Menge, die in B' fehlt, im oberen Becher B zurückgeblieben ist (nach Inhelder, Bovet und Sinclair, 1967).

befindlichen Becher fließen. Der Pb darf selbst die Entleerung der Becher steuern. Die Ausgangsbecher enthalten gleich viel Flüssigkeit, was der Pb feststellt. Der Pb soll daraufhin in die mittleren Becher gleich viel Flüssigkeit fließen lassen. Ist für ein Kind die Flüssigkeitsmenge durch das Niveau der Flüssigkeit in einem Becher repräsentiert, wird es beide mittleren Becher bis zum gleichen Niveau füllen.

Sodann werden aber die mittleren Becher in die wiederum identischen unteren Becher entleert, wodurch das Kind feststellen kann, daß im mittleren schmalen Becher weniger Flüssigkeit enthalten war (s. Abb. 9). Das Kind wird schließlich darauf aufmerksam werden, daß die Flüssigkeit, die im unteren Becher fehlt, im oberen verblieben ist. Die Autoren stellen fest, daß durch diese Übungsanordnung aber lediglich die in einem Übergangsstadium befindlichen Pbn profitieren, während die eindeutig voroperatorisch denkenden Kinder nur zum geringeren Teil aus dieser Übung lernen konnten. Wichtig in unserem Zusammenhang ist aber nur die Methode, die wir als Möglichkeit der Konfliktinduktion interpretieren. Andere Untersuchungen dieser Art im Bereich der Entwicklung der Konstanz Einsicht liegen von Brison (1965), Brison und Bereiter (1966) und Beilin (1965) vor.

Zusammenfassend ist zu den bisherigen Versuchen, kognitiven Konflikt zu induzieren, folgendes zu sagen: Weder Smedslund noch Gruen haben den Versuch unternommen, den angestrebten kognitiven Konflikt direkt zu messen. Es wäre wünschenswert, die Indizien für das Vorhandensein eines kognitiven Konfliktes unabhängig vom Erreichen der angestrebten Konstanz Einsicht zu messen. Die einzigen Versuche einer unabhängigen Konfliktmessung sind im Zusammenhang mit Versuchen der Mobilisierung des kindlichen Denkens unternommen worden (Montada, Rimmele und Thirion, 1968; Haverkamp, 1970) (s. Kap. 4.3). In den genannten Arbeiten wurde die Lösungszeit als Konfliktindikator verwendet. Allerdings scheinen außer einem Konflikt zwischen verschiedenen Assimilationsversuchen noch viele andere Faktoren auf die Variable Lösungszeit einzuwirken.

4.8. Verhinderung von Denkgewohnheiten und „empirischen Begriffen“

Piaget hebt die Erwerbungen des Äquilibrationsprozesses ab von der Gewohnheitsbildung und — allgemeiner — vom Lernen empirischer Regelmäßigkeiten. Äquilibration ist ein interner Organisationsprozeß, der zu Ergebnissen führt, die an der Empirie überprüft werden können, dessen Ent-

stehung aber nicht durch empirische Erfahrungen erklärt wird. Die Entwicklung ist auf den Aufbau flexibler und mobiler Denkstrukturen gerichtet und nicht auf den Aufbau starrer Denkgewohnheiten und Lösungsmechanismen, deren Bildung der Empirismus behavioristischer Prägung untersucht. Gréco (1959) versucht, diesen Aspekt der Genfer Entwicklungspsychologie in einem Experiment zu illustrieren. Er glaubt, in Anlehnung an Piaget zwei Hauptmodalitäten des Lernens unterscheiden zu können: a) empirisches Lernen und b) operatorisches Lernen. Gréco bemüht sich, Lernanordnungen aufzubauen, die die eine oder andere Art des Lernens eher begünstigen. Dabei erwartet er, daß operatorisches Lernen dem empirischen Lernen beim Erwerb der logischen Strukturen überlegen ist, überlegen in bezug auf die Generalität (Übertragbarkeit) und die Stabilität. Hier spiegelt sich die alte Unterscheidung zwischen einsichtsvollem Lernen und Auswendiglernen (Gestaltpsychologie), wobei auch angenommen wird, daß einsichtsvolles Lernen identisch ist mit der Erfassung von Strukturen, die auf verschiedene Inhalte übertragbar sind, die stabil sind (nicht vergessen werden), während Auswendiglernen nur die Beherrschung spezifischer Inhalte gestattet und anfällig gegen Vergessen ist.

Gréco wählt folgenden experimentellen Gegenstand: Auf einem Stab sind die Elemente A, B, C aufgereiht. Sie unterscheiden sich durch die Farbe. Der Stab wird vor den Augen des Kindes in ein Rohr gesteckt, so daß er unsichtbar ist. Sodann wird das Rohr um 180° (eine Rotation) und 360° (zwei Rotationen) gedreht (s. Abb. 10). Der Pb soll herausfinden, welches die Ordnung der Elemente A, B, C nach diesen Rotationen ist.

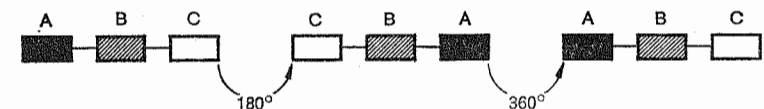


Abb. 10:

Drei nach der Farbe unterscheidbare Elemente A, B, C werden in ein Rohr gesteckt, so daß sie nicht mehr sichtbar sind. Danach wird das Rohr um 180° (= 1 Drehung) oder um 360° (= 2 Drehungen) gedreht. Der Pb hat die Aufgabe, die Reihenfolge der Elemente nach diesen Drehungen vorauszusagen (nach Gréco, 1959).

Diese Anordnung hat den Vorzug, daß der Pb seine Voraussagen sofort empirisch überprüfen kann. Weiter gibt es hier, den zwei Modalitäten des Lernens entsprechend, zwei Qualitäten der Erwerbungen. Es gibt zunächst einen „Quasi-Begriff“, der auf einem empirischen Lernen beruht. Hier werden lediglich die empirischen Zusammenhänge gelernt: Eine Rotation führt zur Reihenfolge der Elemente C, B, A, zwei Rotationen füh-

ren zur Reihenfolge A, B, C. Dann gibt es den logischen Begriff, der Beziehungen zwischen den einzelnen Rotationen herstellt: Eine Rotation führt zur Umkehrung der Ausgangsordnung, eine doppelte Rotation führt zur Umkehrung der Umkehrung und stellt dadurch die Ausgangsordnung wieder her. Diesen logischen Begriff soll ein operatorisches Lernen sichern. Das wichtigste Kennzeichen des logischen Begriffs ist also eine Beziehungsbildung zwischen verschiedenen Rotationen (bzw. zwischen deren Ergebnissen). Aus diesem Grunde hat ein solcher Begriff eine größere Allgemeinheit als der Quasi-Begriff: Eine Ausdehnung auf eine größere Anzahl von Rotationen ist möglich. Neben der größeren Allgemeinheit sind diesem logischen Begriff auch die anderen Kriterien des logischen Denkens zuzuordnen: die Notwendigkeit des deduktiven Schlusses, die Reversibilität, die in einer gedanklichen Addition und Subtraktion von Rotationen besteht, die größere Stabilität.

Ob ein erworbener Begriff nun ein logischer oder ein Quasi-Begriff ist, entscheidet Gréco an folgenden Kriterien: an der Art der Formulierung einer Regel über einen Effekt von einer, zwei und evtl. mehr Rotationen; am Ausmaß der Übertragung auf ein anderes Material und auf höhere Rotationszahlen; an der Stabilität des erworbenen Begriffs, mit der Hypothese, daß ein rein empirisches Wissen, also ein Quasi-Begriff rascher vergessen wird und nicht wieder gedanklich rekonstruiert werden kann. Der Versuch besteht aus einem Vortest, einer Lernphase nach verschiedenen Methoden, einem Posttest unmittelbar nach der Lernphase und einem Posttest zu einem späteren Zeitpunkt. Hinzu kommen Transferversuche mit anderem Material und größeren Rotationszahlen.

Grécos wichtigste Lernmethoden sind die Methoden D und S. Er gibt eine genaue Schilderung der einzelnen Aufgaben und ihrer Abfolge. Für Gréco selbst besteht der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Methoden in der größeren „planification“ der Methode D. Hier werden zunächst nur Aufgaben, die eine Rotation (Drehung um 180°) enthalten, gestellt. Dies wird so lange geübt, bis das Ergebnis einer Rotation gelernt ist. Danach werden Aufgaben mit zwei Rotationen gegeben, bis das Ergebnis zweier Rotationen gelernt ist. Es wird also die Wirkung einer und zweier Rotationen getrennt eingeübt: Eine Rotation führt zur Umkehrung der Reihenfolge, zwei Rotationen führen zur Ausgangsordnung.

Dagegen ist die Methode S viel schwieriger, weil schon zu Beginn der Übung eine Aufgabengruppe gegeben wird, in der ein und zwei Rotationen gemischt vorkommen. Das Ergebnis einer oder zweier Rotationen ist hier nicht gleichermaßen leicht empirisch zu lernen. Diese Anordnung Grécos ist nicht auf den ersten Blick schlüssig, die Ergebnisse zeigen aber, daß die erwarteten Unterschiede zwischen den Methoden D und S tat-

sächlich eintreten. Sie zeigen, daß die leichtere Methode D ebenso zu Lernerfolgen führt wie die schwierigere Methode S; allerdings sind die Übungserfolge der Methode D weniger stabil, sie sind weniger übertragbar auf höhere Rotationszahlen und auf andere Materialien. Die Methode S führt eher zu Lernerfolgen, die die Kriterien des einsichtsvollen oder logischen Begriffs aufweisen.

Gréco fragt sich, welches die Art und der Wert der erworbenen Kenntnisse seien. Zunächst hat sich gezeigt, daß durch geeignete Methoden Kenntnisse zu vermitteln sind, die einem höheren Entwicklungsniveau äquivalent sind. Diese sind aber nicht einfach durch ein Konstatieren der Ereignisse (*lecture des événements*) entstanden, wie sich das eine empiristische Lerntheorie vorstellt. Während diese z. B. eine progressive Steigerung der Anzahl der richtigen Antworten erwartete, hat Gréco Lernkurven vom Typ des „einsichtsvollen Lernens“ beobachtet, die kurz vor der Einsicht (dem plötzlichen Verschwinden von Fehlern) einen Anstieg der Fehlerzahl manifestieren. Dies ist für Gréco ein Indiz, daß kurz vor der Findung der richtigen Lösung fehlerhafte Hypothesen durchgetestet werden. Das getrennte Einüben der Ergebnisse von einer und zwei Rotationen scheint dabei eine Koordinierung zu erschweren, weil es eine primitivere Strategie erlaubt, nämlich die einfache Zuordnung eine Rotation = C, B, A, zwei Rotationen = A, B, C.

In dieser Hinsicht erfüllt die Anordnung S die Funktion des operatorischen Übens (im Sinne Aebli, 1951). Aebli will durch operatorisches Üben vor allem die Bildung sinnloser Automatismen verhindern (s. Kap. 4.2). Die Unterscheidung der Wirkung einer und zweier Rotationen ohne Beziehungsbildung wäre in dieser Weise eine sinnarme Assoziation. Angestrebt wird aber eine Beziehungsbildung zwischen verschiedenen Handlungen. Dies setzt offensichtlich andere Lernmechanismen voraus als die Bildung von Automatismen.

Was tut Gréco, um diese Strukturierung zu fördern? Festzuhalten ist nur ein allgemeines Verfahren: die Bildung von „Quasi-Begriffen“, also von nur empirischen Regeln nach Möglichkeit zu verhindern. Das von ihm gewählte Verfahren ist möglicherweise sehr materialspezifisch und nicht auf andere Gegenstände zu übertragen; aber durch das Verhindern einer einfachen und primitiven Problemlösung wird bei gleichzeitiger Wiederholung der Problemstellung die Strukturierung gefördert. Man kann sich in der schulischen Praxis einige ähnliche Fälle denken. Wer das kleine Einmaleins nur auswendig lernt, ohne rechnen zu müssen, wird wenig Transfer auf das große Einmaleins haben, und er wird vermutlich eine gewisse Anfälligkeit gegen Vergessen behalten. In Anlehnung an Grécos Untersuchung müßten wir fordern, daß ein Auswendiglernen des

kleinen Einmaleins so lange verhindert wird, bis ein flüssiges Errechnen der Lösungen gelernt ist, wobei Multiplikationen und Divisionen gemischt verlangt werden sollten (s. Aebli, 1951). Gestattet der Lehrer zu früh ein Auswendiglernen, dann taugen Aufgaben aus dem kleinen Einmaleins nicht mehr dazu, die Operationen der Multiplikation und der Division zu üben. Nachdem die im kleinen Einmaleins verlangten Rechenoperationen aber beherrscht werden, mag ein Auswendiglernen für bestimmte Zwecke sehr nützlich sein. Allerdings wird dann ein Schüler eine ihm entfallene Assoziation durch einen Rechenprozeß, also durch eine Konstruktion, ersetzen können, und er wird die Richtigkeit einer Assoziation (Reiz: 5 mal 6; Reaktion: 30) durch Rechnen überprüfen können.

Wer nur das Beherrschen spezifischer Lösungen anzielt, wird auf das Erlernen der Lösungsoperationen, also auf die Entwicklung operatorischer Strukturen, verzichten können. Das Erlernen des Morse-Alphabetes wird auf diese Weise geschehen, es gibt kein System von Operationen, wodurch ein lateinischer Buchstabe in ein Morsezeichen transformiert würde. Die Aufgabe besteht hier in dem Erlernen einer möglichst festen Assoziation zwischen Buchstaben und Morsezeichen. Wo immer aber eine Lösung entweder auswendig gelernt oder aber durch bestimmte Operationen generiert werden kann, wird ein zu frühes Auswendiglernen das Beherrschen der Lösungsoperationen verhindern, weil die anstehenden Probleme auf eine ökonomischere Art bewältigt werden können.

Piaget und die Gestaltpsychologie treffen sich in einer bedeutsamen didaktischen Forderung: der Forderung nach einsichtigem (operatorischem) Lernen und der Verhinderung von blindem Assoziieren (empirischem Lernen). Der Begriff der Einsicht ist vielfach geschmäht worden wegen seiner Vagheit, was z. T. unberechtigt ist. Es besteht durchaus die Möglichkeit, Einsicht operational zu definieren, wobei als Kriterien Wendigkeit, durchgängige Orientierung, plötzliche Veränderung der Lernkurve, geläufige, fließende Lösungen usw. angegeben werden (s. z. B. Hartmann, 1931; Osgood, 1954). Wir können dann von Einsicht sprechen, wenn eine Struktur vorliegt, in der eine Ausgangssituation, Operationen der Transformation und ein Ergebnis der Transformation unterschieden sind, und wenn der Zusammenhang zwischen Ausgangssituation, Transformation und Ergebnis antizipatorisch und rückblickend durchlaufen werden kann. Wir nennen eine Reaktionsfolge nicht einsichtig, wenn jede Reaktion bestimmte Stimulus-Situationen herbeiführt, die dann die nächsten Reaktionen der Sequenz auslösen, wie das vielfach für instinktiv gesteuerte Verhaltensabläufe angenommen wird. Piaget (1970) spricht von einer Skizze, von einem Plan, in dem der Zusammenhang zwischen Ausgangssituation, Teilschritten und Ergebnis insgesamt überblickt wird, d. h. inner-

lich nach beiden Richtungen durchlaufen werden kann. Wenn die Funktion der Teiloperationen, der Transformationen für die Überbrückung zwischen Ausgangszustand und einem Ergebnis antizipatorisch und innerlich vorweggenommen werden kann, stellt sich das introspektiverfaßbare Erlebnis der Notwendigkeit ein. Einsicht in diesem Sinne mag durch die Verhinderung empirischen Lernens gefördert werden (Gréco, 1959), allerdings scheinen spezifischere Hilfen für die Konstruktion eines Begriffes und für seine Durcharbeitung (Aebli: operatorisches Üben) wünschenswert. Wir sehen bislang nur zwei Techniken der Einsichtsförderung, die aus Piagets Entwicklungspsychologie abgeleitet sind: 1. Aebli's Anregungen zu einem operatorischen Üben, die teilweise aus Piagets Analyse der Operation abgeleitet sind; 2. Die Forderung nach einer Mobilisierung des Denkens (s. Kap. 4.3 und 4.5).

4.9. Begriffsdifferenzierung

In Kapitel 4.7 wurde bereits die Hypothese erörtert, ob viele voroperatorische Lösungen nicht dadurch zustande kommen, daß das Kind die notwendigen Begriffsdifferenzierungen nicht geleistet hat. In einer entwicklungspsychologischen Untersuchung stellt der VI dem Kind — meist vor einem spezifischen Material — ein Problem, wobei er in der Regel verbale Begriffe verwendet. Er fragt das Kind nach Zeit und Geschwindigkeit, nach Gewicht, Menge und Länge, nach Anzahl, Volumen und Fläche usw. Er verwendet dabei vielfach in seinen Fragen Begriffe, die das Kind nicht genau und nicht in der Bedeutung des Erwachsenen konstruiert hat. In einer für die Prüfung der Zahlkonstanz typischen Situation werden dem Kind zwei identische Reihen mit Objekten gezeigt. Es wird dann gefragt, ob in diesen beiden Reihen „gleich viele“ Gegenstände seien. Danach ändert der VI die Anordnung einer Reihe, nicht aber die Anzahl der Elemente. Das Kind wird wieder gefragt, ob die beiden Reihen noch gleich viele Gegenstände enthielten oder ob in einer Reihe „mehr“ seien. Und schließlich soll das Kind sein Urteil begründen. Die Hypothese liegt nahe, daß das Kind mit den Ausdrücken „gleich viele“ und „mehr“ nicht die Bedeutungen verbindet wie der Erwachsene. Aus diesem Grunde sucht es in der Versuchssituation nach auffallenden und anschaulichen Anhaltspunkten dafür, wie diese Begriffe zu verstehen sind. Und es mag darauf verfallen, als „Repräsentant“ für den Ausdruck „mehr“ die größere Länge einer Reihe zu nehmen. Und es mag den Ausdruck „gleich viel“ mit „gleich lang“ identifizieren.

In einer anderen Versuchssituation der Genfer Schule zur Entwicklung

des Zeitbegriffs beim Kinde fragt der VI beispielsweise, ob zwei Männer, die zur gleichen Zeit vom selben Ort aus losmarschieren und zum gleichen Zeitpunkt auch stehenbleiben, die aber unterschiedlich weite Strecken zurücklegen, ob diese beiden Männer gleich lange (Zeit) unterwegs sind. Junge Kinder haben bei dieser Frage vielfach Schwierigkeiten: Sie haben den Begriff der Zeit noch nicht im Sinne der Erwachsenen konstruiert, und sie identifizieren den Ausdruck „lange“ oder „lange Zeit“ mit dem zurückgelegten Weg. Piaget (1955 b) schildert ein Entwicklungsstadium, das durch einen räumlichen Zeitbegriff charakterisiert ist. Die Frage stellt sich hier, ob es sich dabei um ein notwendiges Entwicklungsstadium handelt oder ob der räumliche Zeitbegriff ein Erzeugnis einer spezifischen Versuchssituation ist, wenn das Kind den Zeitbegriff des Erwachsenen noch nicht konstruiert hat.

