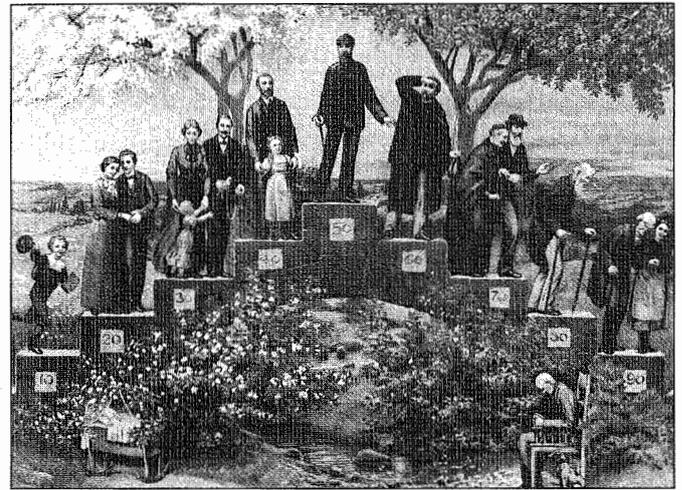


Oerter/Montada Entwicklungs- psychologie

2., neu bearbeitete Auflage



E. K. Beller, S.-H. Filipp, H. Grimm, A. Hildeschmidt,
E. Hoff, W. Hussy, P. Kastner, E. Olbrich, F. Petermann,
H. Rauh, U. Schmidt-Denter, M. Schuster,
K. Schneewind, R. K. Silbereisen, T. B. Seiler,
W. Wannemacher

Psychologie Verlags Union

2069
1

Kapitel 11

Gedächtnis und Wissen

Rolf Oerter und Martin Schuster-Oeltzschner

Kapitel 12

**Sprachentwicklung: Voraussetzungen,
Phasen und theoretische Interpretationen**

Hannelore Grimm

Kapitel 13

**Entwicklung der Motivation
und Handlungssteuerung**

Rolf Oerter

Kapitel 14

**Soziale Kognition
Entwicklung von sozialem Wissen
und Verstehen**

Rainer K. Silbereisen

Kapitel 15

Entwicklung der Moral

Leo Montada

Kapitel 8

**Die geistige Entwicklung aus
der Sicht Jean Piagets**

Leo Montada

1. Einführung

Die philosophische Erkenntnistheorie sucht nach Antworten auf die Fragen nach den Voraussetzungen und Methoden des Erkennens, nach ihrer Gültigkeit, nach ihren Grenzen. Alle Erkenntnistheorien machen Annahmen über psychologische Prozesse wie Wahrnehmen, Erinnern, Begriffsbildung, Urteilen und Schlußfolgern. Warum sollte man sich, fragte Piaget Anfang der 20er Jahre dieses Jahrhunderts, mit einer spekulativen oder intuitiven Psychologie begnügen, wenn diese Erkenntnis-Prozesse selbst zum Gegenstand erfahrungswissenschaftlicher Forschung gemacht werden können?

Es war Piagets Überzeugung, daß die entwicklungspsychologische Forschung besonders aufschlußreich sein würde (Piaget 1970b). Alle psychologischen Voraussetzungen des Erkennens haben eine Entwicklung: z. B. die sinnliche Wahrnehmung, die Kategorien Raum und Zeit, die Mengen- und Zahlkonzepte, die logischen Verknüpfungen, die Strategien der Induktion und Deduktion, die Kausalitätskonzepte. Alle entwickeln sich in Etappen mit deutlich unterscheidbaren Niveaus der Leistung. Das Kind erkennt anders und auf andere Weise als der Jugendliche oder der Erwachsene; der Wissenschaftler verfügt über andere Methoden der Erkenntnisgewinnung als der Laie.

2. Vier Hauptstadien der geistigen Entwicklung

Piaget war von den Denkfehlern der Kinder fasziniert, weil sie eine bestimmte Form oder Struktur des Denkens erkennen lassen. Besonders eindrucksvoll sind die Fehler in der Periode zwischen dem zweiten Lebensjahr und dem Schuleintritt. Das Kind kann sich bereits sprachlich äußern. Man kann aus seinen sprachlichen Äußerungen die Art seines Denkens, seine Einsichten in Probleme, seine Sicht von der Welt, von seinen Mitmenschen und von sich selbst erschließen. Diese Periode bezeichnet Piaget als das *Stadium des voroperatorischen, anschaulichen Denkens*. Auf eine Differenzierung dieses Stadiums wird hier verzichtet.

Diesem Stadium geht eine *sensumotorische Entwicklung* und die *Entwicklung der Darstellungsfunktionen*, zu welchen auch die Sprache zählt, voraus.

Das voroperatorische Denken wird abgelöst vom *Stadium der konkreten Operation*. Etwa vom 10. Lebensjahr an entfaltet sich das *Stadium der formalen Operationen*, das einen Endpunkt der geistigen Entwicklung darstellt.

Sensumotorische Entwicklung

Piaget sah seine Lebensaufgabe darin, die höchsten Erkenntnisleistungen des Menschen durch die Analyse ihrer Genese mit den Anfängen zu verknüpfen. In der sensumotorischen Entwicklung während der ersten zwei Lebensjahre suchte er nach den Wurzeln des Denkens (verstanden als innerliches Handeln und Umgehen mit innerlich repräsentierten Gegenständen).

Seine These ist, daß es intelligente Auseinandersetzungen mit der Umwelt gibt, bevor Denken im Sinne des inneren Operierens mit Vorstellungen, Symbolen oder sprachlichen Zeichen möglich ist. Er beschreibt einige Marksteine dieser Entwicklung, wobei er sechs Stufen unterscheidet.

Sechs Stadien der sensumotorischen Entwicklung

1. Stufe: Übung angeborener Reflexmechanismen. Schon bei der Geburt ist der Säugling mit einer Anzahl funktionsbereiter Reflexmechanismen ausgerüstet (z.B. Saug-, Greif-, Schluckreflex usw.). Er kann Dinge anschauen, neue Reize von gewohnten unterscheiden, Geräuschen lauschen, lächeln, sich zu- und abwenden usw. (vgl. Kap. 3). Das angeborene Verhaltensrepertoire wird auf dieser ersten Stufe geübt. Üben führt zur Konsolidierung der gegebenen Schemata und zu deren Anpassung an die Umwelt, also bereits zu ihrer Differenzierung: Das Saugen an der

Mutterbrust ist etwas anderes als das Saugen an der Flasche und am Daumen; das Saugen zur Nahrungsaufnahme ist zu unterscheiden vom spielerischen Saugen usw.

2. Stufe: Primäre Kreisreaktionen. Eine Handlung, die zu einem angenehmen Ergebnis geführt hat, wird wiederholt. Die ersten Fähigkeiten und Gewohnheiten bilden sich aus. Ist es dem Säugling zufällig gelungen, eine Kinderrassel zu greifen, so wird er das viele Male tun. Ein Säugling schaut farbige oder interessante Muster immer wieder an. Handlungsschemata, wie Saugen, Greifen, einen Gegenstand anblicken, werden auf immer mehr Gegenstände und weitere Umweltbezirke angewandt. Dies nennt Piaget in Anlehnung an biologische Prozesse die generalisierende Assimilation, „Einverleibung“, von Umweltgegebenheiten in die eigenen „Handlungsorgane“.

3. Stufe: Sekundäre Kreisreaktionen. Diese Stufe ist durch eine Differenzierung zwischen Mittel und Zweck gekennzeichnet. Der Säugling entdeckt nun, daß eine bestimmte Handlungsweise immer wieder zu einem Ergebnis führt, daß sie ein Mittel zur Erreichung eines bestimmten Zweckes ist.

Hellgard Rauh (1974, S. 239) illustriert diese Stufe wie folgt: „Etwa ab dem vierten Lebensmonat kann man bei Kindern feststellen, daß sie z. B. nicht mehr strampeln, weil ihnen das Strampeln selbst Freude macht, daß sie also das Handlungsschema nicht mehr aus reiner Funktionslust anwenden. Zufällig stellen sie einen Effekt dieser Handlung fest, z. B. das Klingeln vom Glöckchen am Bett, und sie wiederholen daraufhin ihre Handlung, um den Effekt noch einmal auszulösen oder ihn zumindest andauern zu lassen. Handlung und Effekt werden miteinander verbunden; doch bleibt es manchen Babies lange unklar, was zuerst kommen muß, die Handlung oder die Wirkung. Sie strampeln nicht nur, um das Glöckchen in Bewegung zu setzen, sondern das Klingeln des Glöckchens löst auch ihr Strampeln aus. In einem dritten Entwicklungsschritt variiert es sein Strampeln: Es strampelt mal heftig, mal sachte, nur mit einem oder mit beiden Beinen und beobachtet beinahe fasziniert die Variationen in den Wirkungen, dem Klingeln der Glöckchen.“ Die dritte Form entspricht bereits den tertiären Kreisreaktionen (Stufe 5), der Entdeckung neuer Handlungsschemata durch aktives Experimentieren.

4. Stufe: Die Koordinierung der erworbenen Handlungsschemata und ihre Anwendung auf neue Situationen. Typisch für diese Stufe ist die systematische Anwendung mehrerer Handlungsschemata auf den gleichen Gegenstand. Ein Bauklötzchen wird betrachtet, geschüttelt, geklopft, geworfen, in den Mund gesteckt usw. Das Kind verhält sich so, als wolle es ausprobieren, wozu ein Gegenstand gut sei. Dadurch differenzieren sich die Handlungsschemata weiter, sie werden den Gegenständen angepaßt. Gleichzeitig koordinieren sich verschiedene Schemata: z. B. Greifen und Werfen (was ein Loslassen voraussetzt), Hinkrabbeln, Greifen, An-den-Mund-Führen und Beißen.

5. Stufe: *Tertiäre Kreisreaktionen*: Die Entdeckung neuer Handlungsschemata durch aktives Experimentieren. Das Kind findet nun durch die Koordination von Handlungsschemata zuweilen originelle Mittel, um sich neuen Situationen anzupassen. So mag es die Tischdecke heranziehen, um an ein außer seiner Reichweite auf der Decke liegendes Spielzeug zu gelangen. Es probiert systematisch verschiedene Möglichkeiten aus, einen Ball zu werfen: mit einer Hand, mit beiden Händen, aus geringer Höhe, aus großer Höhe, usw.

6. Stufe: *Übergang vom sensumotorischen Intelligenzakt zur Vorstellung*. Spätestens in der Mitte des zweiten Lebensjahres kann ein Kind offenbar in der Vorstellung die Ergebnisse seiner Handlungen antizipieren. Die Sicherheit des Kindes, ein bestimmtes Ergebnis zu erreichen, drückt sich unter anderem auch mimisch aus. Dieses plötzliche Verstehen hat Karl Bühler treffend als „Aha-Erlebnis“ bezeichnet. Praktisches Probieren ist nicht mehr notwendig. Handlungen scheinen innerlich vollzogen zu werden. Diese *Verinnerlichung von Handlungen* charakterisiert den Übergang zum Denken.

Die sensumotorische Entwicklung des Menschen ist mit diesen von Piaget beschriebenen Etappen noch nicht abgeschlossen. Man denke nur an den Erwerb von Kulturtechniken wie Fahrrad- oder Rollschuhfahren, an handwerkliche Tätigkeiten oder andere spezialisierte Fertigkeiten. Diese Entwicklung verläuft teils parallel, teils aber auch in Verschränkung mit der Entwicklung von Erkenntnissen und dem Aufbau von Wissen.

Schöne Beispiele für das Zusammenspiel von Fertigkeiten und Erkenntnissen liefern jene Beobachtungen, die eine Verbesserung der sensumotorischen Leistung durch Einsicht in Regeln demonstrieren. So sollte der Billardspieler zusätzlich zu der sensumotorischen Stockführung die Reflexionsregeln (Einfallswinkel = Ausfallswinkel) kennen. Wissen um die Flugbahn erhöht neben der sensumotorischen Beherrschung von Pfeil und Bogen die Treffsicherheit des Bogenschützen. Viele sportliche Fertigkeiten, wie z. B. der Skilauf, werden über bestimmte Verhaltensregeln („Talski belasten! Bergschulter vor!“ u. a.) vermittelt, bis die sensumotorischen Fertigkeiten automatisiert sind (Volpert 1981).

Piaget begnügte sich mit der Beschreibung des sensumotorischen Vorspiels der geistigen Auseinandersetzung mit der Welt, sozusagen des „Erwachens der Intelligenz“ (Piaget 1969a).

Entwicklung der Darstellungs- oder Symbolfunktion in der frühen Kindheit

Die sechste Stufe ist durch die innere Repräsentation von Handlungen und ihren Gegenständen gekennzeichnet. Dies ist eine neue Qualität. Piaget hat aber Beobachtungen zusammengetragen, die wichtige Etap-



Jean Piaget
(1896–1980)

pen dieses Verinnerlichungsprozesses markieren, den er als Entwicklung einer Repräsentations- oder Symbolfunktion beschreibt (Piaget 1969b).

Objektpermanenz: Einen ersten Markstein sieht Piaget im Erreichen der sogenannten Objektpermanenz. Etwa zwischen dem sechsten und achten Lebensmonat entdecken die Kinder, daß ein Gegenstand auch dann noch weiter existiert, wenn man ihn nicht mehr sieht. Zeigt man zuvor den Kindern ein interessantes Objekt, so schauen sie es an, greifen danach usw. Versteckt man dieses Objekt vor den Augen des Kindes unter einem Kissen, scheint es seine Existenz zu verlieren: „Aus den Augen, aus dem Sinn“. Erst zwischen dem sechsten und siebten Lebensmonat beginnen Kinder aktiv nach einem versteckten Gegenstand zu suchen, was nach Piaget anzeigt, daß sie eine innere Repräsentation dieses Gegenstandes haben: Sucht man nach einem Gegenstand, so muß er als Suchziel innerlich repräsentiert sein (siehe Kap. 3, S. 167–172).

Nachahmungsverhalten: Das Beobachten einer Handlung bei einem anderen kann nur dann zu einer Nachahmung führen, wenn die Beobachtung innerlich als Modell, sei dieses nun fehlerhaft oder korrekt, repräsentiert wird. Für Piaget ist insbesondere die zeitlich verzögerte Nachahmung ein Indiz für den Aufbau einer inneren Repräsentation des beobachteten Verhaltens. Viele Handlungen und Ereignisse, die das Kind beobachtet, sind zu komplex, als daß es sie innerlich repräsentieren könnte, es kann sie dann auch nicht nachahmen. Dies ist in allen späteren Lebensperioden nicht anders: Ein dreijähriges Kind ist nicht in der Lage, einen Satz, etwa einen Passivsatz, nachzusprechen, dessen gram-

matische Struktur es noch nicht aufgebaut hat (vgl. Kap. 12). Es kann diesen Satz nicht repräsentieren, also auch nicht reproduzieren. Auch Erwachsene können nur jene Handlungen nachahmen, die ihren eigenen Kompetenzen nicht zu weit vorgreifen.

Symbolhandlungen: Eine dritte Linie der sukzessiven Entwicklung einer Repräsentationsfunktion verfolgt Piaget in jenen Aktivitäten, die eine Darstellung einer Handlung beinhalten. Schlüsselbeobachtungen sind etwa folgende: „Mit 0;10¹⁾ bis 0;11 brachte das Öffnen und Schließen meiner Augen keine Reaktionen bei L. Mit 0;11(5) aber, als ich die Augen schloß und öffnete, öffnete und schloß sie ihre Hand, langsam und systematisch. Dann, ebenfalls systematisch und langsam, öffnete und schloß sie den Mund (...)“ (Piaget 1969b, S. 60f.). Dies ist eine symbolische Darstellung des Öffnens und Schließens der Augen.

Ein anderes Beispiel liefert J., die das Öffnen und Schließen einer Streichholzschachtel beobachtet. Als sie will, daß die Streichholzschachtel sich wieder öffnet, öffnet und schließt sie statt dessen den Mund.

Bei manchen spielerischen Handlungen des ersten Lebensjahres läßt sich eine Darstellungsabsicht deutlich erkennen: z. B. wenn das Kind „Schlafen“ spielt und am hellichten Tag ein Kissen nimmt und kurze Zeit den Kopf darauf legt, oder wenn es, statt zu essen, nur entsprechende Mundbewegungen macht.

Die Verinnerlichung taucht also nicht erst schlagartig auf der sechsten Stufe auf, wenn das Lösen von Problemen im Kopf und antizipatorische Lösungen möglich werden. Sie hat Vorläufer, sie hat eine Entwicklung, die allerdings in ihren einzelnen Etappen weniger präzise beschrieben ist. Auch die Sprache in ihrer Repräsentationsfunktion wird so funktional vorbereitet.

Die Repräsentationsfunktion kann sich verschiedener Medien bedienen. Man kann etwas durch Handlung darstellen, durch bildhafte Symbole und durch Sprache (Bruner 1964). Die Darstellung in allen diesen Medien entwickelt sich weiter; die ersten Leistungen sind schon in der frühen Kindheit nachweisbar.

Voroperatorisches, anschauliches Denken

Wir werden jeweils anhand einiger Beispiele die wichtigsten Charakteristiken des voroperatorischen Denkens herausarbeiten.

Unangemessene Generalisierungen

Wir wählen exemplarisch einige Beobachtungen über die Genese des Weltbildes und der Kausalerklärungen, die in Nachahmung, Spiel und Traum (Piaget 1969b) geschildert sind.

¹⁾ Piaget gibt immer das Lebensjahr und durch Semikolon getrennt den Monat der Beobachtung an.

Mit 4;6 sagt J.: „Die Wolken gehen sehr langsam, weil sie keine Füße und Beine haben: Sie machen sich lang wie Würmer und die Raupen, daher gehen sie so langsam.“ (S. 317)

Noch mit 6;5 sagt sie, als die Tür des Hühnerstalles vom Wind zugeschlagen wird und sie vor Schreck aufschreit: „Er ist böse, der Wind, er macht uns Angst.“ „Aber nicht absichtlich?“ „Doch absichtlich. Er ist böse, er hat gesagt, daß wir böse wären.“ „Aber weiß der Wind, was er tut?“ „Er weiß, daß er bläst.“ (S. 317)

Mit 3;6 fragt J. ihre Großmutter, indem sie ihre Augen, ihre Nase usw. berührt: „Wie wird das gemacht, die Großmutter? Hast du dich selbst gemacht?“ Danach: „Hat sie sich selbst gemacht? Wer hat sie gemacht?“ Einige Tage später: „Wie haben sich die Babys gemacht?“ Später: „Wie werden die Kinder gemacht?“ (S. 311)

Mit 4;2 auf dem Salève (einem Berg): „Man hat sie dahin getan, die Felsen. Das sind sehr starke Leute, die sie hingestellt haben.“ „Hätte ich es gekonnt, ich?“ „Nein, du nicht, aber sehr starke Leute. Sie (die Felsen) waren zunächst klein, dann sind sie groß geworden.“ (S. 313)

Mit 4;3: „Das sind kleine Steine, die Berge, die sehr groß geworden sind. Sie sind lange klein geblieben, dann sind sie sehr groß geworden, immer größer. Da war vielleicht einer, der einen kleinen Stein hier hin geworfen hat, und der ist dann zum Salève geworden.“ (S. 313f.) Später erklärt sie: „Der Wind bewegt sich, weil die Wolken sich bewegen.“ „Und die Wolken, warum bewegen diese sich?“ „Weil der Wind sie treibt.“ (S. 327)

Beginnen wir mit dem vorletzten Beispiel. Das Kind scheint über ein Konzept des Wachsens oder der Entwicklung zu verfügen. Es wendet diesen Begriff an, um die Entstehung eines Felsmassivs zu erklären. Wie bereits erwähnt, nennt Piaget solche Anwendungen von Konzepten „Assimilationen“, Aufnahme eines Gegenstandes in ein geistiges Schema. In diesem Falle führt die Assimilation in die Irre, Steine wachsen nicht. Erfährt das Kind später, daß seine Assimilation fehlerhaft war, differenziert sich seine Weltsicht in Lebendes, das wächst, und „tote“ Materie, die sich nicht entwickelt.

Solche fehlerhaften Assimilationen sind auch in anderen Beispielen zu finden. Die Bewegung der Wolken wird an die Fortbewegungsart der Würmer assimiliert, gleichzeitig werden die Wolken als Lebewesen gedeutet. Piaget nennt die Wahrnehmung unbelebter Gegenstände als belebt *animistische Deutungen*. Dem Wind wird in ähnlicher Verallgemeinerung Wille, Motiv oder Intention unterstellt. Er wird auch moralisch abqualifiziert.

Um fehlerhafte Assimilationen handelt es sich, wenn die Existenz von Naturerscheinungen (Steine) aus ihrem Zweck erklärt wird, als ob es sich um menschliche Handlungen handelte (*finalistische Erklärungen*): Steine sind da, damit Häuser gebaut werden können; Bäume sind da, damit sie uns Schatten spenden. Kinder dieses Alters verfügen über Konzepte der Herstellung, der Anfertigung, des Machens. An diese Konzepte assimiliert J., wenn sie fragt, wer die Großmutter oder wer die Babys macht, oder wenn sie vermutet, daß starke Leute den Berg ge-

macht haben. Piaget spricht in solchen Fällen von *artifizialistischen Naturdeutungen*.

Fehlerhafte Assimilationen sind natürlich auf jeder Entwicklungsstufe möglich. Wir versuchen während des ganzen Lebens, neuartige Probleme an uns bekannte Schemata und Konzepte zu assimilieren, d. h. mit jenen Konzepte zu bewältigen, die uns geläufig sind. Anders aber als der Erwachsene – sofern er sich sachlich und unvoreingenommen um Erkenntnis bemüht – verhält sich das Kind nicht so, als prüfe es mehrere Möglichkeiten oder mehrere Assimilationsschemata (Alternativen). Es redet vielmehr häufig so, als sei das gewiß, was es gerade als Deutung angibt, auch wenn es Minuten vorher etwas anderes behauptet hat.

Charakteristisch sind zirkuläre Erklärungen: „Der Wind bewegt die Wolke, und die Wolke bewegt den Wind.“ Der Erwachsene wird ein Konzept der gegenseitigen Bedingung haben, aber das ist keine zirkuläre Erklärungsweise. J. hat in der beschriebenen Erklärung nicht den Fall der wechselseitigen Bedingung reflektiert. Das Denken ist auf diesem Entwicklungsniveau unidirektional: Wenn das Kind eine Erklärung für die Bewegung der Wolken braucht, sucht es sich eine. Wenn es später eine Erklärung für die Bewegung des Windes braucht, sucht es sich diese. Es ist unwahrscheinlich, daß es diese beiden Erklärungen in einem Gesamtsystem der gegenseitigen Bedingung integriert hat.

Der Egozentrismus des Kindes

Piaget nennt die artifisialistischen, animistischen und finalistischen Erklärungen des Kindes egozentrisch. Den Begriff Egozentrismus verwendet er vielfältig, z. B. auch zur Bezeichnung der Unfähigkeit, sich in die Rolle eines anderen hineinzuversetzen, den Blickwinkel eines anderen einzunehmen oder die eigene aktuelle Sichtweise (Wahrnehmung oder Meinung) als eine unter mehreren Möglichkeiten zu begreifen. Ein Kind dieses Alters hat noch keine Zweifel, ob der Gesprächspartner verstanden hat, was es sagt, es fragt nicht nach. Es weiß nicht, daß der andere die Dinge vielleicht nicht so versteht und sieht, wie es selbst. Es sieht daher auch keine Veranlassung, seine Ansichten zu rechtfertigen und zu begründen.

Dieser kommunikative Egozentrismus wird überwunden durch die Entwicklung von Kompetenzen zur *Perspektiven- und Rollenübernahme*. Das Kind wird zunehmend fähig, die Perspektive anderer zu erkennen und sich in seinem eigenen Handeln und Reden auf die Verständnismöglichkeiten des anderen einzustellen. Die Erzählungen sind dann nicht mehr nur Erzählungen für Eingeweihte; Kommunikation gelingt unter Berücksichtigung der Verständnismöglichkeiten unterschiedlicher Partner (vgl. Kap. 14).

Wir treffen auf Phänomene des Egozentrismus im Wahrnehmungsbe-

reich. Das Kind weiß zunächst nicht, daß es unterschiedliche Ansichten eines Gegenstandes von unterschiedlichen Perspektiven aus gibt. Bekannt ist Piagets „Drei-Berge-Versuch“.

Versuch: Legen Sie vierjährigen Kindern ein Modell mit drei Bergen vor (Abb. 8.1), die sich deutlich unterscheiden. Setzen Sie jedes Kind vor das Modell (in Position 1) und lassen Sie es die Ansicht bestimmen, die es von den drei Bergen hat. Es wird vermutlich diese Aufgabe bewältigen und aus mehreren Zeichnungen oder Fotografien diejenige auswählen, die seiner Sicht entspricht.

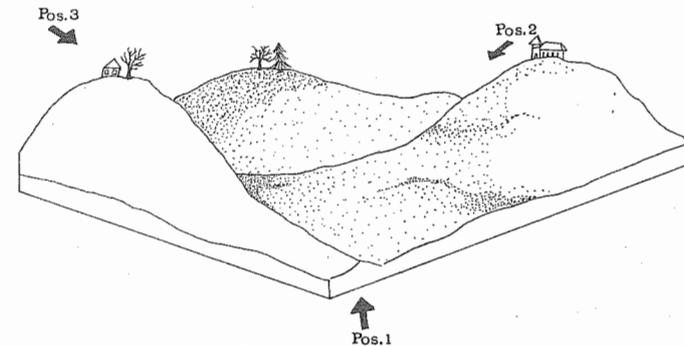


Abb. 8.1 Drei-Berge-Versuch

Nun fragen Sie die Kinder, wie die Berge aus der Sicht eines Betrachters aussehen, der in Position 2 oder in Position 3 sitzt. Die Mehrzahl der Kinder wird die eigene Ansicht der drei Berge auswählen. Daraufhin führen Sie die Kinder in die Position 2 bzw. Position 3, lassen von hier aus die Berge betrachten und die jeweilige Ansicht auswählen, eine Aufgabe, die wiederum geleistet wird. Schließlich führen Sie die Kinder wieder in Position 1 und lassen erneut diejenige Ansicht auswählen, die ein Betrachter aus der Position 2 oder 3 hat, die sie gerade vorher selbst auch bestimmt haben. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird als Lösung wiederum die aktuelle eigene Ansicht aus Position 1 angeboten.

Es ist nicht erstaunlich, daß das Kind die Ansicht eines Betrachters in anderer Position nicht korrekt bestimmen kann; das ist eine recht schwierige Aufgabe. Erstaunlich ist, daß es lange Zeit glaubt, *seine* aktuelle Sichtweise sei *die* Ansicht, nicht eine unter vielen.

Die Überwindung des Egozentrismus wird nach Piaget möglich durch sozialen Austausch, durch Widerspruch und Konflikt der „Ansichten“, der Erfahrung und Speicherung unterschiedlicher Ansichten. Auch der Erwachsene muß egozentrische Sichtweisen ständig neu überwinden. Man denke z. B. an Selbstverständlichkeiten im sozialen Bereich, an Vorurteile und unreflektierte Ideologien. Die Weiterentwicklung wird im Erwachsenen- wie im Kindesalter angeregt sein durch Austausch von Meinungen, durch Widerspruch, durch Konflikt. Das ist Piagets plausible Hypothese.

*Zentrierung auf einen oder wenige Aspekte
(Beschränkung des Handlungsfeldes)*

Als weiteres grundlegendes Kennzeichen des voroperatorischen Denkens nennt Piaget die Zentrierung der Aufmerksamkeit auf ein Merkmal des Gegenstandes und das Außerachtlassen anderer. Wir begegnen dieser Charakteristik z. B. im Bereich der physikalischen Mengenbegriffe. Das Umschütten einer Flüssigkeit von einem Gefäß in ein anders geformtes Gefäß bedeutet für das kleine Kind eine Veränderung der Menge, weil die Flüssigkeitssäule nicht mehr das gleiche Aussehen hat. Das Kind kann die Dimensionen Höhe und Umfang nicht beide gleichzeitig „ins Auge fassen“ und in einem Urteil integrieren.

Versuch: Füllen Sie zwei gleiche Gefäße A und B mit der gleichen Menge einer farbigen Flüssigkeit. Lassen Sie vier- bis fünfjährige Kinder konstatieren, daß in A und B gleich viel „Saft“ sei. Sie gießen nun den Inhalt von B in ein schmaleres Gefäß B' (vgl. Abb. 8.2) und fragen das Kind, ob B' mehr, weniger oder gleich viel Saft enthalte wie A.

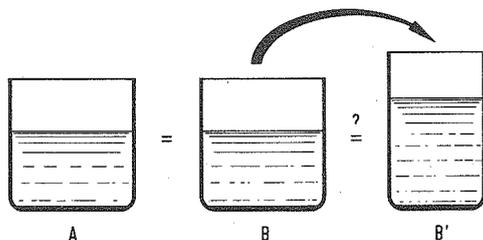


Abb. 8.2 Versuch zur Prüfung der Einsicht in die Invarianz der Menge bei Operationen des Umfüllens.

Die überwiegende Mehrzahl der Kinder wird behaupten, es sei nicht gleich viel. Viele werden sagen, es sei mehr Saft in B', weil das Niveau hier höher ist. Manche werden sagen, es sei weniger, weil das Gefäß schmäler ist. Die Flüssigkeitsmenge wird also nicht als invariant oder konstant bei Formveränderung gesehen.

Auch Anzahl, Gewicht und Volumen werden lange Zeit als veränderlich durch Form- und Anordnungsveränderungen betrachtet (Piaget & Inhelder 1969). Ähnliche Phänomene der Zentrierung auf einen Aspekt haben wir auch in anderen Bereichen, wie z. B. bei den Begriffen Zeitdauer und Alter.

Versuche zu den Konzepten Zeitdauer und Alter: Nehmen Sie zwei Spielzeugautos A und B, markieren Sie eine Startlinie, vereinbaren Sie daraufhin mit einem vierjährigen Kind, es möge sowohl das Startzeichen („los“) als auch das Signal zum Halten („stop“) geben. Auf „los“ starten Sie beide Autos gleichzeitig, auf „stop“ halten Sie diese gleichzeitig an. Sie lassen A aber schneller, also in der gegebenen Zeit weiter fahren.

Sie fragen nun das Kind, ob beide Autos eine gleich lange Zeit unterwegs gewesen seien oder nicht. Es wird antworten, daß A länger unterwegs gewesen sei, weil A ja weiter gefahren sei (Piaget 1946).

Unterhalten Sie sich mit Vorschulkindern über das Alter und Sie werden feststellen, daß nicht wenige Alter mit Größe verwechseln und der Meinung sind, sie könnten ihren älteren Bruder auch im Alter überholen. Sie identifizieren also Alter mit einem Merkmal (Größe), das mit Alter in Kindheit und Jugend eine Korrelation aufweist (Piaget 1955).

Zentrierungen finden wir auch bei moralischen Urteilen: Hans möchte seiner Mutter helfen. Unglücklicherweise zerbricht er zehn Tassen. Fritz' Mutter befiehlt, beim Geschirrspülen zu helfen: Fritz, der etwas anderes vorhatte, ärgert sich, nimmt eine Tasse und wirft sie auf den Boden, so daß sie zerbricht. Wer hat größeres Unrecht getan, Hans oder Fritz? Kinder bis zum fünften Lebensjahr zentrieren häufig auf den Handlungsausgang, weshalb Hans moralisch negativer beurteilt wird (Piaget 1954, vgl. auch Kap. 15).

Wir haben auch in den Kategorisierungen des Kindes Zentrierungen zu erwarten.

Versuch zum Kategorisierungsverhalten: Nehmen Sie eine größere Menge unterschiedlicher Objekte, die sich z. B. hinsichtlich Form, Farbe, Material, Funktion, Größe usw. unterscheiden. Wählen Sie nun einen Gegenstand (z. B. einen roten Ball) und bitten Sie vierjährige Kinder, andere Gegenstände auszuwählen, die zu diesem Gegenstand „passen“.

Sie werden u. a. folgendes beobachten können. Ein Kind wählt beispielsweise zunächst einen gelben Ball aus („weil es auch ein Ball ist“), danach ein grünes Spielzeugauto („weil man damit auch spielen kann“), danach einen grünen Baustein („weil der auch grün ist“), danach einen Autoanhänger („weil man den an das Auto anhängen kann“) usw. (Piaget & Inhelder 1973).

Sie werden also eine zufällig anmutende Beachtung einzelner Aspekte beobachten, die ohne „Gesamtkonzeption“ zu Einzelzuordnungen führt. Piaget spricht von Kategorisierungen „de proche en proche“. Ein ähnliches Fehlen eines Gesamtplanes haben wir in zeichnerischen Darstellungen, in denen ein neues Element (Häuser, Schornsteine, Rauch) jeweils nur einem anderen Element oder Bildausschnitt zugeordnet wird (vgl. Abb. 8.3, Piaget & Inhelder 1971).



Abb. 8.3 Zeichnung ohne Gesamtplan

Zentrierung auf Zustände

Die geschilderten Versuche zur Mengeninvarianz und zur Zeitdauer weisen ein weiteres Merkmal des voroperatorischen Denkens auf: die Zentrierung auf Zustände und die Vernachlässigung der Transformationen, die zu diesen Zuständen geführt haben. Das Kind betrachtet einen Zustand nicht als Ergebnis einer Transformationskette. Das Umschütten einer Flüssigkeit wird nicht als eine Transformation begriffen. Statt dessen wird der neue Zustand als Gegenstand für sich genommen, der als solcher beurteilt wird. Damit fehlt allerdings eine unverzichtbare Voraussetzung für ein korrektes Urteil.

Auch im Versuch zur Beurteilung der Zeitdauer eines Ablaufes begegnen wir diesem Phänomen. Nur der aktuell beobachtete Zustand (die unterschiedlichen Streckenendpunkte der beiden Autos) bildet die Basis für das Urteil. Wie es dazu gekommen ist, bleibt unberücksichtigt. Das Kind – sagt Piaget – ist der Sklave von Transformationen, nicht ihr Meister. Danach überrascht es nicht mehr, daß das Kind durch ins Auge fallende anschauliche Gegebenheiten (z. B. die größere Höhe des Flüssigkeitspegels in Gefäß B') beeindruckt wird und sein Urteil an dem ausrichtet.

Eingeschränkte Beweglichkeit

Zentrierungen auf ein oder wenige Merkmale bergen die Gefahr, daß wichtige Aspekte übersehen werden. Wer nach dem Umschütten der Flüssigkeit (vgl. Abb. 8.2) nur auf die Höhe des Gefäßes B', nicht aber auf dessen Breite achtet, wird zu einem Fehlurteil verleitet.

Wenn ein Kind die zweite Dimension ins Auge faßt (Piaget spricht dann von einer Dezentrierung oder Umzentrierung), verliert es oft die erste wieder. Es ist, als ob die Informationsverarbeitungszentrale des Kindes eine zu geringe Speicherkapazität habe. Piaget spricht von fehlender Beweglichkeit des Denkens, wenn er auf solche Grenzen der Informationserfassung und -verarbeitung stößt (vgl. Kap. 10).

Versuch zur Ergänzung einer zweidimensionalen Matrix: Konstruieren Sie eine Matrix mit zwei dreiwertigen Dimensionen (Vgl. Abb. 8.4) und lassen Sie ein Feld frei.

Erläutern Sie etwa fünfjährigen Kindern den Aufbau der Matrix. Lassen Sie jedes Kind herausfinden, daß in den Spalten die Formen übereinstimmen und in den Reihen die Farben. Lassen Sie die Kinder dies selbst entdecken und formulieren.

Nun legen Sie Ihren Probanden eine Anzahl von Karten zur Auswahl vor und bitten sie, die für das freie Feld passende auszuwählen. Sie werden feststellen, daß fünfjährige Kinder meist nur zufällig die richtige Ergänzung wählen, sie beachten nur eine Dimension, entweder die Farbe oder die Form. Die geforderte gleichzeitige Beachtung zweier Dimensionen, die logische Multiplikation im Sinne der Konjunktion von Farbe und Form, wird noch nicht geleistet (Piaget & Inhelder 1973).

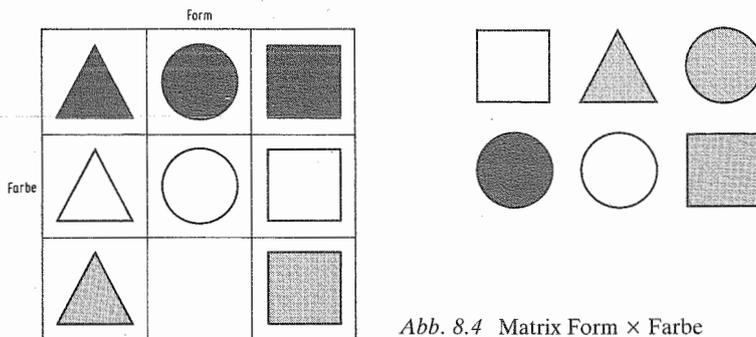


Abb. 8.4 Matrix Form × Farbe

Die Beweglichkeit wird im Verlauf der Entwicklung größer, und zwar einmal in dem Sinne, daß Dezentrierungen häufiger werden, d. h. im Sinne einer zunehmend systematischeren Erfassung verschiedener Aspekte, zum anderen aber auch im Sinne der gleichzeitigen Verfügbarkeit verschiedener Informationen für deren Verarbeitung. Für letztere ist der Aufbau von Verarbeitungsstrukturen erforderlich, die das nächste Entwicklungsstadium kennzeichnen.