Aebli und Will (1965) machen letzteres wahrscheinlich, indem sie Kinder, die noch nicht über den Zeitbegriff des Erwachsenen verfügen, in folgende Versuchssituation bringen: Sie zeigen dem Kind zwei Reagenzgläser mit gleich aussehenden, klaren Flüssigkeiten. Ein bestimmter chemischer Stoff ist in den beiden Gläsern in unterschiedlicher Konzentration vorhanden. Dieser chemische Stoff verfärbt sich bei Wärmeeinwirkung rot. Je stärker die Konzentration dieses Stoffes ist, um so rascher erfolgt die Verfärbung bei gleicher Wärmeeinwirkung. Stellt man nun unter die beiden Reagenzgläser gleich lange Zeit je eine Kerze, verfärben sich die Flüssigkeiten in diesen Gläsern unterschiedlich schnell. Der VI stellt die Kerzen dabei zur gleichen Zeit unter die Reagenzgläser und nimmt sie gleichzeitig wieder weg. Auf die Frage, ob die beiden Gläser gleich lange Zeit erwärmt wurden, antworten trotzdem viele Kinder verneinend. Sie sind der Ansicht, daß die stärker verfärbte Flüssigkeit längere Zeit erwärmt wurde. Aebli und Will demonstrieren hiermit, daß sich ein Kind an irgendwelche Repräsentanten hält, wenn es den Zeitbegriff in unserem Sinne nicht gebildet hat.

Wenn man die Fehler des Kindes nicht als ein notwendiges Entwicklungsstadium, sondern als fehlende Begriffsdifferenzierung interpretiert, liegt es nahe, diese durch geeignete Methoden zu fördern. Aebli und Diekmann (1964) versuchen dies erfolgreich. Es gelingt ihnen, die Begriffe Weg und Zeit zu differenzieren, und zwar dadurch, daß sie die Zeitdauer einer Bewegung anschaulich repräsentieren. Als Material dienten kleine Spielautos, auf denen Lämpchen montiert waren. Die Lämpchen leuchteten bei Abfahrt der Autos auf und verlöschten beim Anhalten. So war die Zeitdauer einer Bewegung anschaulich repräsentiert. Nachdem die Pbn gelernt hatten, auf die Frage „wie lange Zeit?“ die Zeitdauer des Leuchtens der Lämpchen zu vergleichen, gelang es ihnen zumeist auf die

gleiche Frage hin auch, die Zeitdauer des Fahrens von zwei Autos richtig anzugeben, wenn während des Fahrens die Lämpchen leuchteten. Die Zeit wurde nicht mehr mit der zurückgelegten Strecke identifiziert, sondern mit dem Aufleuchten der Lämpchen. In einer späteren Phase zeigte sich meist, daß sich der Zeitbegriff vom Streckenbegriff so weit differenziert hatte, daß auch ohne Hilfe der Lämpchen die richtigen Zeitvergleiche möglich waren. Ein Transferversuch ergab, daß der erworbene Zeitbegriff von praktisch allen Pbn auf ein anderes Material übertragen wurde. Ein interessanter Versuch zur Entwicklung der Zahlkonstanz stammt von Gelman (1969). Gelman geht von der Hypothese aus, daß voroperatorische Lösungen bei Zahlkonstanzaufgaben darauf beruhen, daß die Begriffe Zahl und Länge nicht ausreichend differenziert sind. Gelman verwendet Harlows Technik der Learning-set-Bildung und erzielt bei fünfjährigen Pbn sehr deutliche Erfolge. Sein Vorgehen ist folgendes: Er gibt seinen Pbn 32 Probleme und stellt in jedem Problem sechs Fragen. 16 Probleme betreffen die Länge und 16 Probleme die Zahl. Jedes Problem besteht aus drei Stimulusobjekten, von denen zwei identisch und eines unterschiedlich ist (z. B. zwei Reihen mit fünf Marken und eine Reihe mit drei Marken oder zwei Stäbe von sechs Zoll und ein Stab von zehn Zoll Länge). Dabei variiert die Anordnung der Reihen und der Stäbe von Frage zu Frage (s. Abb. 11).

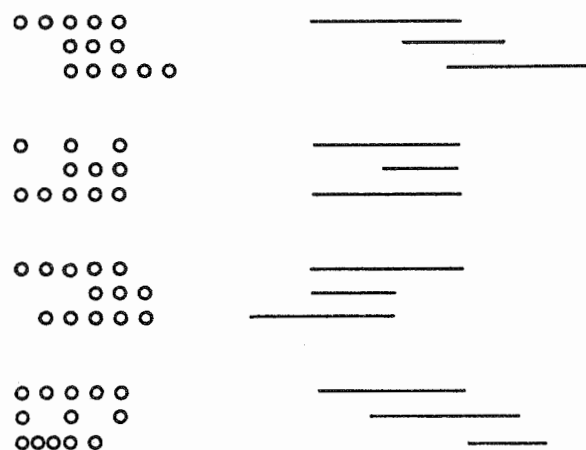


Abb. 11:

Aufgaben zum Aufbau eines 'learning sets' für Zahl und Länge. Der Pb hat die Aufgabe, aus einer Gruppe je zwei Reihen mit gleich vielen (oder ungleich vielen) Elementen bzw. zwei gleich lange (oder ungleich lange) Stäbe auszuwählen (nach Gelman, 1969).

Der VI stellt die Aufgabe, zwei Stöcke von der gleichen (oder einer verschiedenen) Länge zu zeigen oder zwei Reihen mit der gleichen (oder einer verschiedenen) Anzahl von Dingen zu zeigen. Längenprobleme und Zahlprobleme wechselten dabei ab.

Gelman vergleicht die Leistungen dieses Learning-set-Trainings mit einer Kontrollgruppe, die ein für Konstanzaufgaben unspezifisches Training erhielt, und einer zweiten Kontrollgruppe, die die gleichen Aufgaben wie die Learning-set-Gruppe erhielt, aber ohne Feedback. Die Pbn dieser Gruppe erfuhren also nicht, ob sie richtig geantwortet hatten oder falsch. Gelman wählte Kinder aus, die Längen-, Zahl- und Substanzkonstanzaufgaben nicht lösten. Diese Pbn wurden dem Zufall nach auf die drei Versuchsgruppen aufgeteilt (mittleres Alter 5;4 und 5;5 Jahre). Die Ergebnisse zeigen, daß im Gegensatz zu den beiden Kontrollgruppen fast alle Pbn der Learning-set-Gruppe Längen- und Zahlkonstanzprobleme korrekt lösten. Es zeigte sich ebenfalls ein Transfer auf Substanzkonstanzprüfungen. Interessanterweise sind die Leistungen hier in einem späteren Nachtest einige Wochen nach Ende der Übung deutlich besser als unmittelbar im Anschluß an die Übung. Das kann darauf hindeuten, daß der erste Posttest selbst eine Lernsituation ist. Im übrigen sind die Begründungen für richtige Antworten korrekt und entsprechen den Begründungen, die man auch von Pbn erhält, die spontan, ohne gelenkte Erfahrung die Konstanz Einsichten erwerben. Gelman erzielt hier deutliche Lernerfolge mit einer Methode, die aus dem Rahmen der Genfer Vorstellungen über Entwicklungsprozesse herausfällt. Im Gegensatz zu Piagets Auffassung, daß sich Entwicklung in der spontanen Auseinandersetzung des Subjektes mit dem Gegenstand vollzieht, lenkt Gelman diese Auseinandersetzung. Wir haben in der Learning-set-Gruppe zudem ein „äußeres“ Feedback und nicht nur eine Verstärkung durch die Lösung interner Konflikte und Widersprüche. Wir haben also einen gezielten Versuch, durch Aufgabenstellung und soziale Verstärkungen dem Kind die Bedeutung der Begriffe Länge und Zahl zu vermitteln, die der Erwachsene in unserer Kultur mit diesen Begriffen verbindet. Gelman selbst hat den Verdacht, daß Piaget den Nachweis versuchen würde, die durch den Aufbau der Learning-sets erreichten Einsichten abzuqualifizieren und die erworbenen Begriffe als „Pseudobegriffe“ hinzustellen. Die Befunde Gelmans zeigen hingegen dem unbefangenen Leser sehr eindeutig, daß Entwicklungsprozesse durch Begriffsdifferenzierungen dieser Art beschleunigt werden können. Sie zeigen ebenfalls, daß Piagets Ansicht von der nur spontanen Natur der Entwicklung modifiziert werden muß. Es ist zumindest möglich, durch Techniken der Begriffsdifferenzierung, wie sie aus der allgemeinen Lernpsychologie bekannt sind, Erwerbungen zu fördern, die von

den Erwerbungen der normalen Entwicklung nicht zu unterscheiden sind. Piaget (Piaget und Szeminska, 1965) ist der Ansicht, daß die Einsicht in die Konstanz von einer Koordination dreier Argumente abhängt: 1. dem Reversibilitätsargument: Man kann eine ausgeführte Veränderung wieder rückgängig machen; 2. dem Multiplikationsargument: Was ein Gegenstand durch die Veränderung in einer Dimension (z. B. Länge) gewinnt, verliert er in einer anderen Dimension (z. B. Dichte oder Dicke); 3. dem Identitätsargument: Der veränderte Körper ist noch der gleiche, da nichts hinzugefügt oder weggenommen wurde. Piaget glaubt, daß die Einsicht in die Konstanz (Invarianz) der Zahl, der Substanz, des Gewichtes usw. durch ein Zusammenspiel dieser Argumente, die sich während der Entwicklung herausbilden, möglich wird. Das Erkennen der Invarianz, das Erkennen dessen, was konstant, d. h. unverändert bleibt, ist nun aber nicht beschränkt auf die Probleme der Genfer Mengen-Konstanzprüfungen, sondern ist ein allgemeines Problem der Begriffsbildung. Jede Begriffsbildung kann unter dem Aspekt der Invarianz gesehen werden. Es stellt sich für den Lernenden die Frage, was bei allen Fällen, die unter einen Begriff fallen, invariant bleiben, d. h. gegeben sein muß oder welche Veränderungen (Transformationen) möglich sind, ohne daß die Begriffszugehörigkeit verlorengehe.

Wir haben in einer Genfer Konstanzprüfung einen Ausgangskörper (1) und verschiedene Transformationen dieses Körpers (2, 3 usw. bis n). Welche Transformationen sind statthaft, ohne daß ein Mengenwert (z. B. Anzahl) verändert wird? In einer Lernreihe zur Begriffsbildung haben wir einen ersten Gegenstand (1) und eine Bezeichnung, einen Namen für diesen (A). Wir haben in der Folge verschiedene Gegenstände (2 bis n). Für eine Anzahl dieser Gegenstände ist ebenfalls die Bezeichnung A statthaft, für andere werden andere Namen (nicht A) gewählt. Nun kann die Aufeinanderfolge der Gegenstände (2 bis n) als Äquivalent der Transformation angesehen werden. Während dieser „Transformation“ bleiben einige Merkmale unverändert, invariant, andere werden verändert. Es ist nun herauszufinden, welche Merkmale invariant bleiben müssen, damit die Bezeichnung A gewählt werden darf. Auch hier haben wir ein Invarianz-, ein Konstanzproblem. Es käme niemand auf die Idee, in diesem Fall ein kompliziertes Zusammenspiel von Argumenten anzunehmen, wie Piaget dies für die Entwicklung „seiner“ Mengen-Konstanzbegriffe tut. Die aufgezeigte Parallele läßt uns aber die Berechtigung von Gelmans Vorgehen einsehen. Auch in Piagets Konstanzprüfungen muß gelernt werden, welche Transformationen statthaft sind, ohne daß man „die Bezeichnung“ „gleich viel“ wechseln muß (das sind Transformationen der Form und der Anordnung), und welche Merkmale invariant bleiben müssen, damit man

„die Bezeichnung“ „gleich viel“ noch verwenden darf (das ist z. B. die Anzahl der Elemente). Eine Transformation, die diese Merkmale verändert (Addition und Subtraktion), ist nicht möglich, ohne daß auch die Bezeichnung „gleich viel“ verändert werden müßte.

Gelmans Versuch macht es wahrscheinlich, daß die Einsicht in die Konstanz der Anzahl, der Länge usw. so gelernt wird, wie Begriffe gelernt werden: Durch eine Anzahl von Beispielen ist zu lernen, welche Transformationen möglich sind und welche Merkmale invariant bleiben müssen. Die von Piaget gesammelten Argumente für die Begründung eines Konstanzurteils sind möglicherweise nur nachträgliche Verteidigungen eines auf diese Art zustande gekommenen Urteils.

Sehr viel undurchsichtiger und komplexer ist eine Trainingsanordnung, die Kingsley und Hall (1967) ebenfalls Learning-set-Training nennen. Sie versuchen, die Einsicht in Gewichts- und Längenkonstanz durch ihre Übungsanordnung zu fördern. Ich werde zur Darstellung der Methode die Grundzüge des Trainings zur Gewichtskonstanz schildern. In einem ersten Schritt führen die Autoren den Gebrauch einer Waage zur Gewichtsmessung ein. Der zweite Schritt besteht darin, die Kinder zu lehren, daß man unterschiedlich schwere Gegenstände durch Addieren oder Subtrahieren gleich schwer machen kann. Dieser Schritt scheint für die erzielten Übungserfolge wesentlich zu sein, und er rechtfertigt auch die Bezeichnung der Methode als Learning-set-Training, denn es ist plausibel anzunehmen, daß durch diese Methode die Pbn die Einsicht erlangen, daß Gewichtsunterschiede nur durch Addition oder Subtraktion ausgeglichen werden können. Von hier aus ist es nicht weit zu der Einsicht, daß Gewichtsunterschiede nur durch Addition oder Subtraktion entstehen können und nicht etwa durch Formveränderung. Die Bedeutung dieser Einsicht für die Lösung von Gewichtskonstanzproblemen liegt auf der Hand. Ein dritter Schritt besteht darin, daß bestimmte Ausgangskörper auf verschiedene Art deformiert werden. Nach jeder Deformation wird die Konstanzfrage gestellt. Diese Deformationen sind z. T. sehr vielfältig (z. B. Aufteilung einer Plastilinkugel in mehrere lange Schlangen oder andere verschiedenartige Körper, die auch verschieden benannt werden), so daß es den Pbn schwerfällt, Inkonstanzurteile durch Berücksichtigung einer bestimmten Dimension zu begründen. Die Kinder mußten das Gewicht des Ausgangskörpers mit den deformierten Körpern vergleichen, wobei sie Gelegenheit hatten, ihre Prognose empirisch zu überprüfen. Es wurde also Gelegenheit zu empirischen Feststellungen gegeben. Ein vierter Schritt besteht in einer Regelformulierung: Nachdem die Kinder eine falsche Vorhersage gegeben haben (also Inkonstanzurteile), wurde darauf hingewiesen, daß Gewichtsveränderungen nur durch eine Addition oder

Subtraktion, nicht aber durch eine Veränderung der Form möglich sind. Dies wurde als Regel formuliert. Es zeigte sich später zwar, daß kein einziges Kind diese Regel wörtlich in der Erklärung von Konstanzurteilen verwendete, diese mag aber doch eine bedeutsame Rolle gespielt haben, worauf auch die Untersuchung von Beilin (1965) hinweist. Die durch die Übungsanordnung von Kingsley und Hall geförderten Erwerbungen werden von der Mehrzahl der Pbn auf Substanzkonstanztests transferiert. Die Begründungen der korrekten Urteile entsprechen meist dem operatorischen Niveau, die Erwerbungen haben meist Stabilität, was ein zweiter Nachtest vier Monate nach dem ersten zeigt. Allerdings zeigt eine Prüfung des Widerstandes gegen Extinktion (analog dem Verfahren Smedslunds, 1961; s. Kap. 4.7), daß der Widerstand gegen Extinktion, der im ersten Posttest gemessen wurde, in der Regel gering war. Es muß allerdings hinzugefügt werden, daß kein Pb einer Vergleichsgruppe, die die Konstanz Einsicht in der natürlichen Entwicklung erworben hatte, Resistenz gegen Extinktion zeigte. Dieses Ergebnis widerspricht Smedslunds Befunden (s. auch Hall und Kingsley, 1968).

Die hier dargestellten Arbeiten gehen alle auf eine kritische Besprechung von Zimiles zurück, der die Ergebnisse einer Untersuchung von Wohlwill und Lowe (1962) neu analysiert. Zimiles weist eindrücklich darauf hin, daß es für das Kind ganz verschiedene Mengenbegriffe gibt und daß das Wort „mehr“ die verschiedensten Bedeutungen hat und mit Länge, Dichte, Dicke, Menge usw. assoziiert ist und daß alle diese Dimensionen möglicherweise nicht differenziert sind. Auch Piaget spricht von einer „quantité brute“, die der Verwendung des Begriffes „groß“ vielfach zugrunde liegt (Piaget, 1969). Zimiles verweist darauf, daß auch der Erwachsene nicht ganz frei ist von nichtnumerischen Mengenmerkmalen. Wirte benutzen Gläser mit dickem Boden, um den Eindruck des „mehr“ zu erzeugen. Verpackungsexperten suchen ständig nach Möglichkeiten, den Eindruck „größerer“ Quantität zu erzeugen.

Zimiles formuliert nun die Hypothese, daß das Kind gar nicht weiß, wonach es in Versuchen zur Mengenkonzanz gefragt ist. Als Indiz zitiert er die Ergebnisse, die Wohlwill und Lowe (1962) in ihrer Untersuchung zum Erwerb der Zahlkonstanz eingebracht haben. Es zeigt sich dabei vor allem, daß die Kinder in einem nicht-verbalen Konstanztest wesentlich bessere Leistungen erbringen als in einem verbalen Konstanztest. Auch Braine (1962) erzielt mit nicht-verbalen Methoden der Konstanzprüfung in frühen Altersstufen wesentlich bessere Ergebnisse als mit verbalen Konstanzprüfungen. Die Konstanz Einsicht kann auf nicht-verbale Weise etwa mit folgender Methode überprüft werden: Man hat mehrere Klappen, hinter denen eine Belohnung versteckt werden kann. Auf den Klappen

befinden sich jeweils Zahlangaben, z. B. in der Form, in der Zahlen auf Würfeln dargestellt sind. Der VI legt vor den Pb eine Reihe mit einer bestimmten Anzahl von Gegenständen. Der Pb muß nun die Klappe öffnen, auf der die gleiche Anzahl dargestellt ist. Wählt der Pb richtig, findet er hinter der Klappe eine Belohnung. Sodann verändert der VI die Anordnung der Elemente vor dem Pbn, und dieser muß erneut die Klappe öffnen, auf der nach seiner Meinung die gleiche Anzahl dargestellt ist. Ist er der Meinung, daß sich durch die Anordnungsveränderung eine Veränderung der Anzahl ergeben hat, wird er eine andere Klappe öffnen als zuvor. Ist er hingegen der Ansicht, daß sich durch die Anordnungsveränderung an der Anzahl nichts geändert hat, wird er die gleiche Klappe wählen.

Zimiles bemerkt nicht nur, daß die von Wohlwill und Lowe untersuchten Pbn im nicht-verbalen Konstanztest bessere Leistungen haben als im verbalen Konstanztest, er stellt auch fest, daß durch die von den Autoren gewählten Übungsanordnungen im nicht-verbalen Test ein größerer Gewinn erzielt wird. Dies führt er darauf zurück, daß im nicht-verbalen Test für das Kind eindeutig nach Zahlen gefragt ist, die Mengenfrage eindeutig mit Zahl verbunden ist. Fragt der VI hingegen verbal nach mehr, weniger und gleich viel, weiß der Pb nicht mehr, nach welcher Dimension seines noch multidimensionalen sprachlichen Mengenbegriffs gefragt ist, und versagt. Übungen, die einen Zahl-Set schaffen, die eine Einstellung fördern, auf die Anzahl zu achten, sollten demnach Konstanzurteile fördern, da sie die Beachtung irrelevanter Dimensionen unwahrscheinlich machen.

4.10. Komplexe didaktische Versuche

Nachdem zuvor die meisten Versuche, den Entwicklungsgang durch Lernen zu beeinflussen, nur mäßige Erfolge zu verzeichnen hatten, wurden 1963 zwei sehr erfolgreiche Untersuchungen veröffentlicht (Kohnstamm, Ojemann und Pritchett). Das Ziel beider Arbeiten war der generelle Nachweis, daß bei geeigneter Methode Erwerbungen weit vor dem Alter zu erreichen sind, in dem sie ohne systematische Förderung zu erwarten wären. In Auseinandersetzung mit Piagets Meinung von der spontanen Natur der Entwicklung wurde die Bedeutung einer gelenkten Erfahrung (Ojemann und Pritchett: „*guided experience*“) eindrucksvoll demonstriert. In beiden Arbeiten wurde nicht versucht, Piagets Entwicklungstheorie didaktisch zu nutzen und auf dieser Basis eine neue Lernmethode zu konzipieren. Wenn wir trotzdem im Zusammenhang unserer Thematik auf diese Arbeiten eingehen, so deshalb, weil sich zeigen läßt, daß man

mit dem begrifflichen Instrumentarium, das Piaget entwickelt hat, durchaus diese komplexen didaktischen Maßnahmen interpretieren kann.

Kohnstamm arbeitet mit Problemen der Klasseninklusion. Wir wissen bereits, daß vier- bis siebenjährige Kinder meist nicht in der Lage sind, die Ausdehnungen der Unterklasse (Rosen) mit der Ausdehnung der Oberklasse (Blumen) zu vergleichen, vermutlich, weil sie die Rosen nicht einmal als selbständige Klasse und gleichzeitig als Teil der Oberklasse zu erfassen vermögen. Wir wissen ebenfalls, daß Piaget dies als Indiz für das Fehlen eines hierarchischen Systems ineinander verschachtelter Klassen ansieht. Kohnstamm versucht, die richtige Lösung solcher Probleme durch eine systematische Belehrung zu erreichen, und er hat Erfolg. Eine große Zahl seiner fünfjährigen Pbn erreicht das Niveau, das man ohne solche gezielten Versuche erst etwa zwei Jahre später erwarten dürfte. Kohnstamm repliziert seine Untersuchung selbst (1963, 1967), eine Teilreplikation liegt von Lasry und Laurendeau (1968) vor. Die Ergebnisse sind eindeutig: Die üblichen Kriterien für operatorisches Denken werden von der Mehrzahl der Pbn erreicht: Die Begründungen der Urteile sind angemessen, die Erwerbungen sind auf andere Probleme übertragbar, sie sind stabil, und wenigstens einige Pbn können selbst solche Inklusionsprobleme konstruieren (Kohnstamm, 1967).

Kohnstamms Methode ist im Prinzip wie folgt aufgebaut: Die Pbn erhalten verschiedene Probleme, z. T. rein verbale, z. T. anhand von Bildern und Lego-Steinen. In diesen Problemen wird nach vorbereitenden Fragen jeweils gefragt, ob die Oberklasse oder die größere der beiden gebildeten Unterklassen mehr Elemente enthalte. Antwortet ein Pb falsch, versucht der VI, dem Kind die Einsicht in das Problem dadurch zu verschaffen, daß er seine Assimilationen durch Fragen lenkt. Wir wollen dies durch einen Protokollauschnitt (José, 5;9 Jahre) illustrieren, wobei es sich darum handelt, einzusehen, daß es mehr rote Lego-Steine (Oberklasse) als kleine Steine (größere der beiden Unterklassen) gibt. — „Mehr rote oder mehr kleine? — Mehr kleine. — Wie viele kleine sind es denn? — Zwei. — Und wie viele rote Steine? — Einer. — Sind diese hier nicht rot? (Der VI zeigt sie.) — Doch. — Und wie viele rote Steine sind es also? — Drei. — Welche sind mehr, die roten oder die kleinen? — Die kleinen. — Wie viele kleine gibt es? — Zwei. — Und wie viele rote? — Einer. — ... e ... drei. — Was ist mehr, drei oder zwei? — Drei. — Ja, und wovon gibt es mehr, von den roten oder den kleinen? — Mehr kleine. — Was ist mehr, drei rote Steine oder zwei kleine Steine? — Zwei kleine.“ In diesem Versuchsabschnitt gelingt es dem Pb noch nicht, das Inklusionsproblem richtig zu lösen, aber die Prinzipien von Kohnstamms Vorgehen sind deutlich demonstriert. Kohnstamm geht so vor, daß er falsche Antworten

des Kindes korrigiert, indem er nicht die richtige Antwort autoritär anbietet und auswendig lernen läßt, sondern indem er durch geschicktes Fragen das Kind so weit bringen will, daß es selbst sieht, inwieweit seine Antwort falsch ist. Es handelt sich also um einen ständigen Widerspruch und Widerstand gegen eine falsche Lösung. Die fehlerhaften Lösungen des Pb werden nicht akzeptiert, es werden aber nicht einfach richtige Lösungen aufoktroiert, sondern der VI bemüht sich, durch Fragen die Aufmerksamkeit des Kindes auf die vernachlässigten und übersehenen Aspekte des Gegenstandes hinzulenken. Vielfach hat man bei Versuchen, den Entwicklungsgang zu beschleunigen, eingewandt, das Kind würde durch ein spezifisches Training überfordert oder die erreichten Lernerfolge seien unorganisch und nicht mit den übrigen Denkstrukturen des Kindes verbunden. Wir können in Kohnstamms Vorgehen keinerlei Überforderung sehen. Er zwingt dem Kind nicht eine Meinung auf, die es nicht versteht, sondern lenkt die Assimilationsversuche, von denen Piaget mit vielen anderen Entwicklungspsychologen annimmt, daß sie spontan erfolgen müssen. Und Kohnstamm gelingt es, durch diese Lenkung der Assimilationen gewisse Widersprüche und Konflikte zu erzeugen, von denen Piaget wiederum annimmt, daß sie nur in der spontanen Auseinandersetzung des Kindes mit seiner Umwelt entstehen sollten.

Allerdings kennen wir Piagets Meinung über die Bedeutung der Kooperation und der Auseinandersetzung in der *peer-group*. Wir wissen, daß er dieser Auseinandersetzung in der „peer-group“ eine wichtige Funktion bei der Überwindung egozentrischer Standpunkte zuschreibt. Man hat verschiedentlich und wohl zu Recht darauf hingewiesen, daß Piaget die Rolle der „peer-group“ nicht darin sieht, daß die Kameraden einander belehren, sondern darin, daß durch die verschiedenen geäußerten Meinungen und Standpunkte innerhalb der Gruppe jeder einzelne gezwungen ist, den Versuch zu machen, den Standpunkt des anderen zu verstehen und seinen eigenen Standpunkt zu rechtfertigen und neu zu durchdenken. So kann die Auseinandersetzung in der „peer-group“ durchaus neue Äquilibrationsprozesse einleiten. Warum betont Piaget die Bedeutung der „peer-group“, vernachlässigt aber ähnliche Funktionen eines Erwachsenen? Er scheint der Meinung zu sein, daß der Erwachsene, insbesondere der Lehrer, aufgrund seiner großen Autorität dem Kind Meinungen und Lösungen aufzwingt, „von außen“ aufzwingt, die nicht aus den kognitiven Strukturen des Kindes selbst erwachsen (Piaget, 1969). Hingegen scheint er die etwas idealisierte Meinung zu vertreten, daß in der „peer-group“ eine solche „intellektuelle Überwältigung“ weniger wahrscheinlich sei.

Das Vorgehen Kohnstamms zeigt jedoch den erwachsenen VI in einer

Rolle, die Piaget eigentlich gutheißen müßte. Der VI bemüht sich zunächst herauszufinden, welche Strukturen ein Kind für die Lösung eines Schemas zur Verfügung hat. Sodann akzeptiert er die falschen Lösungen nicht, sondern nutzt die diagnostizierten Strukturen so aus, daß er durch eine geschickt geplante Reihenfolge von Fragen das Kind in Widersprüche verwickelt, das Kind also in eine äquilibrationsbedürftige Situation bringt. Wenn in einer solchen Situation auch die richtige Lösung vom VI angeboten wird, so muß dies nicht ein mechanisches, uneinsichtiges Lernen bewirken.

Es scheint uns also, daß man das Vorgehen Kohnstamms und seine Erfolge durchaus mit dem begrifflichen Instrumentarium Piagets gut interpretieren kann. Man hat jedoch aus Genf die von Kohnstamm berichteten Erwerbungen angezweifelt. Man hat eingewandt, daß es sich um isolierte, spezifische Wissensinseln handle, die keine organischen Verbindungen mit den übrigen kognitiven Strukturen hätten (Pasqual Leone und Bovet, 1965). Aber dieser Inselcharakter ist nicht nachgewiesen, die von Kohnstamm beobachtete Transferierbarkeit der erworbenen Strukturen auf neue Probleme spricht dagegen. Kohnstamm nimmt die Kritik von Pasqual Leone und Bovet aber auf und versucht, in einem späteren Experiment (1967) die Echtheit der erworbenen Einsicht noch sorgfältiger nachzuweisen, indem er die Pbn selbst Inklusionsprobleme formulieren und konstruieren läßt. Zumindest einigen Pbn gelingt dies. Es ist sehr fraglich, ob zwei Jahre ältere Pbn, die Inklusionsprobleme spontan lösen, zu einer solchen Leistung fähig wären. Sollte man aber trotzdem noch gewisse Begrenzungen der Erwerbungen finden, hindert ja nichts daran, diese in ähnlicher Weise zu überwinden. Daß ein Strukturniveau in einer Situation erreicht, in einer anderen aber nicht realisiert werden kann, das ist auch in der nicht-systematisch geförderten Entwicklung ein bekanntes und allgemeines Phänomen, das Piaget unter der Bezeichnung „*décalage*“ (Verschiebung) behandelt. Die gleiche kognitive Struktur kann je nach Situation und Gegenstand früher oder später realisiert werden. Es ist ja wohl auch nicht so, daß alle von Piaget als interdependent angesehenen Operationen zu einem gegebenen Zeitpunkt gleichzeitig realisiert wären, was alle systematischen Replikationsstudien zeigen (z. B. Lovell und Ogilvie, 1961, Elkind, 1962, u. a. m.). Man wird sich Entwicklung so vorstellen müssen, daß die neuentwickelten Einsichten und Operationen zunächst spezifisch sind, dann ihren Bereich ausweiten und sich allmählich erst zu Gesamtsystemen zusammenschließen. Kohnstamm berichtet auch ein interessantes Beispiel für die didaktische Ausnutzung von Verschiebungen, das wir in Kap. 4.6 referiert haben.

Ojemann und Pritchett (1963) haben ähnlich deutliche Erfolge wie Kohn-

stamm mit einer noch komplexeren und etwas weniger durchsichtigen Übungsanordnung. Als experimenteller Gegenstand dient ihnen Piagets Versuch über das Schwimmen bzw. Versinken von Gegenständen im Wasser, also das Konzept des spezifischen Gewichtes. Die Konstruktion dieses Begriffes hängt ab von einer Beziehungsbildung zwischen der Größe bzw. der Wasserverdrängung und dem Gewicht eines Körpers. Am Anfang des Experimentes stehen falsche Begründungen der Pbn für das Versinken bzw. Schwimmen der Gegenstände. Ein Pb mag sagen, ein Gegenstand schwimme, weil er leicht sei oder weil er klein sei oder weil er groß sei usw. Solche — nur eine Dimension umfassenden — Begründungen sind natürlich unzulänglich, und es folgt eine Demonstration, die diese Unzulänglichkeit aufweist. Hat ein Pb beispielsweise gesagt, ein Gegenstand schwimme, weil er klein sei, so wird ein gleich großer Gegenstand ins Wasser gelegt, der nicht schwimmt. Der erste Schritt besteht also in der empirischen Widerlegung der unzulänglichen Antworten der Pbn, also in der Schaffung einer äquilibrationsbedürftigen Situation. Das Kind wird nun aber bei dem Versuch, diese Situation zu bewältigen, nicht allein gelassen. Die Autoren vertrauen nicht auf die Spontaneität, sondern eher auf die gelenkte Erfahrungsaufnahme. In dieser gelenkten Erfahrungsaufnahme erfolgt zunächst eine Demonstration, daß zwei Gegenstände nicht gleichzeitig an derselben Stelle sein können. Dies geschieht mit Hilfe des Nachweises der Wasserverdrängung durch feste Gegenstände. Dann folgt eine Demonstration, daß das verdrängte Wasser mit dem Schwimmen und mit dem Untergehen etwas zu tun hat. Es wird ein Vergleich zwischen dem Gewicht des verdrängten Wassers und dem Gewicht des Körpers vorgenommen.

Zu diesen Demonstrationen werden einige Fragen gestellt: Verdrängen zwei unterschiedlich große Gegenstände verschieden viel Wasser? Verdrängen zwei gleich große Gegenstände verschieden viel Wasser? Was wiegt mehr, das verdrängte Wasser oder das verdrängte Objekt, wenn das Objekt schwimmt? Welches von zwei gleich großen Objekten wird schwimmen, das leichtere oder das schwerere? Schwimmt ein Hohlkörper, nachdem er mit Material vollgefüllt ist?

Wir haben also in dieser Anordnung nach der Schaffung der äquilibrationsbedürftigen Situation, also nach der Einführung des Problems, verschiedene Demonstrationen, und wir haben wie bei Kohnstamm eine Lenkung der Assimilationen des Kindes durch geeignete Fragen. Die Autoren vermitteln durch diese geleiteten Assimilationen ein Wissen, das sie durch weitere Fragen überprüfen, konsolidieren und evtl. kristallisieren. Durch die Spezifität der Fragen strukturieren sie die Richtung des Suchens dort vor, wo Piaget nach dem Aufzeigen der Problemhaftigkeit die Suche nach

einer Lösung dem Kind selbst überlassen würde. Die Fragestellungen des VI leiten schließlich die Bemühungen des Pb um eine Beziehungsbildung zwischen verschiedenen Assimilationsakten an. So können auch dieser Versuch und seine Ergebnisse durchaus mit Piagets begrifflichem Instrumentarium interpretiert werden. Der einzige Unterschied besteht darin, daß Ojemann und Pritchett wie Kohnstamm die Assimilationen, die erst zur Schaffung eines Problems, einer äquilibrationsbedürftigen Situation, dann zur Lösungsfindung führen, lenken.

Dieser Unterschied zu Piaget ist eher ein Unterschied in der Haltung zu didaktischen Methoden und wird illustriert durch einen der wenigen, etwas ausführlicheren Versuche Piagets, den Entwicklungsgang zu beeinflussen. Piaget beschreibt ein kleines Experiment zur Entwicklung des Begriffs der Strecke, das wir etwas vereinfacht wiedergeben (Piaget, 1946). Der VI hat nebeneinander zwei Wege aufgezeichnet, die Straßenbahnschienen darstellen sollen. Der eine besteht aus einer geraden Strecke, der andere aus eckigen Mäandern (s. Abb. 12).

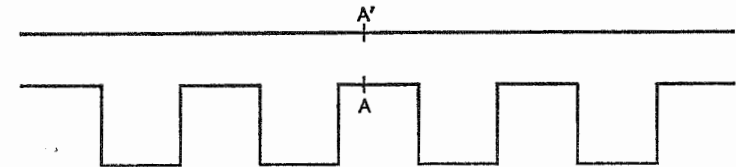


Abb. 12:

Die beiden Linien stellen Straßenbahnschienen dar. Der VI fährt seinen ‚Wagen‘ bis zum Punkt A, und der Pb hat die Aufgabe, einen anderen Wagen eine gleich lange Strecke weit zu fahren. Voroperatorisch denkende Pb vernachlässigen die senkrechten Streckenabschnitte und setzen daher den Wagen auf Punkt A' (nach Piaget, 1946).

Die Wege haben korrespondierende Anfangs- und Endpunkte. Der VI bewegt auf dem mäandrigem Weg eine Figur, die einen Straßenbahnwagen darstellen soll, bis zum Punkt A. Die kleinen Pbn werden nun aufgefordert, eine zweite Figur auf dem geraden Weg eine gleich lange Strecke weit zu führen. Ein typischer Fehler kleiner Kinder ist der, daß sie ihren Wagen dem Wagen des VI direkt gegenübersetzen auf den Punkt A'. Sie vernachlässigen also die senkrechten Strecken, die der Wagen des VI auch zurückgelegt hat, und berücksichtigen nur die waagerechten Streckenabschnitte. Nun weist der VI die Unzulänglichkeit dieses Verhaltens dadurch nach, daß er seinen Wagen Teilstrecke für Teilstrecke rückwärts führt und die Pbn auffordert, das mit ihrem Wagen ebenfalls zu tun. So kann er nachweisen, daß auch die senkrechten Strecken

ken zu beachten sind und daß die erste Lösung des Kindes unzulänglich ist. An diesem Punkt bricht der VI Piaget aber die Anleitung des Kindes ab. Bei der Lösungsfindung überläßt er das Kind sich selbst. Kohnstamm und Ojemann und Pritchett, wie jeder Vater und jeder Lehrer, würden vermutlich das Kind auch bei der Lösungsfindung noch anleiten.

4.11. Der Einfluß der Sprache auf den Erwerb operatorischer Strukturen

Wir finden in der Regel positive Korrelationen zwischen Intelligenz und einzelnen Sprachindikatoren (Wortschatz, syntaktische Komplexität). Unter Kindern mit vergleichbarer Gesamtintelligenz werden die verbal intelligenten Kinder vom Lehrer am besten eingeschätzt, und sie erzielen auch in nichtsprachlichen Fächern die weitaus besseren Schulleistungen (s. zur Übersicht Oevermann, 1968). Verschiedene Autoren (z. B. Oevermann, 1968, Bereiter, 1968) kommen aufgrund solcher korrelativer Studien zu dem Schluß, daß die Intelligenzleistungen durch sprachliche Förderung anzuheben seien. Insbesondere sollte dieser Hypothese gemäß die Intelligenzleistung der kulturell Unterprivilegierten durch kompensatorische Sprachförderungsprogramme angehoben werden können.

Der Zusammenhang zwischen Sprache und Intelligenz kann allerdings auf verschiedene Weise gedeutet werden. Die sprachinstrumentalistische Auffassung geht davon aus, daß die Intelligenz die sprachliche Darstellung nur als Instrument benutzt. Andere Instrumente (technische Sprachen, Computersprachen, bildhafte Darstellungen usw.) könnten diesen Zweck ebenfalls erfüllen. Der sprachdeterministische Standpunkt, vor allem mit den Namen Sapir und Whorf verknüpft, schreibt hingegen der Sprache eine weitreichende Determination der Erkenntnis zu. Lexikon und Syntax der Sprache bestimmen, was wahrgenommen, was gedacht, was verknüpft werden kann (s. zur Kritik der Whorfschen Hypothese Hörmann, 1967).

Von einem Whorfschen Standpunkt aus ist die kognitive Entwicklung mit der Sprachentwicklung identisch. Von einem abgeschwächten sprachdeterministischen Standpunkt aus liegt es immerhin noch nahe, Kognitionen über die Sprache zu vermitteln und die Entwicklung der Erkenntnisinstrumente durch Sprachförderung voranzutreiben. Diese Gedanken erscheinen auf den ersten Blick plausibel, vor allem, was den Erwerb der höheren kognitiven Strukturen (logischen Operationen z. B.) in der Entwicklung anbelangt. Die sensomotorische Entwicklung führt auch zu (nicht-sprachlichen) Erkenntnissen, aber die Strukturen des konkreten und

formalen operatorischen Denkens (Klassifikationen, Seriationen usw.) scheinen doch eine Sprache vorauszusetzen. Die Sprache enthält ja doch die Begriffe, die Erkenntnisinstrumente, die für die logischen, kausalen, zeitlichen, räumlichen, verwandtschaftlichen usw. Beziehungsbildungen notwendig sind. Die Funktionswörter einer Sprache (Konjunktionen, Artikel), die Beugung des Hauptwortes, die Steigerung der Adjektive und Partizipien, die Beugung des Verbs und andere grammatikalische Strukturen scheinen für die operatorischen Beziehungsbildungen der verschiedensten Art unentbehrlich zu sein.