Fehlendes Gleichgewicht

Das Denken des Kindes auf dieser Stufe führt ständig zu Widersprüchen oder – wie Piaget sagt – ins Ungleichgewicht. Die Widersprüche mögen dem Kind nicht bewußt sein; es mag gar nicht bemerken, daß es sich in verschiedenen Aussagen widerspricht. Eine gewisse Beweglichkeit im Sinne einer Erweiterung des Handlungsfeldes ist notwendig, damit die Widersprüche aufeinanderfolgender Urteile oder zwischen eigener Meinung und der Meinung eines anderen überhaupt erkannt werden. Die bewußt werdenden Widersprüche sind es aber nach Piaget schließlich, die das Kind zu einer Reorganisation seiner voroperatorischen Schemata zwingen.

Beachtet das Kind beispielsweise nach dem Umgießen von Flüssigkeiten nur die Höhe von B' (vgl. Abb. 8.2), wird es sagen, B' habe mehr Flüssigkeit als A. Achtet es aber auf die Breite, wird es zum umgekehrten Urteil gelangen. Wählt es im Matrixproblem nach der Farbe, beachtet danach aber die Form, muß es die ursprüngliche Wahl verwerfen. Wir wollen ein Beispiel genauer analysieren, das diese Widersprüchlichkeiten des anschaulichen Denkens besonders prägnant verdeutlicht: das Problem der Klasseninklusion oder des Eingeschlossenseins der Unterklasse in die Oberklasse.

Versuche zur Prüfung der Einsicht in die Klasseninklusion: Stellen Sie einem Kind von etwa fünf Jahren die Frage, ob mehr Mädchen oder mehr Kinder auf

der Welt leben, so werden Sie beobachten, daß es verwirrt nach einer Antwort sucht. Schließlich mag es sagen, daß es „vielleicht mehr Mädchen gibt“ oder „vielleicht gleich viel“. Sie mögen denken, es habe die Frage nicht verstanden, es kenne nicht alle von Ihnen verwendeten Begriffe. Aber dem ist nicht so, es handelt sich um einen charakteristischen Fehler, wie der folgende Versuch belegt.

Sie legen einem fünfjährigen Kind Bilder vor, Bilder von Erwachsenen (zu einer Gruppe zusammengefaßt) und Bilder von Kindern, davon drei Knaben und fünf Mädchen (vgl. Abb. 8.5).

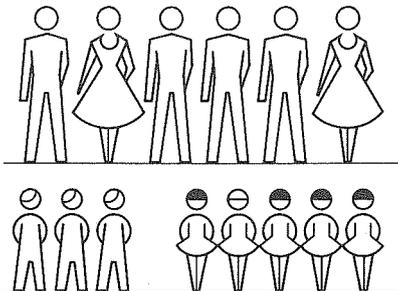


Abb. 8.5 Material zur Prüfung der Einsicht in die Klasseninklusion

Jetzt entspinnt sich etwa folgendes Frage- und Antwortspiel: „Zeig mir die Erwachsenen“. Das Kind zeigt korrekt. „Zeig mir die Kinder“. Es zeigt diese. „Zeig mir die Knaben, zeig mir die Mädchen“. Alles wird richtig gezeigt. Das Kind kennt also alle Begriffe. Nun stellen Sie die entscheidende Frage: „Gibt es mehr Mädchen oder gibt es mehr Kinder?“ „Mehr Mädchen“. „Sind es wirklich mehr Mädchen?“ „Ja, weil es weniger Knaben sind“. „Aber ich habe nicht gefragt, ob es mehr Mädchen oder mehr Knaben gibt, ich habe gefragt, gibt es mehr Mädchen oder mehr Kinder? Zeig mir mal wieder die Erwachsenen, nun die Kinder, nun die Knaben und nun die Mädchen!“ Alles wird korrekt gezeigt. Also stellen wir nochmals die Frage: „Gib Acht! Gibt es mehr Mädchen oder gibt es mehr Kinder?“ Vielfach wird Ihr kleiner Proband nun sagen: „Es gibt mehr Mädchen, weil es weniger Kinder gibt“. Mit Kinder meint er aber nun die Knaben. Das Wort „Kinder“ ändert also seine ursprüngliche Bedeutung.

Worin liegen die Schwierigkeiten für das Kind? Es hat noch kein System der Klassenverschachtelung aufgebaut, das ihm erlaubt, die Inklusionsbeziehung von Unter- und Oberklasse zu erfassen. Es ist in der Lage, die Klasse „Kinder“ zu differenzieren in „Knaben“ und „Mädchen“. Hat das Kind diese Differenzierung aber vollzogen, ist es aktuell nicht in der Lage, sie geistig wieder rückgängig zu machen und sogleich die Mädchen wieder in die Klasse der Kinder zu subsumieren. Wenn gleichzeitig nach „Mädchen“ und „Kindern“ gefragt ist, steht die Unterklasse „Mädchen“ für die Bildung der Oberklasse „Kinder“ nicht mehr zur Verfügung.

Das Denken ist noch *unidirektional* (die Differenzierung der Oberklasse gelingt), es ist aber noch *nicht reversibel* (gleichzeitiger Vollzug

der Differenzierung der Oberklasse und der Abstraktion von dieser Differenzierung). Die Unterklasse „Mädchen“ ist, einmal gebildet, sozusagen fixiert und kann für den notwendigen Vergleich nicht mehr in die Oberklasse integriert werden.

Wodurch wird diese Leistung möglich? Durch die Konstruktion umfassender Systeme, die Beziehungsbildungen der geforderten Art in ihrer Struktur abbilden können. Piaget nennt diese Systeme „konkret-operatorische Strukturen“. Es sind neben der Klassenhierarchie und der logischen Multiplikation von Klassen die Systeme der Reihenbildung (der asymmetrischen Relationsbildung) sowie die Systeme der Zeit und des Raumes, vor allem der Zahl. Betrachten wir einige dieser Erwerbungen und ihre Leistungen etwas genauer.

Das Stadium der konkret-operatorischen Strukturen

Die Strukturen oder Operationssysteme dieses Stadiums, dessen Beginn in der Regel zwischen dem fünften und sechsten Lebensjahr liegt, ermöglichen die Bewältigung jener Schwierigkeiten, die wir im vorausgehenden Abschnitt kennengelernt haben. Diese Operationssysteme stellen einen wichtigen Teil der geistigen Werkzeuge des Menschen dar. Sie werden später im formal-operatorischen Stadium nicht ersetzt, sondern ergänzt durch einige noch komplexere Systeme.

Piaget bedient sich einer abstrakten, logisch-mathematischen Darstellungsweise, um die Operationen in diesen Systemen zu beschreiben. Er nennt sie in Anlehnung an den mathematischen Begriff der „Gruppe“ *Gruppierung*. Die Gruppierung der additiven Komposition der Klassen wird eingehender behandelt. Die Gruppierungen der Seriation asymmetrischer Relationen sowie der Multiplikation von Klassen und Relationen und die Gruppe der ganzen Zahlen werden nur kurz skizziert.

Additive Komposition von Klassen: Klassenhierarchie

Die Gruppierung der „additiven Komposition von Klassen“ ist wie folgt definiert.

a) Eine gegebene Menge M enthält die Klassen $A, A', B, B', C, C' \dots$ als Elemente.

Beispiel: M seien Tiere, A seien Schäferhunde, A' seien andere Haushunde, B seien Haushunde, B' seien andere Hundetierte, C seien Hundetierte, C' seien andere Raubtiere, ...

b) Die Ordnungsrelation ist die Klasseninklusion:
 A enthalten in B , A' enthalten in B , B enthalten in C , B' enthalten in C , ...

c) Die Operationen der Addition (+) und der Subtraktion (−) entspre-

chen der Vereinigung der Klassen ($A + A' = B$) und der Klassendifferenz ($B - A' = A$). Sie besitzen folgende Eigenschaften:

- Direkte Operationen ($A + A' = B$, $B + B' = C \dots$) können durch inverse Operationen ($C - B' = B$, $B - A' = A$) rückgängig gemacht werden.
- Die Addition von Unterklassen und der dazugehörigen Oberklasse fügt der Oberklasse nichts hinzu (Resorption): $A + B = B$.
- Es gibt ein Nullelement O (leere Klasse), dessen Addition oder Subtraktion nichts ändert: $A - O = A$; $A + O = A$.
- Für die Verknüpfung der Elemente im System gilt Assoziativität: $(A + A') + B' = A + (A' + B') = C$.
- Die Addition eines Elementes mit dem gleichen Element ändert nichts (Tautologie): $A + A = A$.

Exkurs: Zum Vergleich betrachten wir die Unterschiede zwischen dieser „Gruppierung der additiven Komposition von Klassen“ und der „Gruppe der ganzen Zahlen“. Die Gruppe der ganzen Zahlen hat andere Eigenschaften: Es fehlt die Tautologie. Während $A + A = A$ ist, ist $1 + 1 = 2$. Die Addition des gleichen Elementes führt also bei der Gruppe der ganzen Zahlen zu einem anderen Element, in der Gruppierung der Klassenkomposition nicht. Es fehlt auch die Resorption: $1 + 2 = 3$, während $A + B = B$ ist.

Außerdem gibt es in der Gruppe der ganzen Zahlen direkte Beziehungen zwischen allen Elementen ($2 + 5$ oder $7 - 3$), während in der Komposition der Klassen sinnvolle Beziehungen nur zwischen bestimmten Elementen möglich sind, nämlich zwischen Teil und Ganzem (oder Unterklasse und Oberklasse): $A + A' = B$ gibt einen Sinn, während die Addition $A + C$ kein sinnvolles Ergebnis hat, es sei denn, man erstellt ein völlig neues Klassifikationssystem, in dem A und C Unterklassen einer gemeinsamen Oberklasse sind.

Schließlich ist die Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zahlen jeweils gleich, nämlich 1, was für die Differenz zwischen Klassen ebenfalls keinen Sinn macht: $D - C' = C$, $B - A' = A$; A und C sind quantitativ aber nicht zu vergleichen.

Was leistet die Gruppierung der additiven Klassenkomposition?

- Inklusionsprobleme der oben genannten Art werden lösbar. Die Herauslösung einer Unterklasse (Mädchen) zerstört nun nicht mehr die geistige Erfassung der Oberklasse (Kinder). Unterklasse und Oberklasse sind in einem Gesamtsystem repräsentiert, ihre Beziehung wird erkannt und kann ausgedrückt werden.
- Eine systematische, vollständige Kategorisierung von Material- oder Begriffsmengen ist möglich bis zu einem Punkt, an dem eine Integration nicht mehr gelingt. Dann wird dies aber nicht vertuscht, sondern offen zugegeben. Ein Ausweichen auf eine Zuordnung „de proche en proche“, also einzelner Elemente zu einzelnen anderen Elementen, wird nicht mehr als Lösung angesehen.

Vor der Aufgabe, Oberbegriffe für die Begriffe Banane, Pfirsich, Kartoffel, Fleisch, Milch, Wasser zu finden, wird aktuell ein Klassifi-

kationssystem konstruiert, das unter Umständen sehr umfassend sein kann, z. B.:

- Banane, Pfirsich: Obst
- Banane, Pfirsich, Kartoffel: Früchte
- Banane, Pfirsich, Kartoffel, Fleisch: feste Nahrung
- Banane, Pfirsich, Kartoffel, Fleisch, Milch: Nahrung
- Banane, Pfirsich, Kartoffel, Fleisch, Milch, Wasser: Lebensmittel

In jedem Ratespiel benötigen wir umfassende Klassifikationssysteme, damit wir die Lösungsalternativen sukzessiv einschränken können.

- Begriffsdefinitionen werden nach Möglichkeit im Sinne der „Realdeinition“ (Nennung eines Oberbegriffs und der spezifischen Differenz, also des differenzierenden Merkmals) gebildet, während jüngere Kinder sich häufig mit der Nennung eines Merkmals begnügen. Auf die Frage: „Was ist ein Hund?“ folgt als Antwort: „ein Tier“, „ein Säugtier“, „ein Haustier“, während die typischen Antworten jüngerer Kinder „ein Dackel“, „er bellt“ oder „er kann beißen“ lauten.
- Die Existenz einer systematischen Klassifikation und Ordnung von Begriffen erkennen wir sprachlich an der korrekten Verwendung der Artikel (bestimmte und unbestimmte Artikel) sowie der Quantifikatoren ‚einige‘ und ‚alle‘. 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.“, wohl aber: „Die Schnecke ist ein Tier.“ Wir können nicht sagen: „Einige Katzen sind die (alle) Tiere.“, wohl aber: „Einige Tiere sind Katzen.“ Artikel und Quantifikatoren sind das wichtigste Mittel der sprachlichen Darstellung von Klassifikationssystemen. Sie sind auch das wichtigste Ausdrucksmittel logischer Schlüsse innerhalb eines Klassifikationssystems.

Das Kind verfügt bereits lange über bestimmte und unbestimmte Artikel und die Quantifikatoren ‚einige‘ und ‚alle‘, kann diese aber erst nach dem Aufbau von Klassifikationssystemen korrekt verwenden.

- Die Lösung logischer Probleme, die auf einer Inklusionsbeziehung beruhen, wird möglich, also z. B. der Syllogismus mit Prämissen wie „Alle Menschen sind sterblich.“ „Sokrates ist ein Mensch.“ und dem Schluß „Also ist Sokrates sterblich.“
- Es können singuläre Klassen erkannt werden. Eine Menge verschiedenfarbiger Formen (Quadrate Vierecke, Kreise usw.) kann auch so klassifiziert werden, daß ein singuläres Element (z. B. ein schwarzer Kreis) übrig bleibt. Dieses wird aber nun als Klasse verstanden, so daß das einzelne Element auch im Plural (also „die schwarzen Kreise“) benannt wird.
- Verständnis von Komplementärklassen: A und nicht- A (A') sind in B enthalten, A' muß aber nicht aufgeschlüsselt und differenziert wer-

den, sondern kann global als „der Rest“, „die anderen“ (in B) zusammengefaßt werden.

- Das Klassifikationskriterium kann gewechselt und ein neues Klassifikationssystem nach einem neuen Kriterium rasch aufgebaut werden. Es wird erkennbar, daß die Klassifikation ein Grundmuster der Ordnung darstellt, das inhaltlich in verschiedener Weise realisiert werden kann.

Seriation asymmetrischer Relationen

Als weiteres System der konkret-operatorischen Gruppierungen greifen wir die Seriation asymmetrischer Relationen heraus, die das verhaltensmäßige Korrelat des Ordnen im Sinne einer Aufreihung nach einer Dimension (Größe, Helligkeit usw.) beinhaltet. Wir stellen die Entwicklung des Seriationsverhaltens anhand einer Aufgabe dar: das Ordnen einer Menge unterschiedlich langer Stäbe. Piaget und seine Mitarbeiter konnten mehrere Etappen der Entwicklung unterscheiden, von denen einige wie folgt beschrieben werden können.

In einer frühen Phase greifen Kinder aus der Gesamtmenge häufig einzelne Paare heraus und ordnen die Paarlinge in der Relation groß-klein, ohne eine Gesamtreihung zu erstellen. Dies wird später auf Dreier- oder Vierergruppen erweitert, wie die *Abbildung 8.6* illustriert.

Das Kind mag auch eine Ordnung im Sinne einer Treppenbildung versuchen, wobei die Gesamtlänge der Stäbe aber unbeachtet bleibt: Die Basis wird vernachlässigt (*Abb. 8.6*).

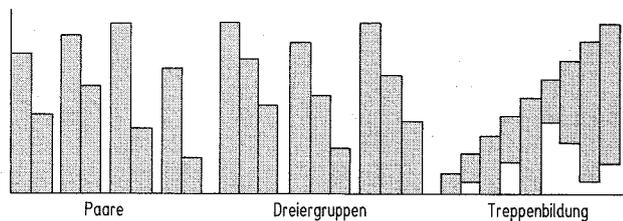


Abb. 8.6 Fälle unvollständiger Reihenbildung

Später gelingt durch Probieren eine korrekte Reihung, die aber noch nicht im eigentlichen Sinne als operatorische Systembildung angesehen werden kann. Piaget glaubt das daran erkennen zu können, daß die Einordnung eines neuen Elementes immer noch Schwierigkeiten bereitet (vgl. *Abb. 8.7*): Das Kind vergleicht nur in einer Richtung, sein Denken bleibt unidirektional.

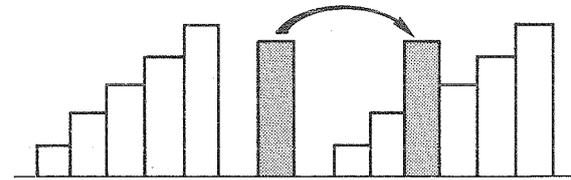


Abb. 8.7 Fehler bei der Einordnung eines Elementes in eine bestehende Reihe

Als Indiz für den Aufbau einer operatorischen Gruppierung sieht Piaget den mühelosen Vergleich eines Elementes nach beiden Richtungen, also in aufsteigender und in absteigender Richtung. Nur dann ist eine rasche Einordnung neuer Elemente möglich.

Sinclair (1967) fand auch in den sprachlichen Beschreibungen der Kinder Belege für eine Entwicklung im oben beschriebenen Sinne. Die Kinder wählen zunächst die Kategorien groß und klein, nicht den Komparativ, um Längen vergleichend zu beschreiben. Später geben Kinder Beschreibungen wie klein, mittel, groß; oder ganz klein, ein bißchen groß, mittelgroß usw. Auf der nächsten Stufe fand Sinclair vergleichende Beschreibungen in einer Richtung: am kleinsten, größer, noch größer, am größten. Verlangt man aber vom Kind die Beschreibung in der Gegenrichtung, so ist es unsicher, weil das vorletzte Stäbchen, das eben noch als größer beschrieben wurde, durch die Veränderung des Bezugspunktes als kleiner angegeben werden muß. Dies macht ihm Schwierigkeiten, weil sein Denken noch nicht die volle Reversibilität (im Sinne der Integration von direkter und umgekehrter Operation in einem Gesamtsystem) erreicht hat. Erst danach wird die vergleichende Beschreibung in beiden Richtungen geläufig, was die Erstellung des operatorischen Systems anzeigt.

Multiplikation von Klassen und asymmetrischen Beziehungen

Neben der additiven Komposition von Klassen und der Seriation asymmetrischer Relationen sind die Gruppierungen der multiplikativen Beziehungsbildungen zu nennen. Die Multiplikation von Klassen wurde in *Abbildung 8.4* beispielhaft dargestellt, diejenige der Seriation erlaubt z. B. eine Ordnung von Blättern nach zunehmender Größe (1. Dimension) und gleichzeitig nach zunehmender Helligkeit (2. Dimension).

Der Zahlbegriff

Piagets Deutung der Entwicklung des Zahlbegriffs enthält eine systematische Verknüpfung mit der Entwicklung der elementaren logischen Systeme, der Gruppierungen der Klassenkomposition und der Seriation.

Die Entwicklung des *Kardinalzahlbegriffs*: Das voroperatorische Verhalten des Kindes ist gekennzeichnet dadurch, daß es gegenüber äußeren Wahrnehmungsgegebenheiten störanfällig ist. Piaget demonstriert dies meist am Beispiel der Entwicklung der Einsicht in die Invarianz

einer Menge trotz Veränderung der äußeren Anordnung. Das Verhalten erreicht erst dann die konkret-operatorische Stufe, wenn die Quantität einer Menge für unveränderlich gehalten wird, auch wenn sie verschiedenen Anordnungstransformationen unterliegt. Folgendes einfache Prüfschema kann dies demonstrieren (vgl. Abb. 8.8).