Ist der Erwerb operatorischer Denkstrukturen aber wirklich identisch mit dem Spracherwerb (Determinismus)? Oder ist die kognitive Entwicklung von der Entwicklung der Sprache unabhängig, und benutzen die kognitiven Strukturen die sprachlichen nur zur Darstellung (Instrumentalismus)? Oder wie ist der Zusammenhang zwischen Sprache und kognitiver Entwicklung anzusehen?

Zur Analyse des Verhältnisses von Sprache und Kognition bietet sich die Beschäftigung mit pathologischen Zuständen (traumatische Aphasien) und mit den kognitiven Leistungen von Gehörlosen an, die niemals in den Besitz eines sprachlichen Zeichensystems gekommen sind. In verschiedenen Untersuchungen sind auch tatsächlich Retardierungen der gehörlosen Kinder im abstrakten und kausalen Denken teilweise um mehrere Jahre nachgewiesen worden (Oléron/Herren, 1961, u. a.). Demgegenüber konnte aber Furth (1966) feststellen, daß in sprachfreien kognitiven Tests auch bei gehörlosen Kindern keine wesentliche Retardierung existiert. Furth führt diesen Widerspruch darauf zurück, daß in den meisten Untersuchungen mit Gehörlosen nicht sorgfältig genug darauf geachtet worden sei, daß die experimentellen Bedingungen auch tatsächlich sprachunabhängig waren. Er selbst stellt keine Unterschiede zwischen gehörlosen und normalen Kindern in bezug auf Klassifikationen nach der Gleichheit, Ähnlichkeit und Symmetrie, Auswahl von Bildern nach dem Beziehungsprinzip von Teilen zum Ganzen, Behalten einer Folge von Formen, Organisation visueller Wahrnehmungen nach Gestaltprinzipien, Anwendung abstrakter logischer Klassifikationsprinzipien usw. fest. Wo Retardierungen festzustellen sind, erklärt sie Furth jedoch nicht durch das Fehlen einer Sprache an sich, sondern durch die geringere Umweltanregung. Furth, der theoretisch von Piaget beeinflusst ist, bestätigt in seinen Untersuchungen dessen Position. Piaget hat ebenso wie andere Entwicklungspsychologen (Stern, Bühler, Wygotzky) darauf hingewiesen, daß die Sprache kein zuverlässiger Indikator kognitiver Strukturierungsfähigkeit ist. Der Wortschatz gestattet es zumal in jüngerem Alter nur in Grenzen, Strukturierungsleistungen zu prognostizieren. Ein Kind mag zählen kön-

nen, ohne einen Zahlbegriff zu haben. Zwei Kollektionen mit je 7 gezählten Elementen werden von fünfjährigen Kindern nicht als gleich groß angesehen, es sei denn, sie haben das gleiche Aussehen. Die Verwendung von Ober- und Unterbegriffen für Gegenstände (z. B. Pflanze, Gemüse, Blume, Rose, Tulpe usw.) besagt nicht, daß das Kind über ein System ineinander verschachtelter Klassen verfügt, in dem es logische Relationen herstellen kann. Die Verwendung von Ordnungsbegriffen (größer, schwerer, mehr, gleich usw.) ist nicht unbedingt Indiz dafür, daß Ordnungen richtig erkannt oder hergestellt werden können. Ein Kind mag Ordnungsbegriffe der Größe verwenden, aber bei der Aufgabe versagen, mehrere Gegenstände nach ihrer Größe zu ordnen. Solches Auseinanderklaffen von Wortgebrauch und Strukturierung zeigt die Berechtigung der linguistischen Unterscheidung zwischen Zeichen und Bedeutung. Die Sprache ist ein System von Zeichen, deren Bedeutungen erworben und stabilisiert werden müssen. Erst dann sind solche Zeichen Begriffe.

Piaget steht aus solchen Gründen der Annahme einer direkten Beeinflussung der kognitiven Strukturierung durch Sprache skeptisch gegenüber. Das sprachliche Zeichensystem ist eine Form der Darstellung, der Repräsentation der operatorischen Intelligenz und nicht mit dieser identisch. Folgt man diesem Standpunkt, ergeben sich zumindest zwei Konsequenzen:

1. Der Gebrauch sprachlicher Strukturen (Wörter, Sätze) läßt nicht ohne weiteres Schlüsse auf die kognitive Strukturierung zu, worauf wir bereits hingewiesen haben. Dieses wird durch die voroperatorische Verwendung von Sprache und allgemeiner durch die außerordentlich eindrucksvollen entwicklungsmäßigen Veränderungen des Sprachgebrauchs belegt. Das Erlernen von Sprachformen (Wörtern, Sätzen, Schlußweisen usw.) ist nicht gleichbedeutend mit dem Erlernen von Strukturierungen. Die Bedeutung der Sprachformen (in Piagets Terminologie: was assimiliert wird, was gemeint ist) ändert sich in der Entwicklung auf systematische Weise.

2. Sprache ist nicht die einzige Form der Darstellung kognitiver Strukturierung, sondern nur eine – wenn auch privilegierte – Form unter anderen. Diese anderen sind z. B. das bildhafte Symbol, wie es im Symbolspiel und im Traum zu beobachten ist, aber auch die Handlungen der sensomotorischen Intelligenz, die eine Strukturierung erkennen lassen. Die Handlungsschemata der sensomotorischen Intelligenz stellen gewissermaßen das funktionelle Äquivalent der Begriffe dar. Auch die darstellende Funktion sensomotorischer Handlungen wird in einigen Fällen sehr deutlich, z. B. dann, wenn das Kind vor dem Problem, wie eine Streichholzschachtel zu öffnen ist, plötzlich stellvertretend den Mund öffnet und schließt (Piaget, 1970). Es läßt sich allerdings durchaus nicht alles, was

sprachlich ausgedrückt werden kann, auch symbolisch oder sensomotorisch darstellen. Die Umkehrung dieser Aussage gilt ebenfalls, was mit der Scherzfrage nach der Definition einer Wendeltreppe illustriert werden kann: Meist wird die Wendeltreppe nicht sprachlich definiert, sondern durch spiralenförmige Handbewegungen dargestellt.²

Piaget ist der Meinung, daß zwischen der vorsprachlichen und der begrifflichen Intelligenz wesentliche Unterschiede bestehen. 1. „Die von der sensomotorischen Intelligenz hergestellten Verbindungen vermögen nur Wahrnehmungen und aufeinanderfolgende Handlungen zu verbinden. Es fehlt also eine Darstellung des Ganzen, die die in der Zeit unterschiedenen einzelnen Zustände der so organisierten Handlung regulierte und die sie reflektierte in einer simultanen Gesamtübersicht... 2. Folglich tendiert die sensomotorische Intelligenz zum Erfolg und nicht zur Wahrheit: Sie findet ihre Befriedigung im Erreichen eines angestrebten praktischen Ziels und nicht in einer Aussage (Klassifizierung oder Seriation) oder in einer Erklärung. Es ist eine ausschließlich gelebte Intelligenz... und es ist kein Denken. 3. Der Bereich der sensomotorischen Intelligenz bleibt begrenzt durch den Gebrauch von perzeptiven und motorischen Instrumenten, sie bezieht sich nur auf die Wirklichkeiten selbst, ihre perzeptiven Indizien und ihre motorischen Signale, und nicht auf die Zeichen, die Symbole und die Schemata, die sich auf die Wirklichkeit beziehen (Begriffe und Darstellungsschemata). 4. Sie ist also im wesentlichen individuell im Gegensatz zu den sozialen Anreicherungen, die wegen des Gebrauchs der Zeichen erworben werden“ (Piaget, 1970, S. 301 f.).

Piaget anerkennt eine funktionelle Kontinuität zwischen der sensomotorischen und der begrifflichen Intelligenz, sieht aber deutlich diese vier strukturellen Verschiedenheiten. Der Weg, der zwischen der sensomotorischen und der begrifflichen Intelligenz zurückzulegen ist, ist ein schwieriger und langwieriger. Folgende vier Bedingungen sind zum Erreichen der begrifflichen Intelligenz notwendig: „1. Eine allgemeine Beschleunigung der Bewegungen der aufeinanderfolgenden Handlungen, die dann zu einem mobilen Abriss der Gesamthandlung zusammenfallen: Das rasche Abspulen des Films des Verhaltens würde so eine innere Darstellung sein, die als Skizze oder als antizipatorisches Schema des Aktes aufgefaßt werden

² Das Problem der Medien der Darstellung ist unter entwicklungspsychologischen Gesichtspunkten eingehend bei Bruner u. a. (1966) behandelt. Bruner unterscheidet „enactive“ (handlungsmäßige), „iconic“ (bildhafte) und „symbolic“ (sprachliche) Repräsentation. Er bringt diese drei Formen der Darstellung mit Piagets Entwicklungsstadien des sensomotorischen (Überwiegen der handlungsmäßigen Darstellung), des anschaulichen (Überwiegen der bildhaften Darstellung) und des operatorischen (Überwiegen der sprachlichen Darstellung) Verhaltens in Zusammenhang.

könnte. 2. Eine Bewußtwerdung, die diese abgekürzte Skizze erhält, d. h., die den Film in zwei Richtungen ablaufen läßt: Die Feststellung und die Erklärung, die auf die hierarchische Klassifikation und die Seriation der Beziehungen gestützt ist, würden so die einfache Verfolgung eines praktischen Ziels ersetzen. 3. Ein System von Zeichen würde zu den Handlungen hinzukommen und würde die Konstruktion allgemeiner Begriffe gestatten, die für diese Klassifikationen und Seriationen notwendig sind. 4. Die Sozialisierung, die den Gebrauch der Zeichen begleitet, würde das individuelle Denken in den Rahmen einer objektiven und kollektiven Realität stellen“ (Piaget, 1970, S. 302). Piaget sieht also folgende Merkmale der begrifflichen Intelligenz: 1. Eine Mobilisierung der Handlungen, die immer rascher aufeinanderfolgen, so daß in einer kurzen Zeitspanne ein vollständiger Abriß der gesamten Handlungssequenz möglich ist. 2. Diese Handlungssequenz ist bewußt, d. h. von einem bestimmten Punkt aus können die weiteren Schritte antizipiert und die vorhergehenden Schritte erinnert werden. 3. Ein System von Zeichen dient der Darstellung der Handlungsskizzen. 4. Der Gebrauch der Zeichen führt zu einer Sozialisierung des Denkens, denn in der sozialen Interaktion muß der Gebrauch der Zeichen aufeinander abgestimmt werden, d. h. möglichst alle sollten unter den gleichen Wörtern das gleiche verstehen.

*Sprache
Lernen*

Das Zeichensystem steht in der menschlichen Entwicklung relativ früh in einem beträchtlichen Umfang zur Verfügung, aber die Mobilisierung und Gruppierung der Handlungen und die Sozialisierung und Konsolidierung der Verbindung zwischen Zeichen und Bezeichneten erfordern einen langen Bildungsprozeß, der nie abgeschlossen ist und in dem die Konstruktion der ersten zusammenhängenden Operationssysteme gegen das siebte Lebensjahr zu erwarten ist. Während dieses Konstruktionsprozesses verändern sich die Bedeutungen der Worte. Die Verwendung der Worte allein sagt – isoliert beobachtet – noch nichts über das aus, was gemeint ist. Dies berechtigt, die Unterscheidung Sprachzeichen und Bezeichnung beizubehalten. Ein anderer Tatbestand, der diese Unterscheidung nahelegt, ist die Existenz von Worthülsen, also von Zeichen, die verwendet werden, ohne daß ihnen überhaupt eine Bedeutung anhaftet. Die Erwachsenen unserer Kultur verwenden den bestimmten und den unbestimmten Artikel nach ganz bestimmten Regeln, denen ein System von Bedeutungen zugrunde liegt. Wir sagen nicht: „Ein Tier ist ein Hund“, wir können sagen: „Ein Hund ist ein Tier“, wir können nicht sagen: „Die Schnecke ist das Tier“, wir können auch nicht sagen: „Eine Schnecke ist das Tier“, wir können sagen: „Die Schnecke ist ein Tier“. Die Verwendung der Artikel und der Reihenfolge der Wörter ist das wichtigste Mittel der Darstellung von Inklusions- und Intersektionsbeziehungen. Die korrekte Ver-

wendung von Artikel und Wortreihenfolge setzt die Existenz eines Systems von Klassenverschachtelungen und Klassenintersektionen voraus, das die Bedeutung der Sprachzeichen ausmacht. Vor der Konstruktion eines solchen Systems ist die Verwendung von Sprache zufällig und vielfach fehlerhaft (Piaget/Inhelder, 1959). So wird ein Kind mit zwei bis drei Jahren während eines Spaziergangs zufällig „die Schnecke“, „eine Schnecke“ und „die Schnecken“ sagen, ohne zu entscheiden, ob die Schnecken, denen es begegnet, ein einzelnes Individuum oder eine Klasse darstellen.

Bb. 107 – ... Aber auch mit 2;6 bezeichnet sie durch den Terminus „die Schnecke“ die Schnecken, die wir jeden Morgen auf einem bestimmten Weg sehen. Mit 2;7 (2) ruft sie: „Da ist sie ja!“, als sie eine sieht; 10 Meter weiter sehen wir eine andere, und sie sagt: „Wieder die Schnecke.“ Ich erwidere: „Aber ist es nicht eine andere?“ J. kehrt dann zurück, um die erste zu sehen: „Also ist es dieselbe? – Ja. – Eine andere Schnecke? – Ja. – Eine andere oder dieselbe – ...“ Die Frage hat offensichtlich für J. noch keinen Sinn (Piaget, 1970, S. 287).

Aber noch bei vier- bis sechsjährigen Kindern kann man Aussagen beobachten, wie „Die Früchte, das sind Äpfel“ oder „Die Äpfel, das sind die Früchte“. Weil das Kind auf dieser Altersstufe noch keine zusammenhängenden Klassifikationssysteme gebildet hat, ist es nicht in der Lage, logische Schlüsse auszuführen. Die Art und Weise, wie Kinder dieses Niveaus schlußfolgernd denken, hat W. Stern transduktiv genannt. Stern hat die ersten Urteile des Kindes so beschrieben, als würden sie weder vom Einzelfall zum Allgemeinen (induktiv) noch vom Allgemeinen zum Einzelfall (deduktiv), sondern vom Einzelfall zum Einzelfall (transduktiv) gezogen werden: Es muß allerdings angemerkt werden, daß die klassischen Definitionen der Induktion und der Deduktion unzureichend sind, denn es kann Schlüsse geben, die die Notwendigkeit eines deduktiven Schlusses enthalten und die doch nur den Einzelfall auf den Einzelfall beziehen, wie beispielsweise die Schlüsse vom Typ $A = B$; $B = C$, also $A = C$. Aber das Wesentliche an der These Sterns bleibt bestehen, wenn man die Transduktion definiert als einen nicht reglementierten, nicht notwendigen Schluß. Sie ist eine Koordination auf der Basis einzelner Merkmale von Einzelfällen und nicht auf der Basis einer Verschachtelung in einem hierarchischen System.

Bb. 112 a. – ... Mit 2;1 (13) will J. einen kleinen verkrüppelten Nachbarn ansehen, den sie beim Spaziergang trifft. Einige Tage vorher sagte sie auf meine Erklärungen über die Gründe des Buckels, die sie wissen wollte: „Armer Junge, er ist krank, er hat einen Buckel.“ Am Vorabend schon hat J. ihn wiedersehen wollen, aber er hatte Grippe, was J. „krank im Bett“ sein nennt. Wir beginnen also un-

seren Spaziergang, und auf dem Weg fragt J.: „Ist er noch krank im Bett?“ – „Nein, ich habe ihn am Morgen gesehen, er ist nicht mehr im Bett. – Er hat nicht mehr einen großen Buckel!“ (S. Piaget, 1970, S. 294)

Der von der Grippe geheilte Bucklige hat keinen Buckel mehr, weil das Kind die Krankheiten aneinander assimiliert, statt sie voneinander zu unterscheiden, und zwar assimiliert in einer allgemeinen Klasse der Krankheiten, die den Buckel und möglicherweise anderes verursacht. In diesem Beispiel eines transduktiven Schlusses wird die Verfahrensweise deutlich, die darin besteht, Einzelfälle aneinander zu assimilieren. Die im Urteil vernachlässigten Elemente (z. B. die Grippe) sind an Elemente assimiliert, auf die das Denken des Kindes gerichtet ist (die Krankheit ist die Ursache für den Buckel). Wir haben also eine Assimilation des speziellen Falles an den speziellen Fall, und dies ist deformierend.

Die Verwendung von Sprache sichert also nicht die Existenz logischer Operationen. Eine Theorie, die davon ausgeht, daß logische Operationen durch das Erlernen einer Sprache verursacht seien, ist in dieser Form sicher falsch. Die Genfer Schule betont, daß die logische Strukturierung durch die Vorgabe sprachlicher Strukturen nicht gesichert sei, daß im Gegenteil die logisch korrekte Verwendung sprachlicher Formen einen langwierigen Entwicklungsprozeß voraussetzt, in dem Sprache zunächst vorlogisch gebraucht wird. Während Piaget die aufeinanderfolgenden Stadien dieses Entwicklungsprozesses eindrucksvoll beschreibt, bleibt der Zusammenhang zwischen Sprache und kognitiver Strukturierung weitgehend im dunkeln. Welchen Beitrag das Erlernen einer Sprache für die kognitive Entwicklung leistet, ist auch aus den Untersuchungen der Genfer Schule nicht zu bestimmen. Zur Illustration der Genfer Position, daß kognitive Entwicklung nicht durch das Erlernen einer Sprache direkt beeinflusst werden kann, will ich ein Lernexperiment von Inhelder, Bovet und Sinclair (1967) schildern. Inhelder, Bovet und Sinclair versuchen zunächst herauszufinden, ob der tiefgreifende Wandel im Denken des Kindes mit dem Auftauchen der konkreten Operationen eine Parallele in den sprachlichen Äußerungen hat. Es stellte sich dabei als notwendig heraus, Lexikon und grammatikalische Struktur einer Sprache zu unterscheiden. Die grammatikalische Struktur (Ordnung der Wörter, Verwendung von Artikeln, Konjugation, Deklination usw.) spiegelt den Wandel im Denken genauer als das Lexikon.

Ein Beispiel aus der Entwicklung der Konstanzbegriffe: Eines der Argumente für die Konstanz der Substanz bei Formveränderung lautet: „Die Wurst ist länger, aber sie ist auch dünner geworden.“ Korreliert die Verfügbarkeit über zwei Wortpaare für zwei Dimensionen, „lang/kurz“ und „dick/dünn“ mit dem Erreichen des operatorischen Niveaus? Die

Autoren finden eine schwache Korrelation zwischen dieser lexikalischen Erwerbung und dem Erwerb der Einsicht in die Konstanz, aber eine deutlichere Korrelation mit einem strukturellen Merkmal. Es ist so, daß auch junge Kinder auf dem voroperatorischen Niveau durchaus häufig sagen können, daß von zwei Bleistiften unterschiedlicher Länge einer lang und der andere dick sei. Sie können aber die Unterschiede zwischen einem langen und dünnen und einem kurzen und dicken Bleistift nicht multiplikativ beschreiben, sondern sagen: „Der hier ist lang, der hier ist kurz, der hier (der erste) ist dünn, und der ist dick.“ Hingegen können die Kinder auf operatorischem Niveau diese Situation wie folgt beschreiben: „Der hier ist lang und dünn, der ist kurz und dick“ (Sinclair, 1967). Es stellte sich als leicht heraus (d. h. es genügte eine geringe Zahl von Wiederholungen), den Kindern den Gebrauch der beiden Wortpaare lang – kurz und dick – dünn beizubringen, aber es war sehr schwierig, den Gebrauch einer koordinierten Struktur zu fördern: lang und dünn, kurz und dick. Die Autoren kommen zu dem Schluß, daß das Vorhandensein der lexikalischen Elemente eine Strukturierung noch nicht sichert, daß diese Strukturierung eine Dezentration und Koordination voraussetzt und daß die bekannten Schwierigkeiten bestehenbleiben: vor allem die Schwierigkeit, die verschiedenen Gegebenheiten in eine Gesamtstruktur zu integrieren.

Ein anderes Beispiel liefert ein Experiment zur Seriation nach der Länge. Die Sprache liefert Ausdrücke wie „B ist größer als A“ und „A ist kleiner als B“ usw. Genügt der Erwerb dieser Ausdrücke für den Erwerb der Operation der Seriation? Um diese Frage abzuklären, versuchten die Autoren den Gebrauch solcher Ausdrücke bei einer Gruppe von Pbn zu fördern, die die Seriationsoperation noch nicht beherrschten. Hierzu war eine Serie von Stäben etwa folgendermaßen zu beschreiben: „Der hier ist klein, der folgende ist größer, der nächste ist noch größer“ usw. bis zum größten. Danach war die Länge von B in einer Reihe aufsteigender Länge A, B, C zu beschreiben, etwa wie: „B ist größer als A und (oder: aber) kleiner als C.“

Die erste Beschreibung war bei der Mehrzahl der Pbn rasch erlernt, obwohl sich auch hier Schwierigkeiten einstellten. So kam es vor, daß Pbn bei größeren Unterschieden in der Länge nicht mehr den Komparativ verwendeten, sondern den Unterschied zwischen zwei Stöcken wie folgt beschrieben: „Einer ist groß, und einer ist klein.“ Wenn man sie fragte, ob einer größer als der andere sei, antworteten sie: „Nein, einer ist kleiner, und der andere ist größer.“ Wenn daraufhin die Frage gestellt wurde: „Bist du kleiner als ich?“, antworteten mehrere Kinder: „Nein, ich bin klein, und Sie sind groß.“

Die zweite Aufgabe, die darin bestand, einen gegebenen Gegenstand als

größer als einen anderen, aber kleiner als einen dritten zu erkennen, stellte hingegen eine unüberwindbare Schwierigkeit für die Mehrzahl der Pbn dar. Was allenfalls erreicht werden konnte, war eine Beschreibung folgender Art: „A ist kleiner als B, und C ist größer als B“, nicht hingegen: „B ist größer als A, aber kleiner als C“. Das Wesentliche der Serationsoperation besteht aber darin, daß ein Element D in einer Serie A, B, C, D, E, F usw. gleichzeitig größer ist als A, B, C und kleiner als E, F, G. Dieses Gleichzeitig hat einen völlig psychologischen Sinn. Sprachlich beherrscht das Kind die Ausdrücke kleiner und größer, es kann sie aber nur auf Situationen anwenden, die räumlich und zeitlich getrennt sind: Es kann beispielsweise sagen, daß ein Stock B größer ist als A und daß ein Stock B' kleiner ist als C. Es kann auch sagen, daß B größer ist als A, wenn man ihm A und B zusammen vorlegt, und daß B kleiner ist als C, wenn man ihm nach einer kleinen Pause B und C präsentiert. Es erreicht aber nicht eine Koordination und eine Integration dieser beiden Aussagen, die ihm gestatteten zu sagen, B sei größer als A und (aber) kleiner als C.

Es ist also ein Trugschluß anzunehmen, daß man nur durch die Vermittlung sprachlicher Ausdrucksweisen schon die Koordination der operatorischen Struktur erreichen würde. Es stellt sich als schwierig heraus, den operatorischen Gebrauch der Sprache zu vermitteln. In diesem spezifischen Fall scheint es an Mobilität zu fehlen. Man könnte sich sehr gut vorstellen, daß eine Mobilisierung des Denkens, wie wir sie in Kap. 4.3 beschrieben haben, eine nützliche Technik zur Überwindung dieser Schwierigkeiten wäre. Der Prozeß der Äquilibration, hier gefördert durch eine Erhöhung der Mobilität verschiedener Assimilationen als Voraussetzung ihrer Koordination, ist nicht identisch mit dem Erwerb bestimmter sprachlicher Ausdrucksweisen.

Inhelder, Bovet und Sinclair geben aber zu, daß sprachliche Übungen der beschriebenen Art doch eine nützliche Funktion in der Entwicklung haben können, insofern als sie die Aufmerksamkeit des Pb auf wesentliche Aspekte des Problems orientieren. Weiter weisen sie darauf hin, daß sprachliche Kommunikationen eine Sozialisierung des Denkens einleiten, da eine gegenseitige Anpassung der Verwendung von Ausdrücken notwendig wird.

Die Autoren berichten noch von einem dritten Experiment aus dem Bereich der Klassifikationen, der wie kein anderer Bereich an die Sprache gebunden zu sein scheint. Es erscheint auf den ersten Blick plausibel, daß der Gebrauch von Wörtern wie Pudel, Hund, Tier eine hierarchische Verschachtelung von Klassen impliziert. Piaget und Inhelder (1959) haben aber nachgewiesen, daß solche Bezeichnungen erst dann beherrscht werden, wenn die Inklusionsbeziehungen begriffen sind. Ein Beispiel mag das

erläutern: Wir zeigen einem fünfjährigen Pb fünf Bilder mit Hunden, drei Bilder mit Katzen, also acht Tierbilder, und zeigen ihm zum Vergleich noch einige Bilder mit Kindern. Stellen wir dem Pb die Aufgabe, die Kinder und die Tiere zu zeigen, so wird er uns in der Regel die Tiere (also die Hunde und die Katzen) richtig zeigen können. Stellen wir ihm danach die Frage, ob es mehr Tiere oder mehr Hunde gebe, wird er antworten, es seien mehr Hunde, weil er die Inklusionsbeziehung nicht begreift. Stellen wir ihm unmittelbar im Anschluß an seine Antwort die Aufgabe, nun die Tiere wieder zu zeigen, wird er vermutlich nur noch die Katzen zeigen, d. h. je nach Situation wird er eine andere Gruppe von Bildern mit dem Namen Tiere bezeichnen: Wurden vorher die Kinder zentriert, werden die Tiere richtig gezeigt (Hunde und Katzen), wurden vorher die Hunde zentriert, werden nur noch die Katzen als Tiere angesehen. Dies ist nicht regelmäßig so, aber es zeigt, daß der Gebrauch sprachlicher Bezeichnungen instabil bleibt, bis die Inklusionsbeziehung begriffen ist.

Die Inklusionsbeziehungen werden sprachlich – was wir eingangs schon erwähnt haben – durch den Gebrauch der Artikel (bestimmter oder unbestimmter Artikel) und durch den Gebrauch der Wörter „alle“ und „einige“ ausgedrückt. Wir haben darauf hingewiesen, daß der korrekte Gebrauch der Artikel die Einsicht in die Klasseninklusion voraussetzt. Weit vor dem Auftauchen dieser Einsicht werden aber bereits Artikel gebraucht, wenn auch nicht in allen Situationen korrekt. Dies wird deutlich in einem Versuch, den Inhelder, Bovet und Sinclair auch beschreiben. Der VI hat eine Anzahl verschiedener Früchte. Er gibt einer Puppe sechs Früchte, und zwar vier von einer Sorte und zwei von einer anderen Sorte, beispielsweise vier Äpfel und zwei Pfirsiche. Er fordert danach das Kind auf, einer anderen Puppe eine gleiche Anzahl von Früchten zu geben, aber mehr Pfirsiche. Folgende typische Fehler tauchen hierbei auf:

1. Der Pb beachtet nur einen Teil der Aufgabe, gibt der zweiten Puppe also einige Pfirsiche mehr. Wenn man solche Pbn auffordert, die Aufgabe zu wiederholen, sagen sie z. B.: „Ich soll ihr mehr Pfirsiche geben.“
2. Der Pb begeht den vorausgesehenen Fehler, d. h. er vergleicht nur die beiden Unterklassen, statt die Unterklasse mit der Gesamtklasse zu vergleichen, und gibt die gleiche Anzahl von Äpfeln, also vier, aber mehr Pfirsiche (also 5 oder 6 . . .). Als Erklärung sagt einer der Pbn: „Ich meine, die Früchte, das sind die Äpfel, und da es vier Äpfel sind, habe ich ihr vier gegeben, und dann habe ich ihr mehr Pfirsiche gegeben.“ Wir sehen also, daß die Verwendung der Bezeichnung wegen des Fehlens der Inklusionseinsicht instabil ist.

3. Manche Pbn lösen die Aufgabe dadurch, daß sie nur Pfirsiche, wenn auch in der richtigen Anzahl geben. Sie lösen dadurch das Inklusionsproblem, indem sie Oberklasse (Früchte) und Unterklasse (Pfirsiche) gleichsetzen.

4. Manche Pbn übersetzen die Aufgabe „mehr Pfirsiche, aber die gleiche Anzahl von Früchten“ in „mehr Pfirsiche, weniger Apfel“, wobei die Gesamtanzahl unbeachtet bleibt.

Daneben gibt es selbstverständlich auch korrekte Lösungen. Danach versuchen die Autoren ein Training, das sehr ähnlich unserem Mobilitätstraining (s. Kap. 4.3) ist. Sie gehen aus von zwei gleich großen Kollektionen, die aber unterschiedliche Verteilungen haben: z. B. eine Kollektion mit zwei Äpfeln und vier Pfirsichen und eine Kollektion mit vier Äpfeln und zwei Pfirsichen. Sie stellen dann einige Fragen, und zwar rasch hintereinander: „Wer hat mehr Apfel? Wer hat mehr Früchte? Wer hat mehr Pfirsiche? Wer hat mehr Früchte?“ Solche Fragen, die einen raschen Wechsel zwischen der Erfassung der Oberklasse und der Erfassung einer Unterklasse notwendig machen, sind vorbereitende Übungen für die Inklusionsfrage: „Hat die Puppe mehr Apfel oder mehr Früchte?“

Die Autoren berichten erst von Voruntersuchungen mit dieser Übungsanordnung, drücken aber ihre Hoffnung aus, daß sich durch eine solche Mobilisierung des Denkens Erfolge einstellen. Sie interpretieren diese Erfolge ganz ähnlich, wie wir die Erfolge des Mobilitätstrainings interpretiert haben (Montada, 1967). Das Haupthindernis für die richtige Lösung liegt darin, Oberklasse und Unterklasse nicht gleichzeitig erfassen zu können. Eine Übung, die die Gleichzeitigkeit in der Erfassung fördert, müßte also operatorische Lösungen fördern. Diese Übungsform ist jedoch nicht identisch mit der Förderung des Gebrauchs sprachlicher Ausdrucksformen, sie ist abgeleitet aus einer Analyse der Operationen, insbesondere aus deren Merkmal der Beweglichkeit, bzw. sie ist abgeleitet aus einer Analyse der voroperatorischen Fehler. Die einfache Beobachtung des Sprachgebrauchs eines Individuums läßt vielfach die operatorischen Schwierigkeiten nicht ahnen.

Die skeptische Haltung der Genfer Schule zu den Möglichkeiten einer direkten Förderung der kognitiven Entwicklung durch Sprachförderung und sprachliche Belehrung spiegelt sich in dieser Experimentalreihe. Eine optimistischere Einstellung in bezug auf die Möglichkeiten der Sprache findet sich bei Bruner (1964). Bruner unterscheidet drei Medien der Darstellung, die handlungsmäßige, die anschauliche und die symbolische. Diese Medien herrschen auf verschiedenen Niveaus der kognitiven Entwicklung vor, die ungefähr mit Piagets Stadien korrelieren: Auf senso-

motorischem Niveau herrscht die handlungsmäßige Darstellung vor, auf dem voroperatorischen Niveau die anschauliche und auf dem operatorischen Niveau die symbolische. Für Bruner besteht der wesentliche Unterschied zwischen anschaulicher und symbolischer Darstellung im Gebrauch der Sprache, wobei Sprache als ein Programm für die Ordnung und Integration der Erfahrung gedacht ist. „Wenn Sprache ein Medium für die Übersetzung der Erfahrung wird, haben wir eine zunehmende Befreiung von der unmittelbaren Erfahrung“ (Bruner, 1964, S. 14). Bruner wendet diese Überlegung auf die Entwicklung der Konstanzbegriffe an und sagt, daß das Kind befreit werden muß von dem unmittelbaren wahrnehmungsmäßigen *input*, und er sieht Sprache als eine Kontrolle dieses „input“. Bruner berichtet eine Studie von Frank, die die Hypothese überprüft, daß „eine Sprachförderung eine Hilfe für diese Art des Problemlösens sein müßte“ (Bruner, 1964). Nach Bruner verhilft die Aktivierung von Sprachgewohnheiten dem Kind, sich von wahrnehmungsmäßigen (anschaulichen) Gegebenheiten der Situation zu befreien, wodurch die Lösung von Konstanzproblemen wahrscheinlicher werde. Das Kind sollte seine Ansichten über den Sachverhalt „sagen“ können, bevor es das aktuelle Ergebnis einer Transformation sieht. Frank untersucht Kinder vom 4. bis zum 7. Lebensjahr in einer klassischen Flüssigkeitskonstanzprüfung. In einer Bedingung konnte das Kind die Transformation, also das Umgießen einer Flüssigkeit beobachten, in anderen Bedingungen waren die Becher durch einen Schirm abgedeckt, so daß das Kind nur noch die Spitzen der Becher sehen konnte, nicht aber die Veränderung des Flüssigkeitsniveaus durch Umgießen. Das Kind sah also nur die Handlung des Umgießens, ohne die tatsächlichen anschaulichen Veränderungen des Flüssigkeitsniveaus zu beobachten, und in dieser Situation behaupteten die meisten Kinder, daß die Flüssigkeitsmenge sich nicht verändere. Zu sehr ähnlichen Aussagen kommen Aebli und Mellin (1964), Feigenbaum und Sulkin (1964) und auch Engelmann (1966), die feststellen konnten, daß Kinder im voroperatorischen Alter vielfach in der Lage sind, die Konstanz bei Flüssigkeitstransformationen durchaus richtig zu prognostizieren, wogegen sie aber nicht in der Lage sind, diese Meinung angesichts der tatsächlichen Veränderungen beizubehalten. Frank konnte nun aber feststellen, daß 80 % der fünf Jahre alten Pbn und praktisch alle sechs und siebenjährigen Pbn Konstanzurteile beibehielten, wenn der Schirm entfernt wurde und sie nun mit den tatsächlichen Verhältnissen nach dem Umschütten anschaulich konfrontiert wurden. Ein Posttest (diesmal ohne einen Schirm während des Umgießens) zeigte einen deutlichen Anstieg in Konstanzurteilen bei den Fünf- bis Siebenjährigen. Bruner hält dieses Experiment für eine Demonstration des Einflusses von Verbalisierungen auf

die Entwicklung von Konstanzsichten. Vorhergehende Verbalisierungen befreien vom Einfluß der wahrnehmungsmäßigen Bedingungen.

Die Harvard-Gruppe um Bruner weist noch auf andere sprachliche Einflüsse auf die Ergebnisse von Konstanzprüfungen hin. Bruner berichtet eine Studie von Carey, in der Piagets Erklärung der Konstanzsicht in Frage gestellt wird. Während Piaget die Entwicklung der Konstanzsicht auf ein Zusammenwirken verschiedener Operationen (der Multiplikation der verschiedenen veränderten Dimensionen, der Reversibilität und der Identität) zurückführt, findet Carey, daß die Konstanz der Flüssigkeit bei Umgießen durch diese Operationen nicht erklärt werden könnten. Carey findet, daß Kinder, die nicht Konstanzurteile geben konnten, häufig die Operationen der Reversibilität, der Identität und der Kompensation ausführen, was wir bereits bei Engelmann (s. Kap. 4.4) gesehen haben. Von dieser Studie Careys folgert die Harvard-Gruppe, daß man die semantische Bedeutung des Ausdruckes „gleiche Menge“ in der Entwicklung untersuchen müsse. Carey meint, daß Kinder, die Inkonstanzurteile geben, eine Bedeutung des Begriffes „gleiche Menge“ haben, die mit dem Wasser-niveau assoziiert ist und in der die Dimension Breite oder Gefäßumfang nicht enthalten ist. Je höher das Wasser steht, um so mehr Wasser wird vom Kind angenommen. Bruner glaubt, daß bei fünf- oder sechsjährigen Kindern nicht nur eine starke Tendenz besteht, ein einziges Merkmal für die Definition eines Ausdruckes zu gebrauchen, sondern ein anschauliches, wahrnehmungsmäßiges Merkmal zu gebrauchen.

In einer sprachlichen Prüfung der Konstanzsicht mag das Kind seinen Gebrauch der Begriffe „gleich“, „weniger“ oder „mehr“ generalisieren, die in der Vergangenheit mit bestimmten Repräsentanten verknüpft wurden. Wenn diese Hypothese zutrifft, sollte ein Begriffslernen, in dem das Kind die Begriffsbedeutungen des Erwachsenen erwirbt, eine Förderung der Konstanzsicht bewirken, was verschiedene andere Untersuchungen (z. B. Gelman, 1968; s. Kap. 4.9) auch nahelegen. Daß eine sorgfältige Prüfung der Wortbedeutungen angezeigt ist, weist ein Experiment von Braine und Shanks (1965) nach, in dem die Autoren unterschiedliche Antworten auf die Fragen „Was sieht größer aus?“ und „Was ist wirklich größer?“ nahelegten. Es konnte sichergestellt werden, daß die Mehrzahl der fünfjährigen Pbn dadurch fähig wurde, zwischen wirklicher und anschaulicher Größe zu unterscheiden.

Auch in den Experimenten dieses Kapitels wird deutlich, daß einer gezielten Förderung des Entwicklungsverlaufs durch Lernexperimente eine Diagnose der Lernschwierigkeiten vorausgehen muß. Liegt die Schwierigkeit im Sprachverständnis, mag ein Begriffslernen nützlich sein. Wird die Schwierigkeit darin zu suchen sein, daß eine Reaktion nicht dominant ist,

die zur Lösung dominant sein müßte (Bruner und Frank), dann wird man versuchen müssen, diese Reaktion dominant zu machen. Liegt die Schwierigkeit in der fehlenden Mobilität, wird eine Übung konzipiert werden müssen, die die Mobilität steigert (Inhelder, Bovet und Sinclair). Allgemein kann aus den geschilderten Untersuchungen nur gefolgert werden, daß durch eine Förderung sprachlicher Ausdrucksweisen und durch eine sprachliche Belehrung nicht ohne weiteres operatorische Strukturen aufgebaut werden können. Wer von der Hypothese ausgeht, daß die Sprachstrukturen identisch sind mit den Denkstrukturen, der wird die Diagnose stellen, daß voroperatorisches Denken auf einem Mangel an geeigneten Sprachstrukturen basiert. Wer den Zusammenhang zwischen Sprache und Denkopoperationen weniger eng sieht, wird auch andere Hypothesen prüfen wollen. Die geschilderten Experimente stellen eine Warnung dar für einen übersteigerten Optimismus der Möglichkeiten der sprachlichen Belehrung. Ohne die überragende Rolle der sprachlichen Belehrung leugnen zu wollen (s. z. B. Ausubel, 1968), muß zugegeben werden, daß man operatorische Strukturen vielfach nicht nur dadurch aufbauen kann, daß man die Pbn darüber „belehrt“, indem man ihnen sprachlich formulierte Regeln und Lösungswege anbietet.