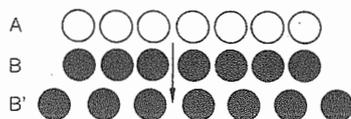


Abb. 8.8 Prüfanordnung zur Erfassung der Einsicht in die Zahlenkonstanz

Ein Verschieben der Reihe B zu B' führt bei jüngeren Kindern zur Behauptung, daß die Reihe B' zahlenmäßig nicht mehr mit der Reihe A korrespondiert. Zentriert das Kind auf die größere Länge der Reihe B', wird es behaupten, sie enthalte mehr Elemente, zentriert es auf die geringere Dichte, wird es die umgekehrte Behauptung aufstellen (Piaget & Szeminska 1965).

Es ist hierbei zu beachten, daß die „assoziative“ Beherrschung (also das Aufsagenkönnen der Zahlenreihe) dem Kind dieses Stadiums noch keine für die Einsicht in die Invarianz nützliche Information vermittelt. Man kann ein fünfjähriges Kind auffordern, die Reihe A zu zählen, und es wird die Elemente von 1–7 zählen, danach wird es in der Reihe B' ebenfalls sieben Elemente zählen. Dies führt aber nicht zur Einsicht in die mengenmäßige Gleichheit der beiden Reihen. Die verwendeten Zahlworte haben im Sinne des Zahlbegriffs noch keine operatorische Bedeutung.

Wie entwickelt sich der operatorische Zahlbegriff? Nach Piaget ist der Zahlbegriff die Synthese zweier logischer Operationssysteme: der additiven Komposition von Klassen und der Seriation asymmetrischer Relationen. Wie gelangt das Kind zur Kardinalzahl? Zunächst muß es alle Objekte abzählen können, was voraussetzt, daß alle abgezählten Objekte gleich behandelt werden. Man muß von ihren qualitativen Besonderheiten absehen. (Ein typischer Fehler ist die Unterscheidung von Äpfeln, Birnen und Nüssen, wenn die Gesamtmenge gezählt werden soll.) Das ist eine der Leistungen der Klassenbildung.

Aber wenn abgezählt wird, werden nicht alle Elemente gleich behandelt, man braucht eine Ordnungsrelation: zunächst das erste, dann das zweite, dann das dritte Element (und das zweite nicht wieder als viertes oder als fünftes Element). Piaget verweist auf eine Struktur, die in dieser Weise eine Ordnung von Elementen erlaubt, nämlich die asymmetrische Relationsbildung: $a < b < c < d \dots$

Die Kardinalzahl enthält ein weiteres definierendes Element, die tiefere Zahl ist in einer höheren eingeschlossen: Die Menge 5 enthält die

Menge 4, diese die Menge 3, ... Piaget verweist auf die Strukturähnlichkeit mit der additiven Komposition von Klassen, in der die Unterklassen in der Oberklasse eingeschlossen sind (vgl. Abb. 8.9).

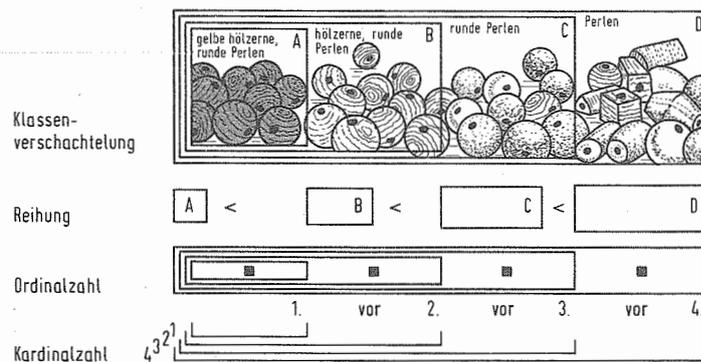


Abb. 8.9 Die Konstruktion der Zahl aus einem System von Klassen und aus einem System von asymmetrischen Beziehungen. Das System der sukzessiven Inklusion von Klassen ist durch zunehmende Abstraktion von qualitativen Unterschieden zwischen einzelnen Gruppen von Gegenständen, z. B. Perlen, bestimmt, die Reihe durch die zunehmende Größe ihrer Glieder. Im Zahlbegriff werden die beiden Systeme zu einem einzigen koordiniert und verschmolzen (nach Aebli 1963).

Ist dieser Aspekt der Kardinalzahl verstanden, kann es nicht mehr vorkommen, daß nach dem Abzählen der oben genannten beiden Reihen A und B' die zahlenmäßige Gleichheit wegen der Ungleichheit der Anordnung verleugnet wird.

Weitere Systembildungen auf dem konkret-operatorischen Niveau

Neben den bisher genannten werden in der Entwicklung zum operatorischen Niveau eine Anzahl weiterer Systeme konstruiert. Insbesondere erreichen die Konzeptionen von Raum und Zeit ein anderes Niveau. Wir können diese hier nicht mehr behandeln und verweisen auf einschlägige Darstellungen (z. B. Oerter 1984a, Steiner 1973, Piaget 1946, 1955, Piaget & Inhelder 1971, Piaget et al. 1971).

Exkurs: Die Informationsintegrationstheorie

Zur richtigen Urteilsfindung über mehrdimensionale Sachverhalte sind verschiedene Informationen aufzunehmen und zu integrieren. Piagets Erklärung voroperatorischer Fehler durch Zentrierung wurde in den letzten Jahren in Frage gestellt. Untersuchungen ergaben, daß eine Integration von Informationen bereits im Vorschulalter zu bele-

gen ist. Sie basieren auf Andersons Theorie der Informationsintegration (Anderson 1981, Anderson & Cuneo 1978, Wilkening 1978, 1980), die weite Beachtung fand und viele Experimente anregte.

Die Integration erfolgt nach dieser Theorie analog einfacher mathematischer Operationen: Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division. Anderson, Wilkening und andere liefern Hinweise, daß Kinder im Vorschulalter additiv integrieren, während Kinder im Grundschulalter je nach Problem früher oder später auch multiplikativ integrieren. Diese Operationen seien nicht bewußt und reflektiert gewählt, aber mit geeigneten Methoden aus den Lösungsversuchen zu erschließen. Piagets Methode habe diese Entdeckung nicht erlaubt.

Piaget verlangte von seinen Probanden in vielen Versuchen einzelne Paarvergleiche. Wenn man nach dem Umschütten einer Flüssigkeit von einem breiteren Glas A in ein schmaleres Glas B fragt, ob noch gleich viel Wasser oder mehr oder weniger enthalten sei (vgl. Abb. 8.2), und die Antwort lautet „mehr“, dann ist nicht zu entscheiden, ob sich das Urteil auf nur eine Dimension (Höhe) bezieht oder ob es zwei oder mehrere Dimensionen zwar integriert, aber verschieden gewichtet.

Anderson hat daher Methoden des funktionalen Messens vorgeschlagen. Hier wird vom Kind nicht der Paarvergleich zweier Objekte verlangt, sondern ein Urteil über jedes Objekt einzeln auf einem Maßstab, den man ihm verständlich gemacht hat. Ein häufig benutztes Beispiel betrifft die Schätzung des Flächeninhaltes von Rechtecken („Schokoladentafeln“). Man zeigt Kindern, daß Tafeln aus Rippen und diese aus noch kleineren Rechtecken („Häuschen“) zusammengesetzt sind, die man in einer Reihe aneinanderlegen kann, so daß sie eine Strecke ergeben. Kleine Tafeln ergeben eine kleine Strecke, große Tafeln eine größere. Wird dieses verstanden, kann man den Flächeninhalt verschiedener Rechtecke einzeln auf dieser Streckenskala beurteilen lassen. Mit solchen Methoden des Messens ist es möglich zu unterscheiden, ob Kinder, die eine Dimension „zentrieren“, die zweite ganz vernachlässigen oder nur geringer gewichten.

Wenn Piaget von Zentrierung sprach, meinte er relative Zentrierung: Überschätzung (der Bedeutung) der zentrierten Dimension. Die zweite Dimension bleibt nicht gänzlich unbeachtet, was an Umzentrierungen auf die zweite Dimension und an Entscheidungskonflikten zu erkennen ist, wenn die Veränderungen der Form, z.B. durch Umschütten in ein sehr schmales Glas, extrem werden. Allerdings vertrat er die Ansicht, daß eine systematische Integration zweier Dimensionen auf voroperatorischem Niveau noch nicht gelingt.

Die Aufgabe der Schätzung einer Serie von Flächen enthält auch die Frage nach der Flächenkonstanz: Bei welchen Veränderungen wird

die Fläche eines Rechtecks als verändert, bei welchen als unverändert (konstant) eingeschätzt. Man stelle sich verschiedene Rechtecke des gleichen Flächeninhaltes vor (z. B. 6×4 , 8×3 , 12×2 , 24×1 cm): Ist trotz unterschiedlicher Form das Urteil über den Inhalt gleich oder nicht? Dieselbe Frage läßt sich stellen bei gleichem Flächenumfang, aber objektiv verschiedenem Inhalt (z. B. 5×5 , 6×4 , 7×3 , 8×2).

Mehrere Strategien sind unterscheidbar, von denen nur die drei folgenden behandelt werden: Addition von Grundlinie und Höhe, Multiplikation von Grundlinie und Höhe und Zentrierung auf die Grundlinie oder die Höhe.

Erwartet wird bei einer additiven Strategie etwa ein Ergebnisbild, wie es in Abb. 8.10a gegeben ist. Grundlinie und Höhe tragen unabhängig voneinander, eben additiv, zur Flächenschätzung bei: Bei gleicher Höhe steigt diese mit der Länge der Grundlinie an, je nach Höhe ergeben sich parallele Verschiebungen dieser Schätzung.

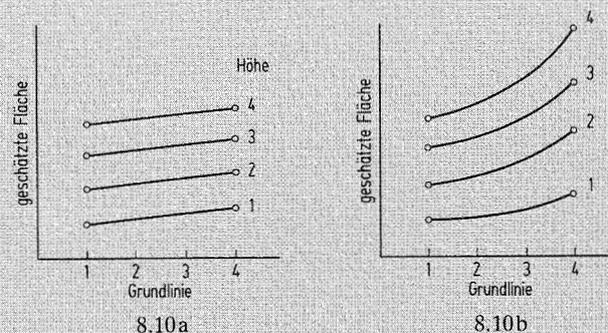


Abb. 8.10 Unterschiedliche Formen der Informationsintegration bei Flächenschätzungen. In Abbildung 8.10a ist die Addition, in Abbildung 8.10b die Multiplikation von Grundlinie und Höhe dargestellt (Erläuterungen im Text).

Die Ergebnisse einer multiplikativen Strategie führen zu positiv beschleunigten Kurvenverläufen, wie sie Abbildung 8.10b aufweist. Zentrierung nur auf die Höhe würde zu Verläufen der Schätzungen führen, die alle parallel zur Abszisse liegen.

Wertet man die Schätzurteile einer Stichprobe gemeinsam aus, liegt eine varianzanalytische Auswertung nahe. Wird generell nur eine additive Integration benutzt, werden sich nur Haupteffekte für die Länge der Grundlinie und die Länge der Höhe ergeben. Wird generell multiplikativ integriert, ist zusätzlich ein statistischer Interaktionseffekt Grundlinie \times Höhe zu erwarten. Beruht die Flächenschätzung auf Zentrierung, gibt es nur einen Haupteffekt (Höhe oder Grundlinie).

Allerdings wurde zu Recht eingewandt, daß man diese Effekte nicht bei ganzen Altersstichproben, sondern bei einzelnen Personen nachweisen muß, denn in Gesamtstichproben können sich die Effekte unterschiedlicher Strategien der einzelnen Probanden überlagern und ein ganz falsches Bild ergeben (Gigerenzer 1983). Wenn z. B. eine Hälfte der Stichprobe nur die Grundlinie, die andere Hälfte nur die Höhe beachtet, ergibt sich bei Aggregation der Daten über die gesamte Stichprobe das Bild einer additiven Integration (vgl. Tab. 8.1), obwohl kein einziges Kind additiv integriert. Man muß noch einen Schritt weiter gehen: Auch mehrere Urteile einer Person dürfen nicht aggregiert werden, weil jedes einzelne Urteil einer Person nach einer anderen Strategie vorgenommen sein kann. Von den Urteilen einer Person können 50% auf die Höhe zentriert sein und 50% auf die Grundlinie, woraus sich der Eindruck der additiven Strategie fälschlich ergäbe. Nur wenn man unterstellt, daß eine einzelne Person ihre Strategie über den ganzen Versuch beibehält, ist eine aggregierte Auswertung ihrer Urteile sinnvoll.

Tabelle 8.1 Hypothetische Durchschnittswerte bei additiver Integration und bei Zentrierung, wenn die Hälfte der Stichprobe die Höhe, die andere Hälfte die Grundlinie zentriert. In jeder Zelle sind links oben die durchschnittlichen Werte eingetragen, die bei einer additiven Integration zu erwarten sind, rechts unten die zu erwartenden Durchschnittswerte, wenn die Hälfte der Stichprobe nur die Höhe, die andere Hälfte nur die Grundlinie zentriert. Auch dieses letztere ergibt für die Gesamtstichprobe das typische Bild der additiven Integration: parallele, lineare Steigungen.

| | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 4 | 5 2.5 | 6 3 | 7 3.5 | 8 4 | |
| 3 | 4 2 | 5 2.5 | 6 3 | 7 3.5 | |
| 2 | 3 1.5 | 4 2 | 5 2.5 | 6 3 | |
| 1 | 2 1 | 3 1.5 | 4 2 | 5 2.5 | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |

Grundlinie

Es stellt sich noch die grundsätzlichere Frage, ob man mit dieser Methode des funktionalen Messens den Übergang vom voroperatorischen zum operatorischen Denken untersuchen kann. Setzt das Verständnis der Meßskala nicht bereits Einsicht in die Invarianz (Erhal-

tung) der Menge von Elementen („Rippen“, „Häuschen“) bei Veränderung der Form voraus? Rechtecke („Schokoladentafeln“) werden in eine *Reihe* von Elementen transformiert: Die Menge ändert sich dabei nicht. Voroperatorisches Denken ist durch Inkonstanz der Menge bei Formveränderung gekennzeichnet. Kann man im voroperatorischen Stadium einen solchen Maßstab benutzen, um Flächen zu schätzen? Wird dabei nicht der Übergang der Nichterhaltung zur Konstanz in der Meßmethode als bereits geleistet vorausgesetzt? Piaget würde sagen, wer diese Meßskalen benutzen kann, ist nicht mehr im voroperatorischen Stadium.

Aber unabhängig davon sind die Untersuchungen mit dieser Methode interessant und ergänzen unser Wissen über den Aufbau der Erkenntnis. Sie geben Antwort auf die Frage, ob bei geeigneter Aufgabenstellung früher als bisher vermutet eine Informationsintegration gelingt, und welcher Art diese ist. Ob es sich dabei in jedem Fall um eine operatorische Systembildung im Sinne Piagets mit Reversibilität der Verknüpfungen (Integration) handelt, ist eine andere Frage, die von den Vertretern dieser Forschungsrichtung bislang nicht gestellt und nicht beantwortet wurde.

Lohaus & Trautner (1985) haben zur Flächenschätzung ein gut geplantes Experiment durchgeführt, in dem sie die genannten Probleme des Messens mit einer Meßstrecke vermieden haben. Sie verwendeten u. a. eine Serie mit zehn Rechtecken, die so aufgebaut war, daß die Summe von Höhe und Grundlinie bei allen Rechtecken gleich, das Produkt aber verschieden war. Wer die Additionsstrategie verwendet, müßte alle zehn Rechtecke gleich beurteilen (wenn man von zufälligen Urteilsunsicherheiten absieht), wer die Multiplikationsregel verwendet, kommt zu unterschiedlichen Schätzungen, wer nur die Höhe oder nur die Grundlinie beachtet ebenfalls. Die Größen dieser Rechtecke und die hypothetischen Verläufe auf der Basis der drei Strategien sind in *Abbildung 8.11* eingezeichnet.

Wegen der nachgewiesenen sehr hohen Meßunzuverlässigkeit bei absoluten Urteilen (funktionales Messen) haben Lohaus und Trautner wiederum die Methode des Paarvergleiches gewählt, allerdings einen vollständigen, in dem jedes Rechteck mit allen anderen Rechtecken in zufälliger Reihenfolge als Paar vorgelegt wurde und jeweils das größere der beiden gewählt werden sollte. Die Anzahl der Wahlen eines Rechtecks in allen Paarvergleichen repräsentiert also die Position, die ein Proband diesem Rechteck in der Rangreihe aller Rechtecke gibt. Untersucht wurden 100 Kinder im Alter von fünf bis zehn Jahren und 26 Erwachsene.

Nach bisher vorliegenden Ergebnissen der Informationsintegrationstheorie wurde erwartet, daß Vorschulkinder additiv, Schulkinder

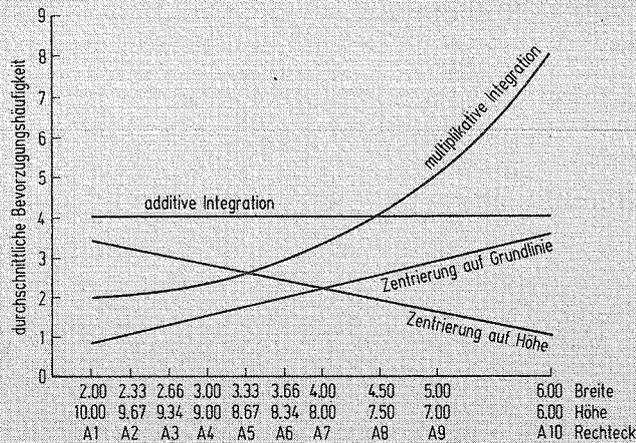


Abb. 8.11 Erwartete Kurvenverläufe bei vier Strategien der Flächenschätzung: Zentrierung auf die Höhe, Zentrierung auf die Grundlinie, additive Integration von Grundlinie und Höhe, multiplikative Integration von Grundlinie und Höhe (nach Lohaus & Trautner 1985).

und Erwachsene multiplikativ integrieren. Empirisch erwies sich, daß die Gruppendaten für die Altersstichproben in etwa diesen Erwartungen entsprachen (vgl. Abb. 8.12a). Es gab allerdings auch Indizien dafür, daß die Probanden einer Altersgruppe nicht einheitlich operieren. Durch Clusteranalysen wurden für die jüngste Gruppe zwei Verlaufsmuster getrennt, die diametral entgegengesetzt waren, also unterschiedliche Strategien repräsentieren. Die Subgruppe 1 scheint auf die Höhe zu zentrieren, während die Ergebnisse der Subgruppe 2 entweder einer Multiplikationsstrategie oder aber einer Zentrierungsstrategie auf die Grundlinie entsprechen (vgl. Abb. 8.12b). Zwischen beiden ist eine empirische Trennung nicht eindeutig möglich. Die Durchschnittsdaten der Gesamtgruppe ergeben also ein falsches Bild.