5. Lernexperiment und natürliche Entwicklung

5.1. Versuch einer Neuformulierung der Rolle der Erfahrung in der kognitiven Entwicklung

Die bisher diskutierten Lernexperimente zeigen sehr deutlich, daß Piagets Ansicht von der nur spontanen Natur der Entwicklungsvorgänge revidiert werden muß. Man sieht aus diesen Studien, daß der Gang der normalen Entwicklung deutlich beschleunigt werden kann, wenn mit geeigneten Methoden die Lernschwierigkeiten der Kinder überwunden werden. Die etwa 150 Lernstudien zu Problemen der Genfer Schule bieten heute noch ein recht konfuse Bild, obwohl sie nur einen ganz engen Ausschnitt der kognitiven Entwicklung betreffen. Man kennt mit Sicherheit noch nicht alle relevanten Faktoren, aber eines läßt sich mit Sicherheit sagen: Der Gang der kognitiven Entwicklung kann durch sozial gelenkte Lernversuche deutlich beeinflusst werden. So können diese Studien also die Annahme von der nur spontanen Natur der Entwicklungsprozesse in Frage stellen und damit eine Kluft zwischen Entwicklung und Lernen überbrücken helfen.

Die Frage, die sich natürlich sofort stellt, ist die nach der Beziehung zwischen diesen systematischen Lernversuchen und dem viel unsystematischeren Lernen im täglichen Leben der Kinder. Man muß sich fragen, ob die Rolle der Erfahrung im täglichen Leben der Kinder durch diese systematischen Lernuntersuchungen erhellt werden kann. Sicherlich tragen sie dazu bei, unsere Hypothesen zu vermehren, wie diese aussehen kann, aber diese Hypothesen müssen m. E. anders angegangen werden.

Ein erster möglicher Ansatz für die Erfassung der informellen und oft bruchstückhaften Belehrungen im normalen Milieu der Kinder könnten Milieustudien sein. Schon heute liegen sehr aufschlußreiche Studien dieser Art vor, teils direkt zu Problemen der Genfer Schule (Maccoby, 1962; Kohnstamm, 1967; Mermelstein und Shulman, 1966, u. a. m.), insbesondere aber auch aus dem Bereich der Sprachentwicklung (s. zur Übersicht Oevermann, 1969). In diesem Rahmen sind die Überlegungen Wohlwills zu sehen, die er in dem nun folgenden Beitrag darstellt.

Eine zweite Möglichkeit, die Rolle der unsystematischen Erfahrungsaufnahme in der normalen außerschulischen Entwicklung der Kinder zu untersuchen, würden wir in systematischen *Experimenten im Feld* sehen. Hierbei könnte man vergleichbare Gruppen, z. B. Kindergartenklassen,

bilden und den verschiedenen Erziehern in diesen Gruppen über intensive Beratung über eine gewisse Zeit hinweg verschiedene erzieherische Verhaltensweisen nahelegen. In einer Gruppe könnte man annäherungsweise Piaget/Rousseau verwirklichen: Der Erzieher würde lediglich Material bereitstellen und gelegentlich das Kind an die Grenzen seiner Erkenntnisse führen, indem er ihm die Unzulänglichkeit seiner Assimilationsversuche vor Augen führt und indem er das Kind in für die Elaboration neuer Lösungen günstige Situationen bringt. Demgegenüber wäre beispielsweise eine Theorie zu operationalisieren, die Entwicklung als kumulatives soziales Lernen auffaßt. Hier wären sich die Kinder bei den Lösungsversuchen nicht selbst überlassen, sondern würden bei der Suche nach Problemlösungen durch die Erzieher unterstützt. Dies muß nicht im Sinne einer formalen Schulung geschehen, die Erzieher wären lediglich angehalten, bei auftauchenden Schwierigkeiten im Spiel, beim Zeichnen, in Unterhaltungen helfend und erklärend einzugreifen, ein Auge auf die Verständnisschwierigkeiten des Kindes zu werfen, um diese gezielt zu überwinden. Ansätze dieser Art liegen in den kompensatorischen vor-schulischen Förderungsprogrammen für kulturell Interprivilegierte auch bereits vor (s. z. B. Bereiter und Engelman, 1968), allerdings sind diese Programme meist schon so strukturiert, daß sie eher schulischem als informellem außerschulischem Lernen entsprechen.

Die in Kap. 4 dargestellten und diskutierten empirischen Arbeiten zu einer Lernpsychologie Piagets zeigen, daß die entwicklungsmäßigen Veränderungen von voroperatorischem zu operatorischem Denken durch recht verschiedene Maßnahmen gefördert werden können: durch operatorische Übungen, durch eine Mobilisierung des Denkens, durch Induktion kognitiver Konflikte, durch Begriffsdifferenzierung, durch verbale Erklärungen usw. Vermutlich spiegelt der Erfolg so verschiedenartiger Beeinflussungsarten die Variabilität der Vermittlung kognitiver Strukturen in der normalen, nicht systematisch durch Schulung geförderten Entwicklung. Es ist durchaus denkbar, daß in einem fruchtbaren Entwicklungsmilieu eine ganze Anzahl solcher Maßnahmen in der einen oder anderen Form realisiert werden. Es liegen bislang aber keine Untersuchungen vor, die beweisen, daß diese im Laboratoriumsexperiment isoliert untersucht und präzisierten Lernbedingungen in den normalen Lernsituationen während der Entwicklung tatsächlich verwirklicht werden. Wir brauchen eine Analyse der spontanen didaktischen Verhaltensweisen der „Erzieher“ (Eltern, Bekannte, Geschwister, Kameraden usw.), die Lernprozesse bei einem Kind auslösen.

Wir können die für die Entwicklung verantwortlichen Lernbedingungen auf molarem und auf molekularem Niveau untersuchen. Auf molarem

Niveau untersuchen wir Faktoren wie Bildungs- und Sprachniveau des Elternhauses, Dauer des Besuchs einer weiterführenden Schule, Wahrscheinlichkeit der Anregung durch Literatur usw. D. h. wir versuchen, die für Entwicklungsanregungen wahrscheinlich verantwortlichen Faktoren mit einem relativ groben Raster zu erfassen.

Auf einem schon mehr molekularen Niveau der Beobachtung können wir z. B. versuchen, die Häufigkeit und die Art von Erklärungen zu erfassen, die Eltern ihren Kindern geben, oder die Qualität ihrer Hilfe bei Aufgaben und Problemen oder die Häufigkeit und Qualität ihrer Problemstellungen. Wir werden dann auch zu einem molekularen Beobachtungsniveau vorstoßen können, vermutlich aber zunächst nur bei der Untersuchung systematisch gelenkter Lernsituationen, also bei Versuchen der Schulung: Dort werden wir aber z. B. untersuchen können, ob die in Kap. 4 herausgearbeiteten Lernbedingungen des operatorischen Übens, der Mobilisierung des Denkens usw. in didaktischen Maßnahmen verwirklicht werden und in welcher Form sie verwirklicht werden. Wer kognitive Entwicklung als sozial gelenkten und geförderten Aufbau immer umfassenderer Strukturen begreift, der wird keine unüberbrückbare Kluft zwischen schulischem Lernen und dem unsystematischeren Lernen im täglichen Leben der Kinder sehen. Doch wird es schwer sein, die Analyse der Lernbedingungen in den informellen Lernsituationen außerhalb der Schule und außerhalb des Laboratoriums auf einem ähnlich molekularen Niveau zu betreiben, man wird sich dort zunächst mit einem molaren Niveau begnügen müssen.

Aus diesem Grund halten wir Wohlwills Ansichten (s. Kap. 5.1.1.) im wesentlichen für gerechtfertigt. Wir sind der Überzeugung, daß eine Isolierung und Präzisierung von Lernbedingungen im Laboratorium durchaus fruchtbar ist und sowohl zur Konzipierung neuer didaktischer Techniken beitragen kann als auch zur Verfeinerung eines Analyseschemas für systematische Beobachtungen: Man beobachtet in der Regel nur solche Variablen, über deren Bedeutung man eine Hypothese formuliert hat. Aber es wäre sicherlich falsch, wollte man von den Laboratoriumsuntersuchungen direkte Parallelen zur normalen Entwicklung ziehen. Der ökologische Ansatz, den Wohlwill vorschlägt, gestattet es eher, die relevanten Entwicklungsbedingungen zu erfahren. Das oben angedeutete Experiment im Feld wäre eine weitere methodologische Alternative. Die aus Lernexperimenten im Laboratorium gewonnenen Hypothesen sollten aber bei der Planung einer systematischen Beobachtung wie auch eines Feldexperimentes eine wichtige Rolle spielen. Wir halten trotzdem die kritische Haltung Wohlwills zum Beitrag der Laboratoriumsexperimente für die Interpretation der Entwicklungsprozesse, die nicht systematisch durch Schulung

gefördert sind, für im wesentlichen gerechtfertigt. Da wir selbst die Probleme nicht besser darstellen können, soll dieser Band mit Wohlwills Beitrag abgeschlossen werden.

5.1.1. Joachim Wohlwill: Versuch einer Neuformulierung der Rolle der Erfahrung in der kognitiven Entwicklung¹

Unter den zahlreichen Beiträgen, die die Psychologie Piaget und seinem Werk verdankt, ist eine der wichtigsten derjenige, der uns zwingt, die Rolle, die die Erfahrung in der Entwicklung der intellektuellen Prozesse spielt, neu zu durchdenken. Jedermann scheint zuzustimmen, daß sie eine Rolle spielt, sogar eine wichtige. Es geht nur darum herauszufinden, wie die Effekte der Erfahrung zustande kommen, d. h. wie man diese Rolle begrifflich fassen könnte, um die spektakulären Veränderungen zu erklären, die sich in den kognitiven Funktionen des Kindes vollziehen, Veränderungen, die uns Piaget in so anschaulicher Weise in seinem Werk beschreibt.

Die in den letzten Jahren bei der Behandlung dieses Problems unternommenen Anstrengungen bezeugen ein beträchtliches Maß an Phantasie und Scharfsinn sowohl auf theoretischem wie auf experimentellem Niveau. Ein erstes Beispiel wurde uns durch die Untersuchungen von Smedslund über die Konstanz des Gewichtes gegeben; nach einer gedrängten Diskussion verschiedener theoretischer Formulierungen über den Erwerb dieses Begriffes gibt uns der Autor seine eigene Interpretation dieses Phänomens, die auf der Lösung eines kognitiven Konfliktes beruht. Andere Autoren haben versucht, bei den Kindern diese Begriffe oder andere gleicher Art dadurch zu bilden, daß sie Übungen mit Begriffen und Schemata anregten, die logisch mit diesen Begriffen verbunden sind und die die Kinder bereits im Repertoire hatten. Wir haben ein besonders gelungenes Beispiel dieses Ansatzes in der Studie von Wallach und Sprott, die die Wirksamkeit von Übungen aufweisen, indem sie das Prinzip der Reversibilität anwenden, um das Kind dahin zu führen, daß es die Konstanz der Zahl einsieht. Ein anderer Ansatz bestand darin, eine Technik anzuwenden, die aus einer ganzen Serie didaktischer Maßnahmen gewählt wird, von den Methoden der Berichtigung mit Erläuterungen didaktischer Art, wie sie z. B. in der Studie von Kohnstamm über die Klassen-

¹ Mit Genehmigung des Verlags aus Epistémologie génétique. Thèmes Piagétiens. Paris, P. U. F., 1966.

inklusion realisiert ist, bis zu den viel weniger strukturierten Lernerfahrungen, wie sie beispielsweise Ojemann und Pritchett in ihrer Arbeit über den Begriff des spezifischen Gewichtes verwendet haben.

Wert und Nutzen aller dieser Untersuchungen und aller Ideen, die sie angeregt haben, sind unbestreitbar, wiewohl in manchen Fällen die Methodologie und die Interpretation der Gegebenheiten diskutiert werden müßten. Das Ziel dieses Aufsatzes ist es jedoch nicht, diese Arbeiten im Detail zu untersuchen, vielmehr geht es darum, gewisse Fragen von viel allgemeinerer Bedeutung aufzuwerfen, Fragen, die sich stellen, wenn das traditionelle Modell der Untersuchungen zum Lernen aus der Experimentalpsychologie entlehnt und als solches in der Untersuchung der kognitiven Entwicklung angewendet wird. Insbesondere sind es zwei Fragen, denen wir unsere Aufmerksamkeit widmen werden.

Erstens: Was lernt das Kind wirklich im Verlauf der Schulung, die es in diesen verschiedenen Studien erhalten hat; handelt es sich um eine einzelne Reaktion oder um eine Gruppe von Einzelreaktionen; ist es ein allgemeinerer Begriff, der sich auf das Verständnis des implizierten Prinzips stützt, oder handelt es sich um eine „Operation“ im eigentlichen Sinn, in Piagets Bedeutung des Wortes? Zweitens: Angenommen, die Schulungseffekte, von denen hier die Rede ist, seien wirklich vorhanden und reproduzierbar, haben sie dann irgendeine Beziehung zu den Vorgängen, die den normalen Erwerb dieser Begriffe beim Kind bestimmen?

Was die erste Frage anbelangt, so haben wir folgendes charakteristische Merkmal des Lernens, das in den oben erwähnten Studien und in anderen der gleichen Art realisiert ist: die relativ begrenzte Tragweite. Es hat sich oft als schwierig erwiesen, einen Transfer von einem auf diese Weise erworbenen Begriff auf eine andere Prüfung zu erreichen, die etwa ein anderes Material oder andere Bedingungen impliziert, was aber die Annahme erlaubt, daß das, was das Kind gelernt hat, eine spezifische Reaktion ist, vielleicht auch eine Regel, die an eine spezifische Situation gebunden ist, die also nicht auf dem Verständnis des Prinzips basiert, das der Begriff impliziert, der scheinbar erworben wurde. Andererseits und selbst in den Fällen, wo ein gewisser Grad an Transfer festzustellen war (wie es z. B. in den Untersuchungen von Kohnstamm zu sein scheint), wird man sicherlich auch nicht die Bildung einer Struktur erleben können, die so vollständig wäre wie die der „konkreten Operationen“ im Sinne Piagets. Um eine strukturelle Änderung aufzubauen, die ebenso tiefgreifend in die Natur der kindlichen Urteilsprozesse einwirkte, müßte man nachweisen, daß sich das Lernen auf ganz verschiedene Prüfungen übertragen läßt, die alle auf der gleichen Operation basieren, wie sich beispielsweise das Lernen der Inklusion der Klassen auf die Intersektion der Klassen

übertragen läßt oder wie das Lernen der Konstanz sich auf die Transitivität übertragen läßt usw.

Vielleicht ist das von einem begrenzten Lernversuch im Laboratorium zuviel verlangt, und wahrscheinlich entspricht es auch nicht den Ansprüchen der an dieser Art von Untersuchungen interessierten Psychologen. Doch sollte die Konfrontation mit dieser Frage die Psychologen wenigstens einsehen lassen, daß eine fragmentarische Schulung für den Erwerb dieses oder jenes spezifischen Begriffes nicht notwendigerweise zur Bildung von Verbindungen zwischen den verschiedenen, doch strukturell koordinierten Begriffen führt, wie Piaget das für den normalen Fall der kognitiven Entwicklung annimmt.

Das führt uns zur zweiten Frage, die darin besteht festzustellen, ob die Bedingungen, deren Wirksamkeit für die Aneignung eines spezifischen Begriffes in den Lernuntersuchungen nachgewiesen wurden, als ein adäquates Modell des „natürlichen Prozesses“ der Entwicklung dieser Begriffe angesehen werden können. Diese Frage muß man praktisch ohne Einschränkungen verneinen. Für eine große Anzahl von Begriffen, die im Alter von sechs bis sieben Jahren auftreten, scheint es höchst unwahrscheinlich, daß die experimentell gebrauchten Bedingungen effektiv im Normalverlauf der Entwicklung dieser Begriffe impliziert sind — wie die Herstellung eines kognitiven Konfliktes, die Übung von logisch relevanten, schon erworbenen Begriffen oder auch die direkte Belehrung. Die Kinder haben z. B. kaum Gelegenheit, über das Gewicht eines Gegenstandes Urteile abzugeben, dessen Form verändert worden ist, wobei sie den Effekt der Formveränderung einer anderen durch Addition oder Subtraktion von Material vorgenommenen Veränderung gegenüberstellen, wie es in den Untersuchungen von Smedslund der Fall war. Es ist auch kaum sehr häufig, daß die Kinder reversible Veränderungen der Länge einer Reihe von aneinandergereihten Elementen beobachten, Veränderungen, die es ihnen ermöglichen, das Prinzip der Konstanz der Zahl zu induzieren, wie das in den Experimenten von Wallach und Sprott der Fall war. Und vor allem: Der größte Teil der Begriffe, die uns hier interessieren, werden den Kindern gemeinhin nur selten in systematischer Weise gelehrt. Andererseits wird niemand behaupten wollen, daß sich diese Begriffe von selbst entwickeln, das heißt einfach und allein in Funktion der Reifung des Nervensystems. Die Frage, es sei nochmals gesagt, ist nicht die, ob die Erfahrung eine Rolle spielt, wohl aber, ob die experimentellen Untersuchungen des Typs, von dem wir hier reden und der bislang in den Untersuchungen vorherrscht, am zweckdienlichsten sind, um die Rolle, die die Erfahrung in diesem Bereich der psychologischen Entwicklung spielt, zu erhellen. Die Gründe unserer Skepsis wer-

den erst bei einer aufmerksameren Prüfung der spezifischen Bedingungen deutlich, die nach unserer Meinung eine valide Behandlung dieser Probleme erfüllen müßte. Wir werden unsere Aufmerksamkeit insbesondere auf drei dieser Bedingungen richten.

I. Die Hypothese der Variabilität der Vermittlung

Eine Erklärung der Rolle der Erfahrung in der Entwicklung der „konkreten Operationen“ wird nur partiell sein können, wenn sie nicht ausdrücklich die Tatsache anerkennt, daß die Kinder diese Begriffe unter den verschiedensten, durch ihre Umwelt gegebenen Umständen erwerben, auch auf vielleicht voneinander sehr verschiedenen Wegen. Man läuft Gefahr, diesen Punkt zu übersehen, wenn man sich für die Wirksamkeit spezifischer, in der Erfahrung gegebener Lernbedingungen interessiert. Es ist sehr wahrscheinlich möglich, daß die verschiedenen Erfahrungsbedingungen, die die Entwicklung stützen, alle miteinander einen bestimmbareren Kern haben (ja, es ist zu hoffen, daß dies der Fall ist). Aber es scheint unwahrscheinlich, daß wir die wahre Natur dieses Kerns entdecken, wenn wir uns an die begrenzten und kontrollierten Laboruntersuchungen halten.

Wenn sie auch sicherlich ein wenig grob ist, könnte eine Analogie aus dem Bereich des physischen Wachstums für uns nützlich sein: Kinder wachsen, nehmen zu an Gewicht und Kraft, und zwar unter den verschiedensten Bedingungen der Lebensweise, des Klimas und der physischen Stimulation. In Florida z. B. können manche Kinder aufwachsen, indem sie sich das ganze Jahr hindurch von Milch, Orangen, Rindfleisch und Sonne ernähren. Andere, etwa in Portugal, trinken nur wenig Milch und noch weniger Orangensaft, essen mehr Fisch als Fleisch und können nicht so regelmäßig die Sonne genießen. Und doch erfolgt der allgemeine Wachstumsprozeß in beiden Ländern sichtbar ähnlich. Es kann zweifellos sein, daß die Kinder in Florida in einem etwas schnelleren Rhythmus heranwachsen und im Durchschnitt gesünder und stärker sind als die anderen. Aber abgesehen von Bedingungen schwerer und chronischer Unterernährung, steht die Unterschiedsspanne kaum im Verhältnis zu der Verschiedenartigkeit der aufgenommenen Nahrung. Hinzu kommt, das ist klar, daß keine der oben genannten Nahrungen als notwendige Bedingungen für das Wachstum angesehen werden könnte. Wesentlich ist natürlich, daß die Organe ein Minimum an gewissen Grundsubstanzen erhalten, von denen das Wachstum abhängt (z. B. Vitamine, Calcium, Proteine usw.). Die spezifische Form, in der diese Substanzen aufgenommen wer-

den, ist kaum von Belang, wiewohl die aufgenommene Menge in gewissen Grenzen den Rhythmus des Wachstums bestimmt.