Die Experimente zur Informationsintegrationstheorie wurden viel beachtet und kontrovers diskutiert. Wilkening (1980, 1981) hat viele einfallsreiche Experimente mit der Methode des funktionalen Messens durchgeführt, u. a. zur Flächenschätzung, zur Integration von Zeit, Weg und Geschwindigkeit. Die erwähnten methodischen Probleme der varianzanalytischen Auswertung von Stichproben wurden vor allem von Gigerenzer (1983) herausgestellt. Die künftige Forschung wird diese zu beachten haben. Diese Diskussion unterstreicht die Bedeutung der Methode in der Gewinnung von Erkenntnis. Für eine abschließende Bewertung der Ergebnisse müssen weitere Forschungen abgewartet werden.

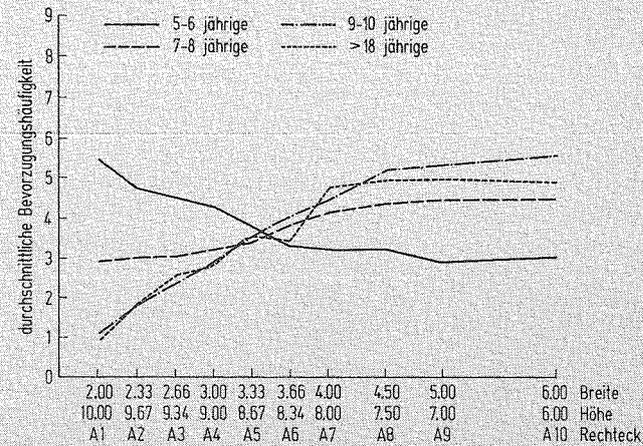


Abb. 8.12a Kurvenverläufe der Bevorzugungshäufigkeit in verschiedenen Altersgruppen (nach Lohaus & Trautner 1985).

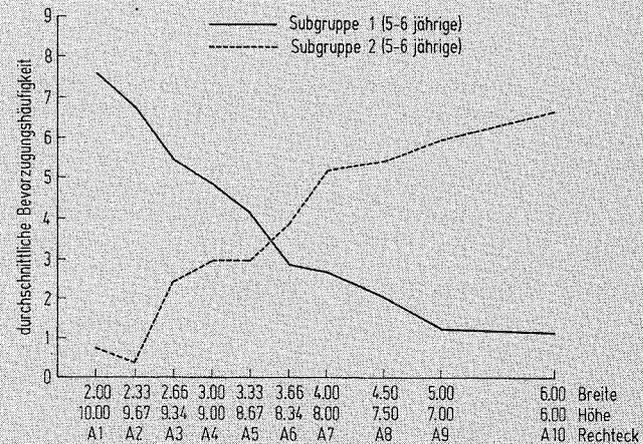


Abb. 8.12b Gegensätzliche Verläufe der Bevorzugungshäufigkeiten zweier empirisch ermittelter Subgruppen der Stichprobe fünf- und sechsjähriger Probanden. Der in Abbildung 8.12a dargestellte durchschnittliche Verlauf dieser Altersgruppe repräsentiert nicht die wirklichen Verläufe der beiden Subgruppen (Erläuterungen im Text) (nach Lohaus & Trautner 1985)

Das formal-operatorische Stadium

Was sind die neuartigen Leistungen der formalen Operation? Vielfach ist zu lesen, das konkret-operatorisch denkende Kind könne noch nicht mit abstrakten Zeichensystemen operieren, es benötige eine Abstützung

des Denkens auf konkret-anschauliche Gegebenheiten. Gewiß wird das Operieren mit abstrakten Symbolen und Zeichen mit dem Fortschritt der geistigen Entwicklung verbessert, aber dies trifft nicht den Kern der Unterscheidung zwischen formal- und konkret-operatorischem Denken.

Im konkret-operatorischen Denken ist das Kind beschränkt auf gegebene Informationen, seien sie konkret-anschaulich oder in abstrakter Weise (etwa sprachlich) repräsentiert. Demgegenüber reicht das formal-operatorische Denken, das im Jugendalter die konkret-operatorischen Strukturen ergänzt, in spezifischer und systematischer Weise über vorgegebene Informationen hinaus.

Versuch: Wir stellen Schüler unterschiedlichen Alters die Frage, von welchen Faktoren die Frequenz eines Pendels abhängt, von seinem Gewicht oder von seiner Länge. Wir demonstrieren, daß ein kurzer/schwerer Pendel rasch schwingt, ein langer/leichter hingegen langsam (vgl. Abb. 8.13). Das Vorschulkind (vor-operatorisches Stadium) neigt dazu, nur eine der beiden Dimensionen zu beachten: Es wird sagen, ein kurzer Pendel schwinde schneller, oder es wird behaupten, ein schwerer Pendel schwinde schneller, je nachdem welches der beiden in der Demonstration kombinierten Merkmale es gerade ins Auge faßt.

Das Kind der Grundschule (konkret-operatorisches Stadium) kann bereits mehrere Merkmale kombinieren und wird sagen, ein kurzer *und* schwerer Pendel schwinde schneller (dies kann es ja beobachten), es leistet also eine logische Konjunktion beider Dimensionen, die in diesem Falle allerdings nicht zur korrekten Lösung des Problems führt, da das Gewicht des Pendels irrelevant ist.

Der Sekundarschüler (formal-operatorisches Stadium) löst sich von den konkret beobachteten Fällen (kurz/schwer und lang/leicht) und sieht diese als zwei von vier möglichen Kombinationen der beiden Variablen Gewicht und Länge, wenn diese je zwei Werte aufweisen. Der Sekundarschüler wird sagen, er könne die Frage erst beantworten, wenn auch die noch nicht realisierten Kombinationen

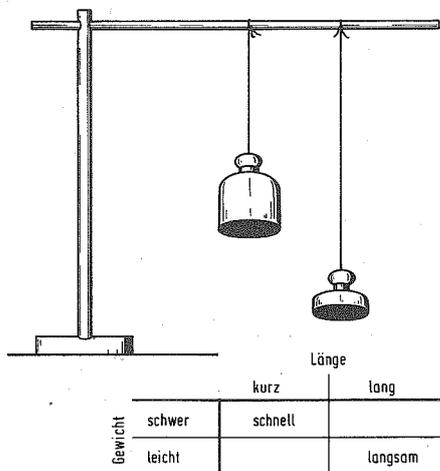


Abb. 8.13 Pendelversuch zur Ermittlung des Stadiums der geistigen Entwicklung

der beiden Dimensionen empirisch geprüft sind, wenn er also auch einen langen/schweren und einen kurzen/leichten Pendel beobachtet hat. Er wird Hypothesen formulieren und sagen, daß vielleicht nur das Gewicht oder nur die Länge oder aber beide Variablen die Pendelfrequenz determinieren.

Aufbau kombinatorischer Systeme

Dies ist ein deutliches Anzeichen für den Aufbau kombinatorischer Strukturen, die die Basis systematischer Hypothesenbildung und planvollen Experimentierens darstellen (Piaget & Inhelder 1977).

Piaget gibt als Beispiel den einfachsten Fall eines solchen kombinatorischen Systems, aus dem heraus sich empirisch zu prüfende Hypothesen ableiten lassen, die möglichen Kombinationen zweier zweiwertiger Variablen. Wir führen folgende Zeichen ein:

| | | |
|----------------------|---------|-----------|
| Pendelfrequenz: | hoch | + |
| | niedrig | - |
| Länge des Pendels: | lang | p |
| | kurz | \bar{p} |
| Gewicht des Pendels: | schwer | q |
| | leicht | \bar{q} |

Die Pendelfrequenz (+, -) kann von den Variablen Länge (mit den Werten p, \bar{p}) und/oder Gewicht (mit den Werten q, \bar{q}) abhängen oder nicht. Eine empirische Abklärung erfordert die Beobachtung aller vier möglichen Kombinationen der beiden zweiwertigen Variablen.

Tabelle 8.2 enthält die möglichen empirischen Ergebnisse und die entsprechenden Hypothesen in sprachlicher Form. Darüber hinaus ist eine aussagenlogische Formulierung gewählt.

Tabelle 8.2 Überblick über die 16 möglichen Abhängigkeiten hoher Pendelfrequenz (+) von den beiden zweiwertigen Variablen Länge (lang = p, kurz = \bar{p}) und Gewicht (schwer = q, leicht = \bar{q})

| mögliches Beobachtungsergebnis | Hypothese | Aussagenlogische Form | | | | | | |
|---|-----------|-----------------------|---|--|----------------------------------|--------------------|--|-----------------|
| 1 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>\bar{p}</td></tr> <tr><td>q</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>\bar{q}</td></tr> </table> | | \bar{p} | q | | | \bar{q} | Hohe Pendelfrequenz (+) kommt nicht vor, d. h. sie ist nicht abhängig von Länge oder Gewicht des Pendels | „Kontradiktion“ |
| | \bar{p} | | | | | | | |
| q | | | | | | | | |
| | \bar{q} | | | | | | | |
| 2 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>+</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> </table> | + | | | | + bei langem und schwerem Pendel | $p \wedge q$ | | |
| + | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 3 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>+</td><td></td></tr> </table> | | | + | | + bei langem und leichtem Pendel | $p \wedge \bar{q}$ | | |
| | | | | | | | | |
| + | | | | | | | | |
| 4 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>+</td></tr> <tr><td></td><td></td></tr> </table> | | + | | | + bei kurzem und schwerem Pendel | $\bar{p} \wedge q$ | | |
| | + | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

(Fortsetzung Seite 442)

| mögliches Beobachtungsergebnis | Hypothese | Aussagenlogische Form | | | | |
|--|-----------|-----------------------|---|---|--|---|
| 5 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>+</td></tr></table> | | | | + | + bei kurzem und leichtem Pendel | $\bar{p} \wedge \bar{q}$ |
| | | | | | | |
| | + | | | | | |
| 6 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>+</td><td></td></tr><tr><td>+</td><td></td></tr></table> | + | | + | | + bei langem Pendel, das Gewicht ist irrelevant | p |
| + | | | | | | |
| + | | | | | | |
| 7 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td></td><td></td></tr></table> | + | + | | | + bei schwerem Pendel, die Länge ist irrelevant | q |
| + | + | | | | | |
| | | | | | | |
| 8 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>+</td><td></td></tr><tr><td></td><td>+</td></tr></table> | + | | | + | bei langem und schwerem sowie bei kurzem und leichtem Pendel | $p \leftrightarrow q$ $= (p \wedge q) \wedge (\bar{p} \wedge \bar{q})$ |
| + | | | | | | |
| | + | | | | | |
| 9 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td></td><td>+</td></tr><tr><td>+</td><td></td></tr></table> | | + | + | | + bei kurzem und schwerem sowie bei langem und leichtem Pendel, d. h. der Pendel darf entweder lang oder schwer sein, nicht beides | $p \downarrow q$ $= (\bar{p} \wedge q) \vee (p \wedge \bar{q})$ |
| | + | | | | | |
| + | | | | | | |
| 10 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td></td><td></td></tr><tr><td>+</td><td>+</td></tr></table> | | | + | + | + bei leichtem Pendel, Länge ist irrelevant | \bar{q} |
| | | | | | | |
| + | + | | | | | |
| 11 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td></td><td>+</td></tr><tr><td></td><td>+</td></tr></table> | | + | | + | + bei kurzem Pendel, Gewicht ist irrelevant | \bar{p} |
| | + | | | | | |
| | + | | | | | |
| 12 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>+</td><td></td></tr></table> | + | + | + | | + bei langem oder schwerem Pendel, d. h. ein kurzer Pendel muß schwer sein ($\bar{p} \rightarrow q$) | $p \vee q$ $= \bar{p} \rightarrow q$ |
| + | + | | | | | |
| + | | | | | | |
| 13 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>+</td><td></td></tr><tr><td>+</td><td>+</td></tr></table> | + | | + | + | + bei langem oder leichtem Pendel, d. h. ein kurzer Pendel muß leicht sein ($\bar{p} \rightarrow \bar{q}$) | $p \vee \bar{q}$ $= \bar{p} \rightarrow \bar{q}$ |
| + | | | | | | |
| + | + | | | | | |
| 14 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td></td><td>+</td></tr></table> | + | + | | + | + bei kurzem oder schwerem Pendel, d. h. ein langer Pendel muß schwer sein ($p \rightarrow q$) | $\bar{p} \vee q$ $= p \rightarrow q$ |
| + | + | | | | | |
| | + | | | | | |
| 15 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td></td><td>+</td></tr><tr><td>+</td><td>+</td></tr></table> | | + | + | + | + bei kurzem oder leichtem Pendel, d. h. ein langer Pendel muß leicht sein ($p \rightarrow \bar{q}$) | $\bar{p} \vee \bar{q}$ $= p \rightarrow \bar{q}$ |
| | + | | | | | |
| + | + | | | | | |
| 16 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>+</td><td>+</td></tr><tr><td>+</td><td>+</td></tr></table> | + | + | + | + | + hohe Pendelfrequenz wird in allen Fällen beobachtet, also sind Länge und Gewicht irrelevant | Tautologie |
| + | + | | | | | |
| + | + | | | | | |

- \wedge = Zeichen für die logische Konjunktion „und“;
 \vee = Zeichen für die logische Disjunktion „einschließendes oder“
 \leftrightarrow = gegenseitige Implikation
 \downarrow = „ausschließendes entweder-oder“
 \rightarrow = Implikation

Das kombinatorische System mit 16 Fällen ist ein einfaches System. Sowohl die Anzahl der Variablen als auch die Anzahl der Werte (Stufen) einer Variablen kann größer als zwei sein. Eine systematische Erstellung eines vollständigen kombinatorischen Systems zum Zwecke der Hypothesenbildung und -abklärung ist wissenschaftlicher Arbeit vorbehalten. Auch bei weniger systematischem Vorgehen bei alltäglichen Problemen läßt sich erkennen, ob auf der Basis eines oder weniger beobachteter Fälle geurteilt wird oder ob weitere Beobachtungen oder Informationen gesucht oder nachgefragt werden. Auf dem formal-operatorischen Niveau bemüht sich ein Problemlöser um *Variablenkontrolle* und *Hypothesenbildung*, auch wenn der Versuch nicht unternommen wird oder nicht gelingt, das Netz der relevanten Variablen vollständig zu knüpfen.

Ein erstes zentrales Merkmal des formal-operatorischen Denkens ist dadurch umschrieben. Auf dem formal-operatorischen Niveau klebt das Kind nicht mehr an gegebenen Informationen. Es abstrahiert aus Beobachtungen und Aussagen mögliche Einflußvariablen, erstellt ein System möglicher Kombinationen solcher Einflußvariablen, das prinzipiell vollständig überprüft werden muß, bevor eine korrekte Antwort gegeben werden kann.

Galilei konnte das Trägheitsgesetz („Eine Bewegung ist in Richtung und Geschwindigkeit konstant, bis eine äußere Kraft einwirkt.“) nicht an anschaulichen Gegebenheiten beobachten. Keine beobachtbare Bewegung auf der Erde ist in Richtung und Geschwindigkeit konstant. Es beruht auf einer Abstraktion von Variablen und ihrer gedanklichen Kombination. Es ist eine Denkmöglichkeit, also eine Leistung des formal-operatorischen Niveaus, und zwar eine Glanzleistung.

Zwei Formen der Reversibilität: Negation und Reziprozität

Entwicklung ist nach Piaget gleichbedeutend mit dem Aufbau immer komplexerer Strukturen. Insofern ist für ihn der Systemcharakter, der innere Aufbau, wichtig. Was ist die Struktur des in *Tabelle 8.2* dargestellten kombinatorischen Systems? Es gibt mehrere. In *Abb. 8.14* ist nach einer Systematisierung von Brandstätter und von Eye (1982) gezeigt, wie durch Kombination von Fällen neue Fälle gebildet werden. Links sind jeweils die Ereignisse registriert, die rechts aussagenlogisch beschrieben sind. „Die in einer Zeile aufgeführten Ereignisse bzw. Aussagen können entsprechend der eingezeichneten Verbindungslinien paarweise durch Konjunktion („und“) zu einem in der darüberliegenden Zeile angeschriebenen Ereignis verknüpft werden“ (a. a. O. S. 5). Entsprechend können die Ereignisse bzw. Aussagen der gleichen eingezeichneten Linie disjunktiv („oder“) zu einem in der darunterliegenden Zeile angeschriebenen Ereignis paarweise verknüpft werden. Zwei Beispiele

seien genannt: (1) Zelle 7 (q) ist durch Konjunktion der Zellen 12 (p ∨ q) und 14 (p̄ ∨ q) zu bilden: (p ∨ q) ∧ (p̄ ∨ q) = q. (2). Zelle 13 (p ∨ q̄) ist durch disjunktive Verknüpfung der Zellen 6 (p) und 10 (q̄) zu bilden.

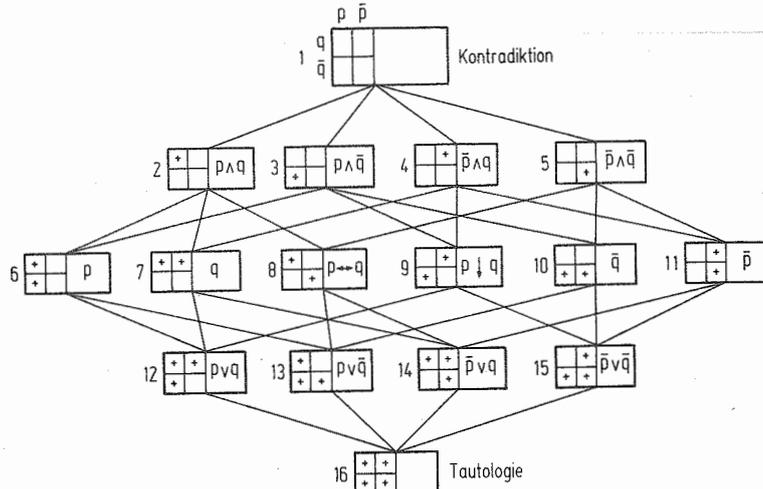


Abb. 8.14 Aussagenlogische Beziehungen im System der Kombination zweier binärer Variablen (aus Brandtstädter & von Eye 1982).

In diesem System sind noch weitere Relationen zu spezifizieren. So sind Gruppen von 4 Zellen durch die Relationen Identität (I), Negation (N), Reziprozität (R) und Korrelation (C) verbunden. Sie bilden die sogenannte Klein'sche Vierergruppe INRC, in der durch spezifische Transformationen jedes Element in jedes andere Element der Gruppe überführt werden kann (vgl. Abb. 8.15).

Ein Beispiel: Wir wollen die Wirkung zweier Medikamente p und q auf eine Krankheit untersuchen. Die Ausgangshypothesen sind folgende: Die Krankheit werde geheilt, wenn p oder q (oder beide) verabreicht werden (p ∨ q). Wir nennen dies die identische Transformation (*Identität*). Dies ist eine der 16 Möglichkeiten. Sie bildet mit drei anderen eine Vierergruppe.

Die Negation von (p ∨ q) heißt (p̄ ∧ q̄): p und q dürfen *nicht* gegeben werden (weder p noch q noch beide dürfen gegeben werden). Die reziproke Transformation ist (p̄ ∨ q̄): entweder p oder q weglassen oder beides. Die korrelierende Transformation ist (p ∧ q): Beide müssen gemeinsam gegeben werden, damit eine Heilung erreicht wird.

Die Wahrheitstafel in *Tabelle 8.3* verdeutlicht die Zusammenhänge und klärt auf, was Negation, Reziprozität und Korrelation hier bedeuten. Eine Heilung ist mit w (= wahr), ein Fehlschlag mit f (= falsch) symbolisiert.

Tabelle 8.3 Wahrheitstafeln der Vierergruppe INCR mit (p ∨ q) als I

| | | I = (p ∨ q) | N = (p̄ ∧ q̄) | R = (p̄ ∨ q̄) | C = (p ∧ q) |
|----|----|-------------|---------------|---------------|-------------|
| p | q | w | f | f | w |
| p̄ | q | w | f | w | f |
| p | q̄ | w | f | w | f |
| p̄ | q̄ | f | w | w | f |

Das ist nicht die einzige Vierergruppe des Systems der 16 binären Kombinationen. Die Aussagen (p̄ ∨ q) als I, (p ∧ q) als N, (p ∨ q̄) als R und (p̄ ∧ q) als C bilden eine weitere.

Piaget stellt dieses Teilsystem immer wieder heraus, weil es eine Gruppe von Aussagen verbindet, in denen die Anwendung irgendeiner der definierten Transformationen oder einer Kombination dieser Transformationen wiederum zu einer dieser vier Aussagen führt, wobei verschiedene Transformationen zum gleichen Ergebnis führen können. Die Kohärenz dieser Aussagengruppe beeindruckte ihn und ließ ihn zur Überzeugung gelangen, daß hiermit ein Höhepunkt der Denkentwicklung erreicht ist.

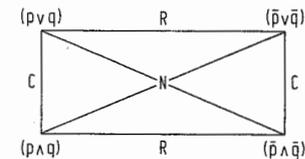


Abb. 8.15 Schema einer Vierergruppe aus den 16 Fällen der Kombination zweier binärer Variablen.

Suchen wir nach Gründen für die Faszination, die die Vierergruppe auf Piaget ausübt, treffen wir auf den Begriff „Beweglichkeit“, der in seinem Denken eine große Bedeutung hat. Piaget sieht die geistige Entwicklung als eine Entwicklung auf größere Beweglichkeit des Denkens hin. So ist das Operieren innerhalb eines Systems gegenüber Reiz-Reaktions-Sequenzen durch größere Beweglichkeit gekennzeichnet.

Die Gruppierung der additiven Klassenkomposition des konkret-operatorischen Denkens garantiert die Beweglichkeit des Denkens durch die *Inversion* und *Assoziativität*. Das heißt, man kann von verschiedenen Punkten aus zu einem gleichen Ergebnis kommen, man kann Operationen vollziehen und wieder rückgängig machen (Reversibilität der Operationen) sowie auf verschiedenen Lösungswegen zum gleichen Ziel kommen. Die Gruppe der ganzen Zahlen verdeutlicht diesen Aspekt der Beweglichkeit in besonders anschaulicher Weise: Alle Elemente (die ganzen Zahlen) sind durch die Operationen der Addition und Multipli-

kation (und ihren Umkehrungen Subtraktion und Division) kombinierbar. Jedes Element ist durch die Kombination vieler anderer Elemente erreichbar, alle Elemente sind miteinander verknüpfbar.

Die Gruppe der vier Operationen INRC verbindet zwei Formen der Reversibilität, die Negation (Rückgängigmachen der direkten Operation) und die reziproke Operation (Ausgleich der direkten Operation auf andere Weise). Das bewegliche Zusammenspiel von Negation und reziproker Operation wird bei physikalischen Problemen deutlicher als in der Aussagenlogik.

Hebelgesetze: Physikalische Systeme, deren Transformationen die INRC-Gruppenstruktur aufweisen, sind von folgender Art: Das System enthält zwei verschiedene Operationen, die genau gleiche Effekte haben. So kann man in einem Hebelsystem den gleichen Effekt auf zwei verschiedene Weisen erreichen: einmal durch Veränderung des Gewichtes und zum zweiten durch Veränderung der Distanz zum Drehpunkt.

Ein Beispiel: An einer Balkenwaage seien im Abstand von jeweils d_1 von der Achse Gewichte von jeweils 2 kg am rechten und linken Hebelarm. Wir stören nun dieses Gleichgewicht, indem wir ein Gewicht von 1 kg im Abstand von d_2 an den linken Hebelarm hängen (Abb. 8.16). Der Einfachheit halber sei $d_2 = 2 \times d_1$. Wie können wir die Waage wieder ins Gleichgewicht bringen?

Wir haben die Möglichkeit der Negation, d. h. wir machen die gleichgewichtsstörende Operation rückgängig und entfernen das Gewicht im Abstand von d_2 am linken Hebelarm.

Wir haben zweitens die Möglichkeit der reziproken Operation, d. h. wir entfernen das Gewicht im Abstand d_1 am linken Hebelarm.

Wir haben eine dritte Möglichkeit einer korrelativen Operation (C), die darin besteht, daß wir im Abstand d_1 auf dem rechten Hebelarm ein Gewicht von 2 kg hinzufügen.

Wir folgen Piaget, daß die Integration dieser Operationen in ein Gesamtsystem der Hebelgesetze die Beweglichkeit und die Leistungen des Denkens verbessert, daß diese Operationen insofern eine Gruppe bilden, als die Kombination irgendwelcher dieser Operationen jeweils zu einem Resultat führt, das auch auf andere Weise entstehen kann.

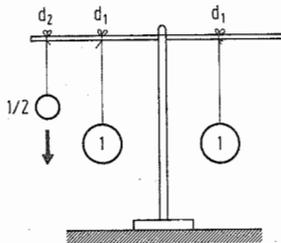


Abb. 8.16 Anordnung für die Prüfung des Verständnisses der Hebelgesetze

Variablenkontrolle

In den Erfahrungswissenschaften ist das Vorgehen der Variation eines Faktors unter Konstanzhaltung anderer Faktoren oder Bedingungen gebräuchlich. Dies setzt die Fähigkeit voraus, alle Möglichkeiten zu überschauen und systematisch durchzuprobieren. Dieses Vorgehen ist mit Hilfe der auf dem formal-operatorischen Niveau konstruierten kombinatorischen Systeme möglich, wie folgender Versuch zeigt. (Die Beschreibungen sind Oerter 1967, S. 299, entnommen.)

Versuch: Piaget und Inhelder (1955) legten den Versuchspersonen vier gleiche Fläschchen mit geruch-, geschmack- und farblosen Flüssigkeiten vor, die sich äußerlich in nichts voneinander unterschieden. Fläschchen 1 enthielt gelöste Schwefelsäure, Fläschchen 2 Wasser, Fläschchen 3 Wasserstoffsuperoxyd, Fläschchen 4 Thiosulfat. Dazu kam noch ein Gefäß mit Tropfenzähler, das Kaliumjodid enthielt (g). Bei Vermischung von 1 und 3 mit einigen Tropfen aus g färbt sich die Flüssigkeit gelb. Bei Hinzufügen von 2 ändert sich nichts, bei Zuschütten von 4 verschwindet die gelbe Farbe. Der Versuchsleiter zeigte dem Kind zwei Gläser, die scheinbar die gleiche Flüssigkeit enthielten und setzte bei beiden einige Tropfen aus g hinzu. Da das eine Glas aus 1 und 3 gemischt war, färbte sich die Flüssigkeit gelb, das andere Glas, das nur Wasser enthalten hatte, zeigte keinen Effekt. Das Kind sollte das gleiche Ergebnis unter Benutzung der vier bereitgestellten Fläschchen und des Gefäßes erzielen.

Schon die sieben- bis zehnjährigen bemühten sich um eine systematische Lösung. Sie mischten g mit allen anderen Flüssigkeiten einzeln oder schütteten alle Flüssigkeiten zusammen. Die Lösung erfordert aber ein komplexeres Denken. Der Farbeffekt kann erst bei Verwendung formaler Operationen durch Mischung dreier Flüssigkeiten ($1 + 3 + g$) bei gleichzeitiger Abwesenheit der vierten (4) erzielt werden. Auf der Stufe der formalen Operationen erstellt der Jugendliche (nach anfänglichen Fehlversuchen) alle möglichen Kombinationen, auch die möglichen sechs zweier Flüssigkeiten mit g. Damit ist eine Variablenkontrolle realisiert.

Verständnis für Proportionen

Neben der Variablenkontrolle auf der Basis eines kombinatorischen Systems und der Vereinigung von Negation und reziproker Operation stellt für Piaget das Verständnis für Proportionen das zentrale Kennzeichen des formal-operatorischen Niveaus dar. Als Beispiel wählen wir zu Beginn ein Experiment der Genfer Schule (Piaget & Inhelder 1955).

Versuch: Es werden dem Kind drei Holzstücke A, B, C mit den Längen 5, 10 und 15 cm vorgelegt. Man erklärt ihm, daß diese Holzstücke Fische darstellen und daß es diese füttern soll. Als Futter bekommt es Perlen. Man erklärt ihm danach, daß der Fisch von 10 cm doppelt so viel frißt wie der Fisch von 5 cm und daß der Fisch von 15 cm dreimal so viel frißt wie der 5 cm große. Man stellt dem

Kind dann folgende Fragen: Wieviel Futter sollen wir den Fischen A und C geben, wenn wir wissen, daß der Fisch B 4 Perlen frißt? Wieviel Perlen sollen wir den Fischen A und B geben, wenn wir dem Fisch C 9 Perlen geben?

Man kann vier Stadien unterscheiden. Während des ersten Stadiums (fünf bis sechs Jahre) erkennt das Kind nur einen qualitativen Zusammenhang. Irgendeine Lösung ist für das Kind annehmbar, vorausgesetzt, daß der Fisch B mehr als A und der Fisch C mehr als B bekommt. Die Anzahl der Futterperlen stellen nur Symbole dieser nicht quantifizierten Ordnungsrelation dar.

In einem zweiten Stadium (beginnend mit sechs und sieben Jahren) beginnt die numerische Quantifikation. Die Lösungen sind dann die ganzzahligen Reihen 3, 4, 5 oder 7, 8, 9. Durch wiederholte Addition der Einheit 1 versucht hier das Kind, die qualitative Reihenfolge A, B, C zu quantifizieren. Aber dies ergibt doch nur einen ordinalen Zusammenhang (mehr, gleich, weniger).

Im dritten Stadium (sieben bis acht Jahre) gelangt das Kind zu einer „hyperordinalen“ Reihe. Die Lösungen sind hier von der Form 5, 7, 9. Die Kinder erkennen, daß die Unterschiede zwischen A-B und B-C gleich sein sollen. Sie stellen hier eine numerische Äquivalenz her, aber auf der Basis gleicher Differenzen, nicht proportionaler Differenzen.

Im vierten Stadium (beginnend vom achten bis neunten Lebensjahr) gelangen die Kinder zu Lösungen im Sinne der Proportionalität. Typische Antworten zur zweiten der oben genannten Fragen lauten beispielsweise: „Ich teile durch drei und bekomme, wieviel A frißt, das macht 3, dann verdopple ich für B, das macht 6.“

An diesem Beispiel lassen sich die drei *Etappen der Quantifikation* erkennen. Zuerst gibt es nur eine *intensive* Quantifikation, wie Piaget sagt, d. h. es wird eine Ordnungsrelation (Seriation) erkannt ohne Quantifizierung der Abstände. Später gelingt dem Kind eine *extensive* Quantifikation im Sinne gleicher Differenzen und erst zum Schluß eine Quantifikation unter Beachtung proportionaler Beziehungen.

Das proportionale Denken ist insbesondere auch am oben beschriebenen und in der Forschung häufig aufgegriffenen Problem der Balkenwaage untersucht worden, wo wir eine umgekehrte Proportion von Achsenabstand (Hebelarm) und Gewicht haben. Ein weiteres Beispiel, an dem die Etappen dieser Entwicklung deutlich erkennbar werden, ist von Noeltling (1980) eingehender untersucht worden.

Versuch: Den Kindern werden zwei leere Gefäße gezeigt: A und B. Der Versuchsleiter erklärt, daß er nun einige Becher mit Flüssigkeiten in jedes der Gefäße gießen wird. Einige dieser Becher enthalten Orangensaft, andere enthalten Wasser. Die Aufgabe des Kindes besteht darin, vorauszusagen, welches der beiden Gefäße schließlich eine Mischung aus Orangensaft und Wasser enthalten wird, die stärker nach Orangensaft schmeckt. Der Proband kann die Zahl der Becher zählen, die in jedes Gefäß gegossen werden sollen, aber er darf die Becher

nicht wirklich in das Gefäß gießen und probieren. Man kann nun folgende Sequenz von Lösungsstrategien unterscheiden:

Strategie I (drei bis viereinhalb Jahre) besteht in einem isolierten Zentrieren. Das Kind beurteilt jede Reihe mit Bechern für sich, ohne Vergleich. Es registriert lediglich, ob ein Becher mit Saft dabei ist oder nicht. Es löst daher nur jene Probleme, in denen nur auf einer Seite ein Glas mit Saft steht (*Abb. 8.17a*), es versagt in allen anderen Fällen (*Abb. 8.17b, c, d*).

Strategie II (viereinhalb bis sechs Jahre): eindimensionaler Vergleich. In dieser Periode registrieren die Kinder nicht nur die Anwesenheit oder Abwesenheit von Saft auf jeder Seite, sondern auch die Quantität des Saftes, das ist die Anzahl der Becher mit Saft. Ihre Antwortstrategie ist vergleichend und nicht mehr nur absolut. Sie haben Erfolg in allen Fällen, in denen das Zählen der Saftbecher auf jeder Seite die Lösung ermöglicht (*Abb. 8.17a, b* im Gegensatz zu *Abb. 8.17c, d*), d. h. sie behaupten, jenes Gefäß schmecke mehr nach Orangensaft, in das mehr Saftbecher gegossen werden.

Strategie III (sieben bis acht Jahre): zweidimensionaler Vergleich. Nun wird nicht mehr nur die Zahl der Saftbecher, sondern auch die Zahl der Wasserbecher beachtet. Die Strategie besteht darin, die relative Zahl der Wasser- und der Saftbecher auf jeder Seite zu kalkulieren und jene Seite zu wählen, bei der die Zahl der Saftbecher überwiegt. Wenn auf beiden Seiten nun aber die Zahl der Saftbecher überwiegt (*Abb. 8.17d*) oder wenn beide Seiten mehr Wasserbecher haben, sind die Kinder noch nicht zu einer korrekten Antwort fähig.

Strategie IV (neun bis zehn Jahre): zweidimensionaler Vergleich mit Quantifizierung. Im Alter von neun Jahren etwa beginnen die Kinder nicht nur die relative Zahl von Saft- und Wasserbechern zu betrachten, sondern die Proportion zu quantifizieren, so daß sie alle Probleme lösen können.

Es wird an diesem Beispiel deutlich, daß die Sequenz der Strategien eine Logik hat, daß jede Strategie eine modifizierte und leistungsfähigere Version der vorhergehenden darstellt. Alle Strategien lösen einige Probleme und alle machen in einer gewissen Weise Sinn. Jedes höhere Niveau erlaubt die Lösung einer größeren Zahl und Vielfalt von Problemen, da es einige neue relevante Aspekte der Aufgabe einschließt. Piaget würde sagen: Jede neue Strategie schließt die Elemente der vorhergehenden ein, ist aber differenzierter und gleichgewichtiger als diese. Wir werden auf diesen Versuch zurückkommen, wenn wir Piagets genetische Erklärungsweise diskutieren.

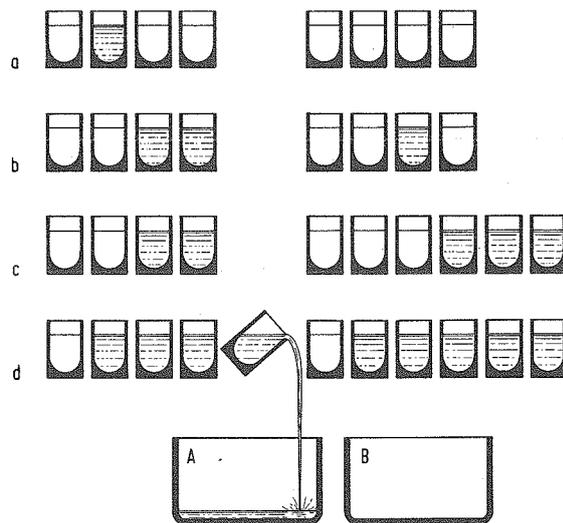


Abb. 8.17 Anordnung zur Prüfung des Proportionsverständnisses

3. Piagets Entwicklungstheorie

Nach den Entwicklungsbeschreibungen haben wir die Entwicklungstheorie, die Erklärung der Entwicklungsveränderungen zu behandeln. In den nächsten Abschnitten sind einige der Grundbegriffe und -hypothesen Piagets erläutert.

Schema, Struktur, Assimilation und Akkommodation

Schema, Struktur: Die Begriffe Schema und Struktur werden zunächst als Abstraktion und als kategorisierende Zusammenfassung von Handlungsweisen gebraucht. Zum Beispiel variiert jede Handlung des Greifens, des Werfens, des Schüttelns oder Saugens, je nach Gegenstand und Körperlage, je nach Situation. Es bedarf der Abstraktion, um von den Variationen abzusehen. Piaget faßt darüber hinaus Strukturen als (leistungs-)erklärende hypothetische Konstrukte (vgl. weiter unten).

Akkommodation und Assimilation: Piaget sieht eine Handlung oder geistige Operation durch ihre Struktur oder Form charakterisiert. Greifen, das ist ein Umfassen eines Objektes mit einem oder mehreren Körperteilen, z. B. mit Fingern und Handfläche oder mit Fingern alleine, mit den Armen, mit den Füßen. Das Schema oder die Struktur des Greifens wird je nach Situation und je nach zu greifendem Gegenstand in anderer

Weise realisiert. Diese Anpassung an die Situation oder den Gegenstand nennt Piaget Akkommodation des Schemas an den Gegenstand.

Die Akkommodation an den Gegenstand gelingt durchaus nicht immer auf Anhieb; sie mag ein schwieriges Neu- oder Umlernen erfordern. So versucht ein Kind mit den ihm geläufigen Schemavarianten Flüssigkeiten zu greifen: Wenn die einfache Assimilation von Flüssigkeiten mit den ausgebildeten Varianten des Schemas „Greifen“ mißlingt, muß es dieses Greifschema akkommodieren, bis es Flüssigkeiten „schöpfen“ kann. Wenn die Akkommodationsleistungen, wie in diesem Falle, eine sehr deutliche Differenzierung des Ausgangsschemas erfordern, wird man vielleicht eine neue Bezeichnung für diese Handlungsform (Schema) verwenden. Der Begriff Greifen wird durch Schöpfen ersetzt.