Diese Analogie, insofern sie sich überhaupt auf unser Problem übertragen läßt (sicherlich werden viele die Relevanz dieser Analogie bestreiten), veranlaßt uns, unsere Anstrengungen auf die Suche nach den wesentlichen Faktoren des „geistigen Wachstums“ zu konzentrieren. Eine solche Untersuchung erfordert zu Beginn gewissermaßen einen ökologischen Ansatz, wobei die Gesamtheit der durch die Umwelt beigetragenen Bedingungen ins Auge gefaßt werden muß, unter denen die geistige Entwicklung im wesentlichen konstant verläuft, ebenso wie die verschiedenen Faktoren der Erfahrung, die mit einer Variation im Rhythmus diese Entwicklung zu korrelieren scheinen. Schließlich müßte die auf diese Weise erstellte Liste der Erfahrungsbedingungen zur Aufdeckung der gemeinsamen Grundfaktoren führen, denen man zu Recht die Determination des Prozesses der geistigen Entwicklung zuschreiben könnte. Vielleicht sind wir jetzt schon imstande, in dieser Richtung einige Hinweise zu geben, die es uns wenigstens ermöglichen, in unserem Forschungsbereich Untersuchungen praktikablen Ausmaßes anzuregen, doch müßten noch zahlreiche Untersuchungen durchgeführt werden, bevor man in Anspruch nehmen kann, diese „kritischen Faktoren“ isoliert zu haben und zu verstehen, wie sie funktionieren.

II. Verbindungen zwischen Begriffen

Man kann den zweiten Punkt dadurch einführen, daß man zunächst einen Einwand zum ersten Punkt macht. Wenn man nachweisen kann, daß eine bestimmte Lernbedingung, die in einem Experiment realisiert ist, für die Aneignung eines bestimmten Begriffes genügt, werden manche Leute behaupten, daß dies auch alles sei, was man von einer Untersuchung über die geistige Entwicklung erwarten könne. Nehmen wir die Schwierigkeit als gegeben an, jemals zu entdecken, was wirklich während der Entwicklung „in der normalen Umwelt“ geschieht, so wird die Frage nach einem möglichen Vergleich zwischen provozierten Veränderungen im Labor und der Veränderung, die normalerweise auftritt, jede Bedeutung für das Experimentieren verlieren, zum wenigsten, wenn man keinen Unterschied in den erhaltenen Resultaten nachweisen kann.

Selten hat man einen direkten Vergleich zwischen den experimentell induzierten konkreten operatorischen Begriffen und spontan erworbenen Begriffen vorgenommen. Eine Ausnahme macht Smedslund in seiner gescheiterten Untersuchung über die Extinktion, in der er entdeckt, daß die Kinder, die das Konzept der Konstanz des Gewichtes in einem Lernver-

such mit externer Verstärkung erworben hatten, viel eher dazu tendierten, ihn wieder aufzugeben, wenn sie mit Gegenbeispielen konfrontiert wurden, die augenscheinlich dieses Prinzip entkräfteten, als Kinder, die dieses Konzept im Verlaufe ihrer normalen Erfahrungen erworben hatten.² Obwohl diese Untersuchung wegen der geringen Anzahl der Beobachtungen, auf die die Resultate gestützt sind, fragwürdig erscheint, verdient das Kriterium des Widerstandes gegen Extinktion doch eine breitere Aufmerksamkeit in diesem Forschungsbereich.

Wenn wir jedoch davon ausgehen können, daß in zahlreichen Fällen die durch Lernexperimente eingeführten Begriffe ebenso schwierig zu „löschen“ sind wie die normal erworbenen Begriffe, so können wir doch davon überzeugt sein, daß die beiden Lerntypen leicht zu unterscheiden sind. Wie wir schon weiter oben bemerkt haben, hat man nur selten oder gar niemals beweisen können, daß sich die Resultate eines begrenzten Lernens im Labor auf andere Konzepte übertragen lassen, die strukturell mit dem so Erworbenen verwandt sind. Wenn wir aber das, was Piaget in seiner Darstellung der Entwicklung des konkreten operatorischen Denkens sagt, ernst nehmen, so sehen wir, daß seiner Meinung nach die einzelnen Begriffe nicht isoliert erworben werden, sondern sich vielmehr synchronisch an mehreren verschiedenen Fronten entwickeln, und zwar wegen struktureller Beziehungen, welche die verschiedenen Begriffe verknüpfen (d. h. wegen der Gruppierung, auf der diese Begriffe basieren).

Obwohl dieses Phänomen ohne Zweifel viel komplexer ist als eine Analyse, die nur Strukturanalyse ist, es scheinen lassen mag (z. B. der Begriff der horizontalen Verschiebung von Piaget), ist es nichtsdestoweniger offensichtlich, daß sich die normale Entwicklung auf einer unendlich viel breiteren Front vollzieht als die äußerst eingeschränkten Lernexperimente, die in dieser Hinsicht als Modelle des allgemeinen Prozesses der geistigen Entwicklung suspekt sind. Infolgedessen erscheint es zweckmäßig, Experimente anzulegen, die viel weniger spezifisch sind und die nicht einen spezifischen Begriff oder eine einzelne Operation, sondern eine breitere Skala von Begriffen zum Gegenstand haben. Es sollte klar sein, daß diese Nicht-Spezifität der experimentellen Effekte mit dem ersten Punkt Hand in Hand geht, was die Verschiedenartigkeit der empirischen Bedingungen betrifft, in denen sich die geistige Entwicklung vollzieht: Die größere allgemeine Gültigkeit der aus dem gemeinsamen Kern der Erfahrungen extrahierten Faktoren müßte die Analyse der kognitiven Veränderungen auf einer breiten Basis erleichtern, nämlich auf der Basis, auf der diese Veränderungen auch in der Wirklichkeit stattfinden.

² S. Kap. 4.7., S. 193.

III. Die Erfahrung als Verhalten

In den Diskussionen über die Wirkungen der Erfahrung auf die Entwicklung hat es bisher einige Unklarheiten über die Bedeutung gegeben, die man dem Ausdruck Erfahrung zu geben hat. Man hat Erfahrung manchmal mit Stimulation durch die Umwelt gleichgesetzt. Man hat den Ausdruck auch gebraucht, um das eigene frühere Verhalten eines Menschen zu bezeichnen. Es ist wohl möglich, daß man in den meisten Fällen die Frage, ob der Ausdruck Erfahrung die Stimulation oder die erlebte Erfahrung beinhaltet, einfach vernachlässigt hat. An anderer Stelle zeigen wir in einer eingehenderen Diskussion dieses Problems, daß es geraten ist, die Wirkungen von Milieueinflüssen dem Verhalten zuzuschreiben, das vor der Reaktion liegt, die der Organismus gibt oder nicht gibt, während er den Bedingungen der Umwelt ausgesetzt ist.

In unserem jetzigen Zusammenhang würde diese Perspektive unsere Suche nach den Erfahrungsbedingungen (in bezug auf die Untersuchung der kognitiven Veränderungen) zu gewissen früheren Verhaltenstypen und früheren Aktivitäten führen, deren Bezug zur Bildung der konkreten operatorischen Begriffe plausibel erschiene. Es stellt sich also die Frage, wo die entsprechenden Aktivitäten in der täglichen Erfahrung des Kindes zu suchen sind. Bevor wir eine genauere Vorstellung von den Handlungstypen haben, die das Kind wirklich während der Periode ausführt, in deren Verlauf sich die in Frage stehenden kognitiven Veränderungen vollziehen, wäre es voreilig, diese Frage zu präzise beantworten zu wollen. Um in unserer Untersuchung weiterzukommen, können wir nichtsdestoweniger gewisse mögliche Richtungen der Analyse aufzeigen. Zunächst müssen wir uns fragen, wie die Gesamtheit der Reaktionen und Verhaltensweisen, die Teil der täglichen Aktivität des Kindes sind und die mit keiner spezifischen konkreten operatorischen Operation verbunden sind, seine spätere Entwicklung hinsichtlich dieser Begriffe beeinflussen kann. Aller Wahrscheinlichkeit nach müssen die Reaktionen, die eine geistige Entwicklung beeinflussen, für ein Kind gewisse Konsequenzen haben. Vorausgesetzt, daß diese Konsequenzen im allgemeinen nicht die Form einer externen Verstärkung anzunehmen scheinen, müssen wir nach Verhaltensweisen suchen, die ein internes Feedback haben.

1. *Zählen*: Das einleuchtendste Beispiel für die Rolle, die diese „autofeedbacks“ zu spielen vermögen, ist das des Zählens, das grundsätzlich als direkt wirkender Faktor für den Erwerb der Konstanz der Zahl gelten kann. Das bedeutet: Wenn man zu wiederholten Malen Elemente einer Kollektion jeweils verschieden arrangiert oder in verschiedenen Richtun-

gen reiht, müßte ein Kind dabei ein allgemeines Prinzip der Zahlkonstanz erkennen. Apriorische Überlegungen, ebenso wie die Resultate der empirischen Untersuchungen, zeigen aber, daß ein solch direkter Effekt zu einfach und auch zu unwahrscheinlich ist, um als allgemeines Modell für den normalen Erwerb dieses Prinzips zu dienen. Allerdings kann man die kumulative Rolle des Abzählens als Instrument der Operationalisierung des Zahlbegriffs beim Kind nicht übersehen.

2. *Klassifikation, Seriation, Messen*: Es gibt andere geistige Aktivitäten, die in ähnlicher Weise das Merkmal des „autofeedback“ tragen und die ebenfalls Teil des täglichen Lebens der meisten Kinder sind. So z. B. die spontanen Klassifikationen (d. h. sukzessive Arrangements einer Gruppe von Objekten, die als Resultat Kollektionen haben, die nach verschiedenen wahrnehmungsmäßigen Gegebenheiten organisiert sind), die spontanen Seriationen (d. h. die Reihung einer Gruppe von Elementen nach einem bestimmten wahrnehmungsmäßigen Kontinuum) und die spontanen Messungen (d. h. der Vergleich von zwei oder mehr Objekten auf einer bestimmten Dimension, besonders mit Hilfe eines fixen Meßinstrumentes).

3. *Begriffliche Sprache*: Die hier oben aufgeführten Aktivitäten sind möglicherweise noch zu spezifisch und zu wenig allgemein, als daß sie als wichtigste oder gar alleinige Kräfte der Entwicklung konkreter Operationen angesehen werden könnten. Es ist daher wichtig, daß wir nach anderen Verhaltenstypen suchen, deren Bedeutung viel allgemeiner ist und die ebenfalls eine Funktion des kognitiven Feedback für das Kind haben könnten. Diesbezüglich sind uns durch gewisse Aspekte des sprachlichen Verhaltens der Kinder mögliche Anregungen gegeben. Ohne eine reduktionistische Erklärung der Gründe für die Irrtümer des voroperatorisch denkenden Kindes anzunehmen, wird man von der wichtigen Rolle beeindruckt sein, die die Sprache als Vermittlerin der Veränderungen, die in dieser Periode stattfinden, spielen muß. Das Kind, das die Konstanz erklärt, indem es sich des Argumentes bedient: „Sie haben nichts hinzugefügt, und Sie haben nichts weggenommen“, gebraucht in der Tat die Sprache, um ein Urteil zu begründen. Ebenso wird ein Kind sehr im Vorteil sein, das bei einer Klassifikationsaufgabe sprachliche Ausdrücke zur Verfügung hat, besonders wenn es diejenigen zur Verfügung hat, die Klassenbegriffe selbst bezeichnen (z. B. „Farbe“, „Form“, „Zahl“). Um systematisch eine Gruppe von Objekten zu gruppieren, wird es vor allem dann einen Vorteil haben, wenn es über mehr als ein einziges Kriterium der Klassifikation verfügt, sei es simultan oder sei es sukzessiv. Infolgedessen würde ein sprachliches Repertoire, das das Kind spontan gebraucht und das sich auf gewisse Begriffe der Klasse, der Relation oder der Zahl oder sogar auf Begriffe der Operationen selbst („Zusammenzählen“,

„Ordnen“, „Messen“) bezieht, für die diese Begriffe relevant sind, sicherlich von größter Bedeutung sein.

4. *Spieleerische Aktivitäten usw.*: Schließlich können wir auf einer noch viel allgemeineren Ebene eine Gruppe von Aktivitäten in Betracht ziehen, die potentiellen Bezug zur kognitiven Entwicklung haben und denen die Kinder mit Freude nachgehen, da sie zu den spielerischen Aktivitäten gehören. Konstruktionsspiele, Puzzlespiele, Zeichnen und andere Aufgaben, die sie sich stellen — „erzieherische Spielzeuge“, die eigens wegen ihrer möglichen intellektuellen Stimulation entwickelt wurden —, beeinflussen möglicherweise ihre geistige Entwicklung, und zwar in ganz allgemeinem, aber auch gleichzeitig in spezifischem Sinn. In einem allgemeinen Sinn, weil diese Spiele das Kind in einer auf ein bestimmtes Ziel gerichteten Aktivität ganz in Anspruch nehmen und es zwingen, sich auf bestimmte Aspekte der es umgebenden Reize zu konzentrieren, die es darum beachtet, weil sie sich auf das Spiel beziehen. Was die spezifische Bedeutung anbelangt, so muß diese natürlich der spezifischen Situation entsprechend analysiert werden. Im Falle der Konstruktionsspiele z. B. spielen zusätzlich zu den Schemata der Form und der räumlichen Beziehungen wenigstens implizit das Zählen, die Seriation und sogar das Messen und Klassifizieren eine Rolle.

IV. Folgerungen für die Forschung

Die Analyse des Problems der Erfahrung in bezug auf die geistige Entwicklung des Kindes, die wir hier vorgenommen haben, soll nicht einfach eine akademische Übung sein, denn sie hat auch sehr konkrete Folgerungen für eine Bereicherung der Methoden, die man heute bei der Untersuchung dieses Problems verwendet. Eine knappe Skizze dieser Folgerungen, wie sie in ein Erkundungsexperiment eingegangen sind, das gegenwärtig an der Clark-Universität läuft, kann hier sehr nützlich sein; sie ersetzt gleichzeitig die Zusammenfassung der Hauptthesen, die wir bei der Neuformulierung der Probleme angesprochen haben.

Nehmen wir wahllos eine Gruppe von Kindern etwa im Alter von fünf bis sieben Jahren und beobachten sie während eines ausreichend bemessenen Zeitraums, der uns die wichtigsten Veränderungen in ihrer geistigen Entwicklung zu beobachten erlaubt. Zu Beginn wählt man eine Anzahl von Aufgaben, die dazu bestimmt sind, mehrere Begriffe aus dem Bereich der konkreten Operationen zu diagnostizieren, deren Erwerb für diese Zeit typisch ist und die die Bereiche der Klassifizierung, der Konstanz der Zahl, der Seriation, des Messens usw. decken. Nach ein bis zwei Jahren legen wir den Kindern wieder Tests vor. Wir wollen erfahren,

wie die Kinder zu charakterisieren sind, die während dieser Zeit die stärksten und nachhaltigsten Veränderungen zeigen, im Vergleich zu jenen, deren Veränderungen weniger deutlich und weniger beständig sind. (Das Problem der Konsistenz der Veränderungen in den verschiedenen Dimensionen des Bereichs der konkreten Operationen ist natürlich an sich schon von Interesse, und ein Beitrag zu diesem Problem kann von den geplanten Longitudinaluntersuchungen erwartet werden.)

Um auf diese Frage eine Antwort zu finden, setzt man die im Verlauf der Tests festgestellten Veränderungen in der kognitiven Entwicklung mit den Informationen in Beziehung, die man über die sprachlich-begriffliche Entwicklung des Kindes erhalten hat, soweit das Kind spontan Operationen der Klassifizierung, des Messens, der Seriation und des Aufzählens ausführt; ferner ist auch die Art der Interessen, die es in seinen Spielen zeigt, der Grad seiner Beteiligung an Aktivitäten des Problemlösens und anderer Dinge der gleichen Gattung von Bedeutung. Diese letzteren Informationen erhält man, wenn man das Kind zu Hause direkt beobachtet oder die Eltern befragt.

Abschließend sollte hervorgehoben werden, daß wir im Laufe unserer Auseinandersetzung das Schwergewicht hauptsächlich auf die „natürliche“ Erfahrung des Kindes gelegt haben, nicht um die Versuche zu ersetzen, die unternommen wurden, die geistigen Veränderungen mittels kontrollierter experimenteller Prozeduren auszulösen, sondern um sie zu ergänzen. Es ist sicher, daß die durch eine derartige Untersuchung erbrachten Informationen wertvolle Angaben für die Lernbedingungen liefern können, die von theoretischen Gesichtspunkten aus als die wirksamsten und zugleich relevantesten anzusehen sind. Unser Insistieren auf diesem Punkt ist auch zu vereinbaren mit der Annahme, daß der Erwerb dieser Begriffe oder der geistigen Fähigkeiten durch ein geeignetes Training begünstigt werden kann. Diejenigen, die solche erzieherischen Maßnahmen vornehmen, sei es, daß sie vor allem den psychologischen Prozeß der Entwicklung der geistigen Funktionen des Kindes explorieren wollen, sei es, daß sie vorwiegend ein pädagogisches Interesse verfolgen, sollten nicht die wichtige Frage aus den Augen verlieren, was denn durch ein spezifisches Übungs- oder Unterrichtsprogramm gelernt wird. Das ist sicher keine neue Frage, aber sie ist von ganz besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit der Entwicklung der Begriffe, die im Mittelpunkt des Systems Piagets stehen, mit allem Reichtum und aller Komplexität der strukturellen Verzweigungen.

Literaturverzeichnis

- Aebli, H.
Aebli, H.
Aebli, H.
Aebli, H.
Aebli, H.
Dieckmann, H.
Aebli, H.
Mellin, A.
Aebli, H.
Will, I.
Apostel, L.
Ausubel, D. P.
Beilin, H.
Beilin, H.
Kagan, J.
Rabinowitz, R.
Berlyne, D. E.
Berlyne, D. E.
Bergius, R.
Braine, M. D. S.
Shanks, B. L.
Brison, D. W.
Bereiter, C.
Bruner, J. S.
Elkind, D.
Engelmann, S.
Didactique psychologique. Neuchâtel, 1951.
Die geistige Entwicklung des Kindes. Stuttgart, 1963 (a).
Psychologische Didaktik. Stuttgart, 1963 (b).
Entwicklung als Funktion von Anlage, Reifung, Umwelt- und Erziehungsbedingungen. In: H. Roth (Hrsg.): Begabung und Lernen. Stuttgart, 1969.
Über das Lernen eines „operatorischen“ Begriffs der Dauer bei zwei Bewegungen gleicher Dauer und verschiedener Länge. Berlin, 1964, Unv. Manuskript.
Vorhersage und Urteil über Mengeninvarianz. Berlin, 1964, Unv. Manuskript.
Eine Untersuchung über die Bildung des Zeitbegriffs beim Kinde. Berlin, 1965, Unv. Manuskript.
Logique et apprentissage. In: L. Apostel, A. Jonckheere et B. Matalon: Logique, apprentissage et probabilité. Etudes d'épistémologie génétique. Paris, 1959, 8, 1–138.
Educational psychology. A cognitive view. New York, 1969.
Learning and operational convergence in logical thought development. J. Exp. Child Psychol., 1965, 2, 317–339.
Effects of verbal and perceptual training on water level representation. Child Developm., 1966, 37, 317–327.
Conflict, arousal and curiosity. New York, 1960.
Structure and direction in thinking. New York, 1965.
Analyse der Begabung: Die Bedingungen des intellektuellen Verhaltens. In: H. Roth (Hrsg.): Begabung und Lernen. Stuttgart, 1969.
The Development of conservation of size. J. Verb. Learn. Verb. Behav., 1965, 4, 227–242.
Acquisition of conservation of substance in normal, retarded, and gifted children. Recent Research on the Acquisition of Conservation of Substance. Ontario Institute for Studies in Education, 1966. Educational Research Series No. 2, 53–71.
The course of cognitive growth. Americ. Psychol., 1964, 19, 1–15.
Children's discovery of the conservation of mass, weight, and volume: Piaget Replication Study II. J. genet. Psychol., 1961, 98, 219–227.
Cognitive structures related to the principle of conservation. Recent Research on the Acquisition of Conservation of Substance. Ontario Institute for Studies in Education, 1966. Educational Research Series No. 2, 25–71.