Struktur und Inhalt: Die Struktur oder Form einer Handlung unterscheidet Piaget also von der aktuellen Realisierung oder dem aktuellen Inhalt. Dies gilt ebenso für die Erwerbungen späterer Entwicklungsperioden: Das Schema oder die Struktur des Zählens kann z. B. auf beliebige Inhalte angewandt werden. Die Strukturen der additiven Klassenkomposition oder der Seriation können mit vielen verschiedenen Inhalten realisiert werden, die Struktur der Variablenkontrolle erlaubt die Erstellung von Hypothesen in jedem beliebigen Gegenstandsbereich.

Piagets Strukturmodelle

Welche Modelle wählt Piaget zur Beschreibung von Strukturen? Er kritisiert pointiert den Assoziationismus, der als einzigen Strukturtyp die Assoziation kennt. Er moniert, daß der Assoziationismus den deskriptiven Reichtum an Verhaltens- und Erkenntnisinhalten nicht annähernd angemessen abbildet. Die einzige Beziehung, die eine Assoziation ausdrücken kann, ist die zeitliche Aufeinanderfolge. Alle weiteren Beziehungen räumlicher, sozialer, kausaler, verwandtschaftlicher oder logischer Art sind im Modell der Assoziation nicht repräsentiert. Ein Reiz zieht eine assoziierte Reaktion nach sich, ein Reizwort ein Reaktionswort, ein Signal die Erwartung eines nachfolgenden Ereignisses. Die assoziierten Reaktionen können aufgrund unterschiedlicher Strukturen zustandekommen, z. B. können auf ein Reizwort wie „Stuhl“ aufgrund sehr verschiedener semantischer Beziehungsstrukturen sehr unterschiedliche Reaktionsworte assoziiert werden, beispielsweise:

Bein (Ganzes – Teil), Tisch (funktionale Gebrauchsbezeichnung), Sitzmöbel (Oberbegriff), Sessel (nebengeordnete Unterklasse unter dem Oberbegriff Sitzmöbel), bequem (affektive Qualität), Holzstuhl (Unterbegriff).

Wir erkennen dabei, daß die Assoziation selbst gelenkt wird durch unterschiedliche Strukturen, in denen Stuhl ein Element ist und die

jeweils assoziierten Begriffe andere Elemente darstellen, die mit Stuhl in unterschiedlichen Relationen stehen. Den Reichtum an Strukturen vollständiger auszuschöpfen, stellt Piaget als ein wichtiges Anliegen der Psychologie heraus.

Welche Strukturmodelle wählt er selbst? Er beschreibt die Entwicklung der Raum- und Zeitbegriffe, der physikalischen Mengenbegriffe, der Erklärungsweisen, der Klassenbildung, des Schlußfolgerns, der induktiven Regelfindung usw. Seine Themen weisen also einen großen qualitativen Reichtum auf. Seine Strukturmodelle aber repräsentieren diese qualitative Vielfalt nicht: Sie sind sehr abstrakt. Im voroperatorischen Denken sind es die allgemeinen Merkmale der Zentrierung auf eine Dimension, der Mangel an Beweglichkeit und Stabilität des Denkens. Auf dem konkret- und formal-operatorischen Niveau bietet er Gruppierungen und Gruppenstrukturen als Modelle an. Er sagt in seiner Autobiographie, daß er bereits als Jugendlicher vom Begriff der mathematischen Gruppe sehr beeindruckt war.

Die Gruppierungen enthalten aber nur zwei Formen der Verknüpfung (Addition und Multiplikation) mit ihren jeweiligen Umkehrungen (Subtraktion und Division). Auch bei Piaget bleibt also der qualitative Reichtum der Verknüpfungen unberücksichtigt, er wurde in die verknüpften Elemente verdrängt (Aebli 1978), wird dort aber nicht Gegenstand der Analyse. Verschiedene Dinge als Klasse zusammenzufassen, sie gegenüber anderen Klassen abzugrenzen, dies setzt ja spezifische Strukturbildungen voraus. Piaget analysiert diese nicht. Er beschreibt nur die logisch-mathematischen Verbindungen zwischen Klassen.

Wie die abstraktere Beziehung „gehört zu“ auf verschiedene Weisen interpretiert, konkretisiert werden kann (z. B. „ist Teil von“, „ist Merkmal von“, „ist Eigentum von“, „ist verwandt mit“), so kann auch die von Piaget betrachtete Addition auf sehr unterschiedlichen Beziehungen zwischen den addierten Elementen beruhen. Welche Bedeutung die Addition zweier Klassen hat, welche inhaltlichen Beziehungen diese Addition sinnvoll machen, betrachtet er nicht. Piagets Strukturtypen sind abstrakt, die inhaltliche Konkretisierung interessiert ihn nicht.

„So hat Piagets Gruppentheorie nichts über die Klassen zu sagen, in die das Kind die Erscheinungen seiner Umwelt einteilt, und nichts über die Beziehungen, die es zwischen diesen herstellt, so daß sie in einem gewissen Zeitpunkt der Entwicklung addierbar, subtrahierbar, multiplizierbar oder dividierbar werden und daß diese Operationen zusammen Gruppierungen bilden“ (Aebli 1978, S. 608).

Die Strukturen des formal-operatorischen Niveaus (Kombinatorik, Vierergruppe, Proportionalität) sind auf sehr viele Gegebenheiten anwendbar. Die abstrakte Formalisierung hat aber in Piagets Stufentheorie wichtige Implikationen, was im folgenden Abschnitt erläutert wird.

Piagets Verdienst liegt darin, daß er der erste Strukturalist unter den Denkpsychologen ist, wenn auch die Gestaltpsychologen eine gewisse Vorläuferfunktion haben. Heute ist dieser Gedanke weithin aufgegriffen worden. Er findet sich in viel reicherer Form in den Theorien des semantischen Gedächtnisses, der semantischen Netzwerke wieder (vgl. Kap. 9). Autoren wie Norman und Rumelhart (1978) sehen keinen Grund zu einer Beschränkung auf wenige Strukturtypen, wie Piaget sie beschreibt.

In semantischen Netzwerken werden alle Beziehungen ausdrückbar, die sprachlich, symbolisch oder handlungsmäßig darstellbar sind.

Piagets Stufenkonzept

Piaget versteht – wie gesagt – Strukturbegriffe nicht nur als Abstraktion beobachtbarer Handlungs- und Denkweisen, er gibt ihnen den Status von hypothetischen Konstrukten. Es bleibt darzulegen, ob und inwiefern dies sinnvoll ist.

Die Betrachtung eines Strukturmodells als hypothetisches Konstrukt ist immer dann gerechtfertigt, wenn verschiedene Verhaltensweisen, an denen gleiche strukturelle Merkmale erkannt werden, zur gleichen Zeit in der Entwicklung auftauchen. Wer das oben genannte Pendelproblem lösen kann, weil er einen Überblick über die möglichen Kombinationen der beiden Variablen Gewicht und Länge zu erstellen vermag, müßte – falls die Annahme einer über die spezifischen Inhalte hinausgehenden allgemeinen Struktur nützlich ist – andere Probleme dieser Art lösen können: z. B. das Problem, welche Kombination verschiedener Flüssigkeiten eine gewünschte Färbung ergibt, und das Problem, wovon die Biegsamkeit eines Metallstabes abhängt, wenn Metallart, Durchmesser und Massivität (massiv oder hohl) die Variablen sind (Piaget & Inhelder 1955).

Eine Entwicklungsstufe ist charakterisiert durch Strukturen, die aus Handlungen und Denkleistungen erschlossen werden. Genau in diesem Sinne verwendet Piaget Struktur- und Schemamodelle. Sie bezeichnen die strukturellen Gemeinsamkeiten inhaltlich unter Umständen sehr unterschiedlicher Verhaltensweisen und könnten damit die Gleichzeitigkeit des Auftretens dieser Verhaltensweisen in der Entwicklung erklären.

Horizontale Verschiebung: Ein Problem wirft die Beobachtung auf, daß die gleiche Struktur in unterschiedlichen Gegenstandsbereichen nicht zur gleichen Zeit (im gleichen Alter) realisiert wird. Piaget spricht von „horizontaler Verschiebung“. Bekannt geworden ist Piagets eigenes Beispiel für eine solche Verschiebung, die mit Regelmäßigkeit zu beobachten ist: Die Einsicht in die Invarianz bei Anordnungs- oder Formveränderungen wird hinsichtlich der Substanz (Menge, Anzahl) früher erreicht als hinsichtlich des Gewichtes und des Volumens eines Körpers, obwohl die Grundstruktur der Argumentation, die zu dieser Einsicht führt, in allen drei Bereichen die gleiche ist.

Piaget hat keine Theorie der Verschiebung entwickelt. Es sagt nicht, an welchen Inhalten eine Struktur leichter oder weniger leicht realisiert werden kann. Die Erwartung, daß alle Probleme der gleichen Struktur etwa zur gleichen Zeit gelöst werden können, entspricht dem Stufenkonzept, ist aber in jedem Fall empirisch zu prüfen, da weitere Faktoren

(z.B. Vertrautheit mit dem Gegenstandsbereich, Motivation usw.) die Realisierung der Struktur mitbestimmen (Aebli 1963).

Die von Piaget beschriebene Stufenfolge wird als notwendige Sequenz betrachtet, in der die jeweils höhere Stufe Elemente der vorausgehenden in ein umfassenderes System integriert (vgl. Noeltings Abfolge der Entwicklungsschritte des Verständnisses von Proportionalität weiter oben als Beispiel). Die dieser Theorie zugrundeliegende spezifische Erklärungsweise wird im folgenden Abschnitt behandelt.

Piagets genetisches Erklärungsmodell

Die Entwicklungspsychologie hat einmal die Aufgabe der Beschreibung entwicklungsmäßiger Veränderungen (Piaget wählt ein Stufenmodell), zweitens die Aufgabe der Erklärung dieser Veränderungen. Es gibt unterschiedliche Arten der Erklärung (vgl. Hoppe et al. 1977, S. 29ff), im folgenden soll die Erklärungsweise Piagets charakterisiert werden.

Für viele besteht das Ideal einer Erklärung in einer universellen Kausalerklärung, die die gesetzmäßige Verknüpfung von *bedingenden* Ereignissen oder Zuständen und *bedingten* Folgen voraussetzt. Solche Gesetze haben die Form: immer wenn p, dann auch q. Gesetze dieser Art enthalten also eine hinreichende Bedingung p, aus der sich notwendig die Folge q ergibt. Hiervon zu unterscheiden sind z. B. Gesetze, die nur eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung für das Eintreten der Folge q angeben. Eine positive Voraussage ist nur dann mit Sicherheit zu treffen, wenn die Erklärung vom Typ der hinreichenden Bedingtheit ist, nicht aber wenn sie vom Typ der notwendigen Bedingtheit ist. Dieser zweite Typ läßt sich nur im Sinne einer negativen Voraussage verwenden: Wenn wir die notwendigen Bedingungen eines Phänomens kennen, können wir bei ihrem Fehlen voraussagen, daß das Bedingte nicht eintreten wird. Ist die notwendige Bedingung gegeben, können wir das Eintreten der bedingten Folge nur als Möglichkeit voraussagen. Beobachten wir hingegen die Folge, können wir rückschließend sagen, daß deren notwendige Antezedenzbedingungen in der Vergangenheit ebenfalls vorgekommen sein müssen.

Die Psychologie kennt bislang kaum Gesetze mit hinreichenden Bedingungen, meist nicht einmal solche mit notwendigen Bedingungen, denn es müßte belegt sein, daß die Folge q immer p voraussetzt und nicht etwa auch ohne p, sondern durch o oder p' eintreten kann. Vieles von dem, was die Psychologie als Bedingung einer Veränderung ausgemacht hat, kann durch andere Bedingungen ersetzt werden.

Piagets Anspruch ist die Formulierung von Gesetzen mit notwendigen Bedingungen. Er behauptet, die von ihm beschriebenen Stufenfolgen seien notwendige Abfolgen. Jede Stufe sei notwendige, wenn auch nicht hinreichende Bedingung (oder Voraussetzung) für das Erreichen der nächsten. Was sind seine Belege?

Wenn ein Phänomen einem anderen entwicklungsmäßig vorausgeht, liegt die Vermutung nahe, daß es für dieses eine Voraussetzung darstellt. Selbstverständlich muß neben der Beobachtung der zeitlichen Abfolge eine plausible Zusammenhangshypothese hinzukommen. In diesem Sinne hat für Piaget bereits die Beobachtung Erklärungswert, daß der Sprache (mit ihrer Repräsentationsfunktion) Leistungen vorausgehen, die ebenfalls eine innere Repräsentation implizieren (Nachahmung, Objektpermanenz, Symbolhandlung).

Strukturanalyse: Zur Erklärung beobachteter Abfolgen bietet Piaget uns das Mittel der Strukturanalyse an. Wenn wir aus der oben genannten Aufgabe Noeltings die vierte Strategie (Proportionsbildung zwischen Zahlen, etwa $4 : 2 = 8 : 4$ oder $3 : 2 \neq 4 : 3$) herausgreifen und auf ihre Struktur hin analysieren, so können wir einige Voraussetzungen identifizieren, wie die Entwicklung des Zahlbegriffs, der Gruppe der ganzen Zahlen mit den Operationen Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division. Insofern liefert eine Strukturanalyse Hypothesen über eine vorausgehende Entwicklungssequenz. Um ein anderes, altbekanntes Beispiel zu nennen: Bevor in einer Mengeninvarianzaufgabe die zwei Dimensionen Höhe und Breite integriert werden, müssen diese Dimensionen aus einem globalen Größenbegriff differenziert worden sein.

Piaget behauptet, daß die Abfolge der Stufen notwendig sei, weil die höheren Stufen Elemente der vorausgehenden integrierten. Warum die Entwicklung nicht auf einer Stufe stehen bleibt, sondern weiterschreitet, ist mit dieser Analyse noch nicht einsichtig aufgeklärt. Piaget bietet für die Erklärung der Weiterentwicklung das Konzept der Äquilibration an.

Das Konzept der Äquilibration: Äquilibration heißt Findung von Gleichgewicht. Der Impuls zur inneren Koordination und zum Aufbau immer komplexerer Strukturen erfolgt aus der Erfahrung eines Ungleichgewichtes, Widerspruchs oder kognitiven Konfliktes. Die Entwicklung der kognitiven Strukturen von einem relativ leicht störbaren System zu immer stabileren bezeichnet Piaget als Äquilibrationsprozeß.

Piaget hat den Konfliktbegriff nicht so präzise definiert, als daß aus seinen Definitionen Anordnungen für die Induktion kognitiver Konflikte und damit für die gelenkte Weiterentwicklung leicht ableitbar wären. Darin liegt die Schwäche seines Konzeptes, denn es ist unschwer, jede beobachtete Veränderung im nachhinein auf einen Konflikt zurückzuführen. Aus verschiedenen Beispielen lassen sich aber einige Grundformen der Konfliktentstehung herausarbeiten:

- Konflikte zwischen zwei Assimilationsschemata,
- Widerlegen eines Urteils durch ein empirisches Ereignis,
- Ungleichgewicht durch fehlschlagende Assimilationsversuche,
- Ungleichgewicht durch Problemstellung und Frage.

4. Lernpsychologische Implikationen der Theorie Piagets

Abgrenzung gegenüber Widerspiegelungstheorien

Piaget entwickelte sein System in der Blütezeit des Assoziationsmodells in der Lernpsychologie. Lernen wurde damals im wesentlichen als Assoziationsbildung verstanden. Gegen dieses Modell hebt Piaget seine Konzeption der Entwicklung ab. Er faßt das, was diese frühen assoziationsistischen Theorien beinhalten, als Lernen im engeren Sinne zusammen, womit er das Registrieren empirisch erfahrener Ereignissequenzen und Wahrscheinlichkeiten meint.

Ein Organismus mag erfahren und sich einprägen, daß auf ein Signal hin eine unconditionierte Reaktion erfolgt (das entspricht Pawlows klassischem Konditionieren), daß in einer spezifischen Situation ein bestimmtes Verhalten mit einer angebbaren Wahrscheinlichkeit ein positives oder negatives Ereignis nach sich zieht (das ist das Modell des Lernens am Erfolg, das von E. L. Thorndike vorgeschlagen wurde), daß bestimmte Wahlen mit einer angebbaren Wahrscheinlichkeit richtig oder erfolgreich sind (Wahrscheinlichkeitslernen), daß ein Verhalten in einer Situation erfolgreich, in einer etwas andersartigen nicht erfolgreich ist (Diskriminationslernen). Lernen in diesem Sinne kommt als Erklärung der geistigen Entwicklung nicht in Betracht.

Piaget weist alle Theorien zurück, die Entwicklung ausschließlich als empirisches Lernen, als direkte Widerspiegelung der Außenwelt interpretieren. Gerade die Unterscheidung von Entwicklungsstufen zeigt, daß je nach den aufgebauten Erkenntnisinstrumenten Unterschiedliches erfahren wird und erfahren werden kann. Der Beitrag des erkennenden Menschen und seiner Erkenntnis Kompetenzen (wir sprechen heute meist nicht von Erkenntnis, sondern von Informationsverarbeitung) darf nicht übersehen werden.

Versuch: Wir zeigen einem vierjährigen Kind eine durchsichtige Flasche, die mit einer farbigen Flüssigkeit gefüllt ist. Wir bringen die Flasche in Schräglage oder legen sie auf den Tisch (vgl. Abb. 8.18a). Nun lassen wir das Kind das Flüssigkeitsniveau in vorbereitete Umrißzeichnungen der Flasche einzeichnen. Es wird in charakteristischer Weise versagen (vgl. Abb. 8.18b).

Wir bitten es, doch genau den horizontalen Flüssigkeitspegel anzuschauen. Es lernt nichts aus dieser Anschauung, da es noch kein Konzept der Horizontalität aufgebaut hat, das ihm erlaubt, eine entsprechende Information aus der Anschauung zu gewinnen.

Mit dem Konzept der Äquilibration versucht Piaget, die geistige Entwicklung abzuheben gegenüber Theorien, die eine Widerspiegelung der

Außenwelt als grundlegenden Prozeß annehmen, wie z. B. die sensualistische Philosophie (Locke, Hume, Mill), die neue geistige Inhalte auf Sinneserfahrungen zurückführt. *Abbildung sinnlicher Eindrücke* ist das Paradigma des Erwerbs beim Sensualismus, *Konstruktion* ist die Idee in Piagets Konzept der Äquilibration. Die Konstruktion mag angeregt sein durch Erfahrungen, vor allem durch konflikt- und dissonanzerzeugende, sie mag auch vorgegeben sein durch Wort, Bild oder Beispiel; sie ist aber nicht empirisches Lernen, sondern neue Strukturierung und Organisation, ob kreativ und selbständig entdeckt oder nur nachvollzogen.

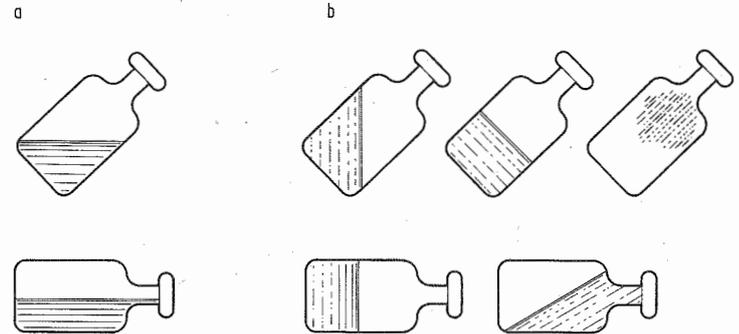


Abb. 8.18 Demonstration des Wasserspiegels in der gekippten Flasche (a) und typische Fehler (b) der Reproduktion

Lernanordnungen auf der Basis der Theorie Piagets

Strukturalistische Transfertheorie

Die Annahme von Schemata oder Strukturen als hypothetische Konstrukte macht eine Prognose über ihre Anwendungen auf neue Inhalte möglich. Die Lernpsychologie hat dieses Problem unter dem Konzept des Transfers oder der Übungsübertragung behandelt. Das an einem Inhalt Gelernte wird auf neue Inhalte übertragen.

In der kognitionspsychologischen Familie der Transfertheorien ist der Begriff der Struktur zentral. Die Anwendung einer Struktur (in Piagets Terminologie: ihre assimilatorische Funktion) impliziert die Annahme, daß Strukturen als dynamische Organisationsmuster hinter dem Verhalten stehen und dieses bedingen. Insofern sind Strukturen zwar nicht direkt beobachtbar, aber hypothetische Konstrukte, die eindeutig operational definiert werden können. Sie werden aus dem Verhalten erschlossen. Ebenso wie man die Strukturen eines Gegenstandes, eines Wissensbereiches oder einer Lektüre beschreiben kann, ist die Struktur

des Verhaltens aus konkreten Handlungen und Denkleistungen abstrahierbar.

Strukturbeschreibungen von Fertigkeiten, Denkprozessen, Sachzusammenhängen stammen aus den verschiedenen Praxis- und Wissenssachsbereichen. Schreiner, Maurer, Skillehrer liefern ebenso Strukturbeschreibungen wie Architekten, Mathematiker, Geographen oder Mediziner. Alle haben je eigene Strukturmodelle mit spezifischen begrifflichen Bezeichnungen für Elemente und deren Beziehungen innerhalb einer Struktur entwickelt. Jede der in diesen Bereichen beschriebenen Strukturen mag als Modell dienen für die Darstellung von Verhalten, von Verständnis- und Problemlösungsleistungen („Er verhält sich so, als ob er diese oder jene Struktur entwickelt oder angewandt hätte“). Strukturmodelle können ein unterschiedliches Abstraktionsniveau aufweisen. Der Abstraktionsgrad ist um so höher, je weniger spezifische inhaltliche Details enthalten sind. Je abstrakter die Struktur, auf um so mehr Inhalte kann sie angewandt werden (um so mehr Inhalte können subsumiert werden), um so weiter ist ihre Transferierbarkeit (im Sinne einer generalisierenden Anwendbarkeit). Piagets sehr abstrakte Strukturmodelle sind dann angemessen, wenn sich tatsächlich auf einer Entwicklungsstufe eine in struktureller Hinsicht hohe Konsistenz der Leistungen belegen läßt. Dies kann durch Lernanordnungen gefördert werden, indem man eine am konkreten Fall entwickelte Struktur auf neue Fälle und Gegenstandsbereiche anwendet, die strukturellen Gemeinsamkeiten bei diesem Prozeß der Anwendung herausarbeitet und die zufälligen inhaltlichen konkreten Züge des für die Einführung benutzten Falles als irrelevant aufweist. Der Transfer auf neue Inhalte wird um so leichter gelingen, an je mehr unterschiedlichen Gegenständen eine Struktur angewandt wurde.

Ableitungen aus dem Konzept der Beweglichkeit

Komplexe organisatorische Struktursysteme (Gruppierungen, Gruppen) zeichnen sich nach Piaget durch einen hohen Grad an Beweglichkeit aus. Mit Beweglichkeit meint Piaget jene Dezentrierungen, die die Erfassung verschiedener Aspekte eines Gegenstandes oder eines Problems erlauben. Wichtig ist, daß durch eine solche Dezentrierung neue Informationen gewonnen werden, ohne daß dadurch die aus der ersten Zentrierung resultierende Information wieder verloren geht. Solche Dezentrierungen können durch Übungen gefördert werden. Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, daß alle zur Lösung benötigten Informationen geistig präsent sind, also im „Arbeitsspeicher“ (vgl. Kap. 10) verfügbar sind. Die Frage ist dann, ob die notwendigen Relationen beherrscht werden, um diese nun verfügbaren Informationen zu verknüpfen.

Untersuchungsbeispiel: Die Einsicht in die Inklusionsbeziehung von Unter- und Oberklasse kann dadurch gefördert werden, daß anhand eines gegebenen Materials (z. B. Abb. 8.5) die Beweglichkeit des Zentrierens einzelner Klassen gesteigert wird.

Das kann dadurch geschehen, daß Probanden rasch nacheinander aufgefordert werden, die Elemente von Unterklasse und Oberklasse zu zeigen: „Zeig mir die Knaben!“ „Zeig mir die Mädchen!“ „Zeig mir die Kinder!“ „Zeig mir die Mädchen!“ „Zeig mir die Erwachsenen!“ „Zeig mir die Kinder!“ „Zeig mir die Mädchen!“ usw.

Anfangs gelingt dies nur langsam und fehlerhaft, dann immer rascher. Die ausreichende Beweglichkeit erlaubt nun die Inklusionsfrage: „Sind es mehr Mädchen oder sind es mehr Kinder?“ Viele Fünfjährigen gelangen nach solchen Mobilitätsübungen zur richtigen Antwort (Montada 1968).

In einer zweiten Bedeutung verwendet Piaget den Begriff der Beweglichkeit, wenn er jene Merkmale höherer Operationssysteme meint, die ein flexibles Operieren im System erlauben: Reversibilität (Negation, reziproke Operation) oder Assoziativität bzw. Kommutativität der Verknüpfungsoperationen. Diese Systemmerkmale sichern Beweglichkeit in dem Sinne, daß man auf verschiedenen Operationswegen und von verschiedenen Startpunkten aus zu einem gleichen Ergebnis kommen kann, daß im Gegensatz zu einer assoziationsartigen Verkettung ein Lösungsweg in beiden Richtungen durchlaufen werden kann. Die Gleichung $17 + 8 - 10 = 12 + 3$ kann als assoziative Kette auswendig gelernt werden oder aber im System der Gruppe ganzer Zahlen auf viele verschiedene Weisen gelöst werden.

Auch Reversibilität und Assoziativität lassen sich fördern. So kann ein Klassifikationssystem von verschiedenen Richtungen aus durchlaufen werden. Aebli (1976) gibt das Beispiel der Versandung eines Sees; die beteiligten Prozesse (Erosion, Anschwemmung usw.) lassen sich mit Kindern in verschiedenen Richtungen durchsprechen, was das Verständnis der Zusammenhänge erleichtert.

Ableitungen aus dem Äquilibriumskonzept

Das Konzept der Äquilibrium – im Sinne einer Auflösung von Widersprüchen und Konflikten durch Umstrukturierung und Neuaufbau von Strukturen – hat viele Forscher angeregt, die geistige Entwicklung durch die Induktion kognitiver Konflikte zu fördern (zum Überblick vgl. Montada 1970).

Als erster realisierte Morf (1959) einen Versuch zum Erwerb der Einsicht in die Klasseninklusion in Anlehnung an das Äquilibriumskonzept.

Er entwickelte für voroperatorisch denkende Kinder eine Kategorisierungsaufgabe, in die er bestimmte Konfliktfälle einbaute. Zum Beispiel ließ er Gegenstände in zwei Kästchen „für Erwachsene“ und „für Kinder“ ordnen. Es gab Konfliktfälle bei Dingen, die sowohl für Erwachsene als auch für Kinder brauchbar waren. Sobald die Probanden den Konflikt erlebten, wurden die Kästchen durch

Rechtecke ersetzt, die sich überschneiden, wodurch ein Ort für die Schnittmenge geschaffen wurde. Der Versuchsleiter machte dem Kind die Nützlichkeit der Schnittmenge begreiflich.

Morf realisiert hier also einen kognitiven Konflikt, und er nutzt den bestehenden Konflikt, um eine Lösung vorzuschlagen: die Doppelkategorisierung. Das Charakteristische dieses Vorgehens liegt darin, daß multiples Klassifizieren durch Angebote von Konfliktfällen geübt wurde. Damit meinte Morf jene Schwierigkeiten anzugehen, die Kinder im Inklusionsproblem erleben (vgl. Abb. 8.5), nämlich die Unterklasse (Mädchen) gleichzeitig als eigenständige Klasse und als Unterklasse in der Oberklasse (Kinder) einzuordnen. Die Lösung des Inklusionsproblems gelingt ja nur, wenn die Mädchen zweifach klassifiziert werden, und zwar in diesem Falle in verschachtelte Klassen.

Wertet man Piagets Äquilibrationskonzept didaktisch aus, führt das zu Konsequenzen, die Widerspiegelungstheorien nicht nahelegen würden. Wer Äquilibrationsprozesse einleiten will, muß Konflikte induzieren. Die Unzulänglichkeit, eventuell die Widersprüchlichkeit der eingesetzten Problemlösungsstrategien, muß vom Lernenden verstanden werden. Im weiteren soll die Lösung aber möglichst vom Lernenden selbst gesucht und entdeckt werden, um die Gefahr zu vermeiden, daß ihm eine Lösung angeboten wird, die er nicht versteht, die ein Fremdkörper in seinem Denken bleibt, deren Struktur er nicht nachvollziehen kann. Diese Haltung ist bei Piaget zu einer Ideologie geworden.

5. Piagets Erziehungsideologie

Piagets konstruktivistisches Modell der Entwicklung ist nicht mit einer Reifungstheorie zu verwechseln. Entwicklung als selbstkonstruktiver Prozeß ist als Interaktion zwischen Subjekt und Umwelt konzipiert, wobei die Formen der Interaktion je nach Entwicklungsstand verschieden sind. Da Piaget aber Lehrern oder Erziehern keine konkreten Hinweise gibt, wie man Lernprozesse steuern könnte, wird seine Theorie verständlicherweise nicht selten als „Quasi-Reifungstheorie“ angesehen (Ausubel 1969). In der Tat glaubte Piaget, daß die Äquilibrationsprozesse, die zum Aufbau komplexerer Struktursysteme führen, ohne Anleitung vollzogen werden. Ist ein bestimmtes Strukturniveau einmal erreicht, dann mag ein Lehrer die Aufgabe übernehmen, Gegenstände anzubieten, auf die sich die Strukturen anwenden lassen. Er mag inhaltliches Wissen vermitteln, aber den Aufbau der Erkenntnisinstrumente – die kognitive Entwicklung im engeren Sinne – kontrolliert er nicht.

Man spürt bei Piaget das kulturkritische Erbe Jean Jacques Rousseaus (Aebli 1967): Warnung vor den Gefahren der Autorität des Lehrers finden sich immer wieder, Warnungen, die sich mit Berechtigung auf die Didaktik der alten, inzwischen wohl aber überwundenen Pauschule beziehen. Die Gefahr, daß ein Lehrer durch seine Autorität bestimmte

Wissenselemente aufpfropft, die nicht verstanden werden, d. h. die nicht „organisch“ in die bestehende kognitive Organisation eingegliedert werden können, ist gewiß gegeben. Man darf deshalb Lehrer und Erzieher aber nicht zu Randfiguren der kognitiven Entwicklung degradieren.

Piaget begreift die von ihm beschriebene Entwicklung als ein „natürliches“ Aufbaugeschehen mit einer immanenten „Entfaltungslogik“ zu immer gleichgewichtigeren Organisationsformen hin (Piaget 1972): Der Aufbau der Struktur kann demnach nicht „gelehrt“ werden. Lernende müssen die Unzulänglichkeiten und Widersprüchlichkeiten ihrer Auseinandersetzung mit einem Problem begreifen, d. h. das Problem als ein Problem für das Verhaltensrepertoire begreifen, um dieses verändern zu können. Die beträchtlichen Schwierigkeiten, den Gang der geistigen Entwicklung deutlich zu beschleunigen, sieht Piaget als Bestätigung dieser seiner Grundhaltung.

Es wäre naiv zu glauben, man orientiere ein Lernprogramm an Piagets System, wenn man die typischen von ihm verwandten Aufgaben und Problemstellungen (Konstanzbegriffe, Mengenrelationen, Meßoperationen, Kombinatorik usw.) als Lernziele aufnimmt. Dies ist nebensächlich. Wesentlich hingegen ist, daß Lehrer die Erkenntnismöglichkeiten der Lernenden richtig einschätzen und angemessene Probleme vorlegen, Probleme, die Lernende als solche verstehen, die sie mit eigener Anstrengung (und vielleicht hilfreicher Anleitung) lösen können. Vermieden werden muß die unverstandene Übernahme der Erkenntnisse eines Lehrers. Piaget will Verbesserung der Erkenntnis, nicht auswendig gelernte Reproduktion fremder Erkenntnisse.

Aus dieser Haltung erklärt sich eine Favorisierung der selbsttätigen Entdeckung, der Modelle des offenen Unterrichts, der genetischen Methode, auch die Betonung der Bedeutung einer Interaktion der Kinder mit Gleichaltrigen für die kognitive Entwicklung, da diese Interaktion in geringerem Maße die Gefahr birgt, daß sich Meinungen einer übermächtigen Autorität unverstanden durchsetzen. Im Lichte dieser Überlegungen ist Piagets „klinische Methode“, die von ihm als eine Methode der Diagnose des Strukturniveaus seiner Probanden verstanden wird, in Wahrheit bereits die ideale Methode des Unterrichtens: Probleme werden gestellt, aber keine Lösungen durchgesetzt und auf oberflächlichem Niveau automatisiert. Der Erwachsene beginnt mit einem Problemangebot, das zu Lösungen oder Lösungsversuchen führt, die ihrerseits Anlaß geben, die Lernenden mit Alternativen oder gegenteiligen Meinungen zu konfrontieren, Implikationen der Antworten aufzuzeigen und zu erfragen, Begründungen herauszulocken und damit die Problemlage und den Lösungsversuch zu klären. Dies gibt wohl Anstöße zur Elaboration einer Lösung (Aebli 1963) und damit im Sinne Piagets zur Reorganisation des kognitiven Systems. Warum sollte nicht auch ein Lösungsangebot – so vorbereitet – auf fruchtbaren Boden fallen (Wickens 1973)?

Piagets Theorie ist ohne Zweifel keine Reifungstheorie, da er Weiterentwicklung als eine Auseinandersetzung zwischen Individuum und Umwelt betrachtet. Der Umwelt schreibt er aber einen passiven Part zu: Nur das Individuum ist aktiv, es selbst muß die Konflikte erleben, die eine Weiterentwicklung im Sinne einer Äquilibration einleiten.

6. Grenzen des Systems

Auch die Psychologie Piagets löst nicht alle Probleme. Piaget ist Entwicklungspsychologe, sein Thema ist die kognitive Entwicklung. Die Entwicklungspsychologie hat auch andere sehr wichtige Themen. Wir sollten von Piaget auf viele Fragen zur Persönlichkeits- und Sozialentwicklung keine Antworten erwarten und nicht mehr als einige Hinweise zur Motivationsentwicklung. Aber auch in den Bereichen, die seine typischen Forschungsgegenstände ausmachen, muß man auf charakteristische Einschränkungen der Fragestellungen gefaßt sein. Piaget beschreibt die allgemeine Aufeinanderfolge von Entwicklungsstadien. Nun beobachten wir allenthalben, daß das Strukturniveau nicht bei allen Problemen und nicht in allen Gegenstandsbereichen das gleiche ist. Unter welchen Bedingungen motivationaler, situations- oder problemspezifischer Art wird eine solche Struktur angewandt oder aus Bausteinen aktuell elaboriert, unter welchen nicht? Piaget beschreibt diese Tatbestände als Verschiebung, aber er hat keine Theorie dieser Verschiebung ausgearbeitet.

Wir wissen weiter, daß es beträchtliche interindividuelle Unterschiede hinsichtlich des Tempos der Entwicklung, auch hinsichtlich der Anwendung bereits entwickelter Strukturen gibt. Solche Fragen der Differentiellen Psychologie (interindividuelle Differenzen in Aspekten des Erwerbs oder der Anwendung) sind zentrale Anliegen einer Entwicklungspsychologie. Sie sind auch für die Anwendung entwicklungspsychologischer Erkenntnisse für geleitetes Lernen und Unterrichten zentral, aber dies sind nicht Piagets Themen. Er gibt uns eine Idee von den geistigen Werkzeugen des Erkennens, sagt uns aber nicht, bei welchen Gelegenheiten man sich ihrer erinnert, sie einsetzt; er sagt nicht, wer sie besser oder wer sie weniger gut beherrscht.

Piaget selbst hat darauf verzichtet, durch didaktische Versuche zur Entwicklungsförderung Entwicklungsbedingungen so zu präzisieren, daß sie erzieherisch oder unterrichtlich leicht ausgewertet werden könnten. Seine Erziehungsideologie hat ihn vielmehr dazu geführt, vor solchen Eingriffen zu warnen, insbesondere dann, wenn ihm die Gefahr gegeben schien, durch einen Eingriff in unorganischer Weise Wissen aufzuoktroieren. Es blieb anderen Forschern vorbehalten, die Entwicklungspsychologie Piagets didaktisch nutzbar zu machen, was möglich ist.

Kapitel 9

Begriffs- und Bedeutungs- entwicklung

Thomas Bernhard Seiler
und Wolfgang Wannemacher

Wenn wir uns mit der entwicklungspsychologischen Erforschung der Begriffs- und Bedeutungsentwicklung auseinandersetzen wollen, müssen wir uns zuerst darüber klar werden, was man unter Begriff und Bedeutung verstehen kann und welche Vorstellungen darüber in der Psychologie vorherrschen.

1. Zur Definition von Begriff und Bedeutung

Die Worte ‚Begriff‘ und ‚Bedeutung‘ haben nicht nur in der *Alltagssprache*, sondern auch in der *wissenschaftlichen Rede* viele Bedeutungen mit sehr unterschiedlichen Implikationen. Dasselbe gilt in der psychologischen Forschung. In psychologischen Theorien herrscht eine gewisse Konfusion über die Bedeutungsimplicationen von Begriff und Bedeutung. Manche Mißverständnisse und unzureichende Konzeptualisierungen rühren unseres Erachtens aus einer ungenügenden Trennung von Begriff und Bedeutung.

Begriff

Ein weit verbreiteter Gebrauch sowohl im Alltag wie auch in den Wissenschaften faßt *Begriff* als eine definatorische Festlegung der wesentlichen Merkmale und Beziehungen eines Sachverhaltes und ihre Zusammenfassung in einem festgelegten sprachlichen Ausdruck. Begriffe sind in solchen Auffassungen in erster Linie die für die Beschreibung und Erklärung eines bestimmten Phänomenbereiches wichtigsten Worte und