- Feigenbaum, K. D. Piaget's problem of conservation of discontinuous quantities: A teaching experience. *J. Genet. Psychol.*, 1964, 105, 91-97.
- Flavell, J. H. The developmental psychology of Jean Piaget. New York, 1963.
- Flavell, J. H. Formal and functional aspects of cognitive development. In: Elkind, D. and Flavell, J. (eds.): *Studies in cognitive development*. New York, 1969.
- Wohlwill, J.
- Furth, H. Thinking without language. New York, 1966.
- Gelman, R. Conservation acquisition: A problem of learning to attend to relevant attributes. *J. Exp. Child Psychol.*, 1969, 7, 167-187.
- Goldschmid, M. Different types of conservation and nonconservation and their relation to age, sex, IQ, MA and vocabulary. *Child Developm.*, 1968, 39, 1229-1246.
- Goodnow, J. A test of milieu effects with some of Piaget's tasks. *Psychol. Monogr.*, 1962, 76, (36).
- Goodnow, J. Cultural variation in cognitive skills. *Cognitive Studies*, 1968, 1.
- Gréco, P. L'apprentissage dans une situation à structure opératoire concrète: Les inversions successives de l'ordre linéaire par des rotations de 180°. In: P. Gréco and J. Piaget: *Apprentissage et connaissance. Etudes d'épistémologie génétique*. Paris, 1959, 7, 68-182.
- Gruen, G. Experiences affecting the development of number conservation in children. *Child Developm.*, 1965, 36, 963-979.
- Hall, V. C. Conservation and equilibration theory. *J. Gen. Psychol.* Im Druck.
- Kingsley, R.
- Hatwell, Y. A propos des notions d'assimilation et d'accommodation dans les processus cognitifs. In: *Psychologie et épistémologie génétiques. Thèmes Piagétiens*. Paris, 1966.
- Hörmann, H. Psychologie der Sprache. Berlin, 1967.
- Hooper, F. H. Piaget's conservation tasks: The logical and developmental priority of identity conservation. *J. Exp. Child Psychol.*, 1969, 8, 234-249.
- Hunt, J. McV. Intelligence and experience. New York, 1961.
- Inhelder, B. Développement, régulation et apprentissage. In: *Psychologie et épistémologie génétiques. Thèmes Piagétiens*. Paris, 1966.
- Inhelder, B. Développement et apprentissage. *Schweiz. Ztschr. Psychol., Anw.*, 1967, 26, 1-23.
- Bovet, M.
- Sinclair, H. Research designs in the study of developmental problems. In Mussen, P. H.: *Handbook of Research Methods in Child Development*. New York, 1960, 36-70.
- Kessen, W.
- Kimble, G. A. Hilgard and Marquis' Conditioning and learning. New York, 1961.
- Kingsley, R. C. Training conservation through the use of learning sets. *Child Developm.*, 1967, 38, 1111-1126.
- Hall, V. C.
- Kofsky, E. A scalogram study of classificatory development. *Child Developm.*, 1966, 37, 191-204.
- Kohnstamm, G. A. An evaluation of part of Piaget's theory. *Acta Psychol.*, 1963, 21, 313-356.
- Kohnstamm, G. A. Experiments on teaching Piagetian thought operations. Paper read at the Conference on Guided Learning. Education Research Council of Greater Cleveland, 1966.
- Kohnstamm, G. A. Teaching Children to Solve a Piagetian Problem of Class Inclusion. Amsterdam, 1967.
- Lasry, J. C. Apprentissage empirique de la notion d'inclusion. *Human Developm.*, 1969, 12, 141-153.
- Laurendzen, M. A study of the concept of conservation of substance in the junior school child. *Brit. J. educ. Psychol.*, 1960, 30, 108 bis 118.
- Lovell, K.
- Ogilvie, E. Lack of formal schooling and acquisition of conservation. *Child Developm.*, 1967, 38, 39-52.
- Mermelstein, E. Der Faktor der Mobilität in Piaget's Theorie der kognitiven Entwicklung. In: Merz, F. (ed.): *Ber. 25. Kongr. f. P., Göttingen*, 1967, 390-395.
- Shulman, L.
- Montada, L. Über die Funktion der Mobilität in der kognitiven Entwicklung. Stuttgart, 1968.
- Montada, L. Anschaulichkeit. Eine entwicklungspsychologische Deutung. Konstanz, 1970.
- Montada, L. Entwicklung und Lernen. *Schweiz. Ztschr. Psychol. Anw.*, 1970, 29, Im Druck.
- Montada, L. Lernen der Zahlkonstanz durch Analogie, Reversibilität, kognitiven Konflikt und Mobilität. Konstanz, 1970.
- Schulze, H.
- Morf, A. Apprentissage d'une structure logique concrète (inclusion): effets et limites. In A Morf, J. Smedslund, Vihn-Bang et J. F. Wohlwill: *L'apprentissage des structures logiques. Etudes d'épistémologie génétique*. Paris, 1959, 9, 15-83.
- Murray, F. B. Cognitive conflict and reversibility training in the acquisition of length conservation. *J. Educ. Psychol.*, 1968, 59, 82-87.
- Oevermann, U. Schichtenspezifische Formen des Sprachverhaltens und ihr Einfluß auf die kognitiven Prozesse. In H. Roth (Hrsg.): *Begabung und Lernen*, Stuttgart, 1969.
- Ojemann, R. H. Piaget and the role of guided experiences in human development. *Percept. Motor Skills*, 1963, 17, 927-940.
- Pritchett, K. L'apprentissage de la quantification de l'inclusion et la théorie opératoire. *Acta Psychol.*, 1966, 25, 334-356.
- Pascual-Leone, J. Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant. Paris, 1946.
- Bovet, M. C.
- Piaget, J. Psychologie der Intelligenz. Zürich, 1947.
- Piaget, J. Die Entwicklung des Zeitbegriffs beim Kinde. Zürich, 1955.
- Piaget, J. Logique et équilibre dans le comportement de sujet. In L. Apostel, B. Mandelbrot, et J. Piaget: *Logique et équilibre. Etudes d'épistémologie génétique*, 2, Paris, 1957.
- Piaget, J. Le rôle de la notion d'équilibre dans l'explication en psychologie. *Acta Psychol.*, 15, 1959.
- Piaget, J. Apprentissage et connaissance. In J. Piaget (ed.): *Etudes d'épistémologie génétique*, Paris, 1959, 7, 21-67.

- Piaget, J. Apprentissage et connaissance. In M. Goustard, P. Gréco, B. Matalon and J. Piaget: *La Logique des apprentissages. Etudes d'épistémologie génétique*. Paris, 1959, 10, 159-183.
- Piaget, J. Structure et genèse en psychologie de l'intelligence. In J. Piaget: *Six études de psychologie*. Genève, 1964.
- Piaget, J. Das Erwachen der Intelligenz. Stuttgart, 1959.
- Piaget, J. Nachahmung, Spiel und Traum. Stuttgart, 1970.
- Piaget, J. De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, 1955.
- Inhelder, B. La genèse des structures logiques élémentaires: classifications et sériations. Neuchâtel, 1959.
- Piaget, J. Les opérations intellectuelles et leur développement. In P. Fraisse et J. Piaget: *Traité de psychologie, VII, L'intelligence*. Paris, 1963.
- Inhelder, B. Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe. Stuttgart, 1969.
- Piaget, J. Die Entwicklung des Zahlbegriffs beim Kinde. Stuttgart, 1965.
- Szeminska, A. The training of conservation of number in young children. *Child Developm.*, 1969, 40, 707-726.
- Rothenberg, B. A training procedure for acquisition of Piaget's conservation of quantity: A pilot study and its replication. *Brit. J. Educ. Psychol.*, 1966, 36, 301-311.
- Orost, J. H. Acquisition du langage et développement de la pensée. Paris, 1966.
- Sigel, I. Die Reversibilität in der geistigen Entwicklung. Stuttgart, 1968.
- Roeper, A. The acquisition of conservation of substance and weight in children (I). Introduction. *Scand. J. Psychol.*, 1961, 2, 11-20.
- Hooper, F. The acquisition of conservation of substance and weight in children (II). External reinforcement of conservation of weight and the operation. *Scand. J. Psychol.*, 1961, 2, 71 bis 84.
- Sinclair de Zwart, H. The acquisition of conservation of substance and weight in children (III). Extinction of conservation of weight acquired „normally“ and by means of empirical controls on a balance. *Scand. J. Psychol.*, 1961, 2, 85-87.
- Seiler, B. The acquisition of conservation of substance and weight concept. *Scand. J. Psychol.*, 1961, 2, 153-155.
- Smedslund, J. The acquisition of conservation of substance and weight in children (V). Practice in conflict situations without external reinforcement. *Scand. J. Psychol.*, 1961, 2, 156-160.
- Smedslund, J. The acquisition of conservation of substance and weight in children (VI). Practice on continuous versus discontinuous material in conflict-situations without external reinforcement. *Scand. J. Psychol.*, 1961, 2, 203-210.
- Smedslund, J. The acquisition of conservation of substance and weight in children (VII). Conservation of discontinuous quantity and the operations of adding and taking away. *Scand. J. Psychol.*, 1962, 3, 69-77.

- Smedslund, J. Patterns of experience and the acquisition of conservation of length. *Scand. J. Psychol.*, 1963, 4, 257-264.
- Smedslund, J. Les origines sociales de la décentration. In *Psychologie et épistémologie génétiques. Thèmes Piagetiens*. Paris, 1966.
- Sullivan, E. V. Experiments in the acquisition of conservation of substance: an overview. Recent Research on the Acquisition of Conservation of Substance, Ontario Institute for Studies in Education, 1966. Educational Research Series No. 2, 1-10.
- Thomae, H. Entwicklungsbegriff und Entwicklungstheorie. In H. Thomae (Hrsg.): *Entwicklungspsychologie. Handbuch der Psychologie*, Bd. 3., Göttingen, 1959.
- Wallach, L. Inducing number conservation in children. *Child Developm.*, 1964, 35, 1057-1071.
- Sprott, R. L. Number conservation: The roles of reversibility, addition-subtraction, and misleading perceptual cues. *Child Developm.*, 1967, 38, 425-442.
- Wallach, L. Vers une reformulation du rôle de l'expérience dans le développement cognitif. In *Psychologie et épistémologie génétiques. Thèmes Piagetiens*. Paris, 1966.
- Anderson, L. Experimental analysis of the development of the conservation of numbers. *Child Developm.*, 1962, 33, 153-167.
- Wohlwill, J. The development of conservation and differentiation of numbers. *Monogr. Soc. Res. Child Developm.*, 1966, 31, (6).
- Wohlwill, J. F.
- Lowe, R. C.
- Zimiles, H.

Sachregister

Abbildtheorie 33, 73, 152, 162
 Abfolge 15 f., 37, 43, 59, 91, 102 ff., 180 f.
 Abstraktion 33 f., 151
 Akkommodation 45 f., 48 f., 85 f., 89 f.
 Analogie als Lernerleichterung 184 ff.
 Animismus 49 f.
 Äquilibration, -stheorie 11, 21 ff., 31 f., 36 ff., 42 ff., 62, 65 f., 68 ff., 91 f., 115 ff., 117 ff., 123 ff., 162, 165, 170, 173 ff., 185 f., 192 f., 195, 218 f.
 arithmetisches Denken 73 f.
 Artifizialismus 49 f.
 Assimilation, -sschema 22, 30, 38 ff., 46 f., 82 ff., 86, 152 ff., 158, 185 ff., 215 f.
 Assoziativität 51, 53 f., 60, 98 ff., 154, 156 f.
 Automatismus: s. Lernen von Gewohnheiten
 Begriffsdifferenzierung 196 ff., 207 ff.
 Beweglichkeit des Denkens: s. Mobilität
 Bewußtheit 133 f.
 Deduktion versus Lernen, Induktion 65, 68
 Derivationshypothese: s. a. Abfolge, Konstruktionsprozeß 20, 131, 150, 175 ff., 185 f.
 Dezentrierung: s. Regulation
 Elaborationshypothese 42 f.
 Entwicklung
 als Gleichgewichtsprozeß: s. Äquilibration
 als Lernprozeß 15 f., 17 ff., 58 ff., 60
 „natürliche“ E. 149, 186, 193, 214 f., 218 ff., 234, 238 f.
 -stheorien 58 ff., 107 ff., 146
 Erfahrung,
 gelenkte E. 149, 186, 214 f., 218 ff.
 spontane E. 160 f., 216
 Fehleranalyse 176 ff.

Generalisation und Assimilation 82 ff.
 geometrisches Denken 73 ff.
 Gleichgewicht 21 ff., 32, 47, 50 ff., 63, 112 ff., 115 ff., 136, 144 ff., 165 f.
 Gleichgewichtsfeld 119, 127, 129
 Gleichgewichtsstörung 22 ff., 26, 31 f., 34 ff., 37 ff., 62 f., 92, 113 f., 115, 164 f., 173 f., 188 f., 195 f., 216, 218 f.
 Gruppe 62, 100, 102 ff., 110 ff.
 Gruppierung 50 ff., 100, 111
 Handlungsfeld: s. a. Gleichgewichtsfeld 18, 24 ff., 164 f., 182
 Induktion versus Lernen 65, 67
 Inklusion 39, 52, 112, 154 f., 159 ff., 167 ff., 174, 215 ff., 224, 228
 Interesse 85 ff., 89 ff.
 Klassifikationsverhalten 25 f., 50 ff., 91, 228 ff.
 Konflikt: s. Gleichgewichtsstörung
 Konflikt als didaktische Maßnahme 162, 165, 173 ff., 188 f., 192 ff., 197 ff.
 Konstruktionsprozeß 111, 123, 150
 Konstruktivismus 16, 20, 45, 151, 185
 Längenkonstanz 200 f., 209 f.
 Lernen
 L. durch empirische Feststellungen 33 f., 159 f., 197, 203 ff.
 L. von Formen vs. L. von Inhalten 70, 92
 L. von Gewohnheiten vs. L. von Operationen 39, 70, 82 ff., 93 ff., 130, 154 f., 175 ff., 202 f., 206 f.
 L. „sensu lato“ 66 ff., 92 f.
 L. „sensu stricto“ 64 f., 76 f.
 Lernexperiment u. Entwicklung 234 ff.
 Lern-Set 209 ff.
 Lerntheorien
 Äquilibrationstheorie 31, 36 ff., 62 ff., 147, 192 ff.
 empiristische L. 28 ff., 58 ff., 72 ff., 151

sensualistische L. 32 ff., 72 ff., 149 ff., 159
 S-R-Theorien 28 ff., 97 ff., 132, 160
 soziales Lernen 60 f.
 Lernvoraussetzungen 15 f., 31 f., 43 f., 131, 175 ff., 180 f.
 Medien der Darstellung 220, 222 ff., 230
 Mengenkonstanz 16 f., 123 ff., 148, 164 ff., 175 ff., 179 f., 213 ff., 226 ff., 232 f.
 Voraussetzungen für M. 176 ff., 179 ff., 226 ff.
 Mobilisierung 131, 164 ff., 228, 230 f.
 Mobilität 25 f., 44 f., 51 ff., 98, 122 f., 127, 131, 164 ff., 228 f.
 Multiplikation, logische 17, 42, 165 ff.
 Operation 50 ff., 54, 58 ff., 63, 72 ff., 77, 80 f., 93 ff., 97 ff., 102 ff., 153, 203
 und Automatismus 93 ff., 202 ff.
 als verinnerlichte Handlung 72 f.
 Operationssysteme: s. a. Gruppe, Gruppierung, Struktur 130 f., 158, 203
 Operatorisches Üben 54, 150 ff., 155 ff.
 Pendelproblem 18, 23, 34, 44, 55, 102 ff.
 Permanenz 25, 120, 129 f.
 Regulation 44 f., 111, 118, 131, 137 ff., 165 ff., 171 ff.
 Reifung 14 f., 27 f., 57 f.
 Relation 90
 Repräsentanten für Begriffe 199, 208 f., 232
 retour empirique 133, 136
 Retroaktion 118, 128 f.
 Reversibilität 51 ff., 60, 98 ff., 105, 114, 118, 130 ff., 154, 156, 170
 logische R. 131, 135 f., 170 ff.
 als Negation 103 ff., 109 ff., 131 f., 135

psychologische R. 132, 136 f., 171
 als Reziprozität 103 ff., 109 ff., 131 f., 135
 Reversibilitätstraining 182 ff.
 Schlußformen 235
 Sensomotorisches Lernen: s. Lernen von Gewohnheiten
 Sequenz: s. Abfolge
 shaping 48
 Sprache und Kognition 60 f., 220 ff., 231 f.
 Sprache und Konstanzbegriffe 226 ff., 231 f.
 Stabilität 21, 25 f., 26, 113, 115, 117 ff., 129 f.
 Struktur 17 ff., 46 f., 106 ff., 116
 als Gesamtsystem 24, 100, 104, 111, 157
 sprachliche versus operatorische Struktur 60 f., 222 ff.
 Strukturanalyse von Entwicklungssequenzen 16 f., 20, 130 f., 149, 192, 243
 versus Funktionsanalyse 20
 Symbolfunktion 49, 61, 222 ff.
 Transfer 19 f.
 gelenkter Transfer 184 ff., 189, 191
 Transitivität 67
 Verinnerlichung 76 f., 80 f., 153
 Verschiebung 19, 187, 217
 Verstärkungstheorie 31 f., 89 f.
 Vorstellungsbild 72 ff., 152
 Widersprüchlichkeit: s. Gleichgewichtsstörung
 Widerspruchsfreiheit: s. Gleichgewicht
 Zahlbegriff 74 ff., 188 f., 197 ff., 209 f.
 Zeitbegriff 208 f.
 Zirkulärreaktion 71, 86, 91 f., 195,

Weitere Literatur zur Lernpsychologie:

Jerome S. Bruner
Rose R. Olver
Patricia M. Greenfield u. a.

Studien zur kognitiven Entwicklung

Eine kooperative Untersuchung am „Center for Cognitive Studies“ der
Harvard-Universität

Aus dem Amerikanischen von Gertrud Juzi und Hans Aebli

Mit einer Einführung von Hans Aebli

In Herstellung

(92 155)

Ernest R. Hilgard
Gordon H. Bower

Theorien des Lernens

Herausgegeben von Hans Aebli und Hans-Eberhard Zahn

Aus dem Amerikanischen von Hans-Eberhard Zahn

Mit einer Einführung von Hans Aebli

Band I 367 S., 50 Abb., 13 Tab., Linson 32,— DM

(92 379)

Band II mit einem umfangreichen Register und eingearbeitetem Glossar
von H.-E. Zahn

ca. 400 S., 45 Abb., 9 Tab., Linson

In Herstellung

(92 380)