Zeitschrift: Bildungsforschung und Bildungspraxis : schweizerische Zeitschrift für Erziehungswissenschaft = Éducation et recherche : revue suisse des sciences de l'éducation = Educazione e ricerca : rivista svizzera di scienze dell'educazione

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft für Bildungsforschung

Band: 4 (1982)

Heft: 2

Artikel: Piagets klinische Methode und die Unterrichtspraxis im naturwissenschaftlichen Unterricht

Autor: Kubli, Fritz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-786500

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Piagets klinische Methode und die Unterrichtspraxis im naturwissenschaftlichen Unterricht

Fritz Kubli

Die Möglichkeiten einer entwicklungspsychologisch ausgerichteten Naturwissenschaftsdidaktik werden am Beispiel der Untersuchungen des Genfer Psychologen Jean Piaget beleuchtet und analysiert. Es zeigt sich dabei, dass das Selbstverständnis dieser Theorie auch die Konsequenzen prägt, die aus den empirischen Untersuchungen gezogen werden können. Eine einseitig auf die Stadientheorie der Intelligenz ausgerichtete Didaktik wird kritisiert, ebenso die Verabsolutierung des von Piaget empfohlenen Konzepts der Arbeitsschule. Schliesslich wird gezeigt, in welcher Form eine entwicklungspsychologisch orientierte Didaktik neben der fachwissenschaftlich ausgerichteten Naturwissenschaftsdidaktik zu bestehen vermag.

Jeder nicht aus fachwissenschaftlichen Ueberlegungen hervorgegangene Versuch einer Einflussnahme auf das Schulgeschehen muss sich legitimieren können. Dies gilt auch für die Bildungsforschung. Sie trifft, sobald sie dieses Ziel anstrebt, vor allem auf der Gymnasialstufe, aber auch im übrigen Schulbereich, auf die sie konkurrenzierende Fachwissenschaft, die ebenfalls einen Führungsanspruch erhebt. (E. Hengartner hat in dieser Zeitschrift [1981] darauf hingewiesen.) Lässt sich bei dieser Einflussabgrenzung nun einfach Wissenschaft gegen Wissenschaft ausspielen, d.h. erweist sich eine mit wissenschaftlichen Methoden operierende Bildungsforschung automatisch als befugt zur Beurteilung von Bildungsprozessen? Oder muss sie von einer Kritik des pädagogischen Anspruchs der primär auf andere Ziele ausgerichteten Fachwissenschaften ausgehen, um ihrerseits ihre pädagogischen Forderungen erheben zu können?

Eine erziehungswissenschaftlich orientierte Fachdidaktik könnte versuchen, sich als Mittler zwischen dem Bildungsangebot der Fachwissenschaft und dem Lernbedürfnis des Schülers zu etablieren. Bei dieser Argumentation darf aber nicht übersehen werden, dass sich das wissenschaftliche Denken methodisch aus vorerst umgangssprachlichen Bedürfnissen und Argumentationsformen entwickelt hat. Pascals Forderungen an die wissenschaftliche Argumentationsweise, die in seinen Essais über *Die Kunst, zu überzeugen* und *Vom Geist der Geometrie* (1958) niedergelegt sind, lassen sich daher auch heute noch mit Gewinn als didaktische Regeln auch im Umgang mit einem nicht vorgebildeten Publikum auslegen. Wenn sich der Wissenschafter an diese Regeln hält, dürften auch Lernbedürfnisse von Laien befriedigt werden. Die Fachwissenschaft nimmt andererseits mit Recht auf die Unterrichtsmethode Einfluss, weil der Schüler in die wissenschaftlichen Formen des Denkens und Argumentierens erst eingeführt werden muss. Die wissenschaftliche Gemeinschaft *und* der Schüler erwarten daher, dass im Unterricht wissenschaftliche Verfahren als Methoden sichtbar werden, sich dem jeweiligen Untersuchungsgegenstand zu nähern. Es stellt sich dabei allerdings das Problem der zumutbaren Strenge. Nicht nur im Laufe der Geschichte, auch in der Idividualentwicklung erfolgt der Uebergang zu wissenschaftlichem Denken nur allmählich, in verschiedenen Etappen. Die eigentliche Schwerarbeit im Unterricht besteht gerade in der Einführung der Schüler in strengere Formen wissenschaftlichen Denkens.

Die fachdidaktische Legitimation zur Einflussnahme auf das Bildungsgeschehen kann nur im Nachweis bestehen, dass es ihr gelingt, nicht nur Probleme aufzuzeigen, sondern auch Hilfen zu ihrer Meisterung anzubieten. Der reine Appell, der etwa ein «Problembewusstsein» zu schaffen versucht, verhallt nicht ohne Grund ungehört.

1. Piagets Stadientheorie der Denkentwicklung und ihr Einfluss auf die Unterrichtstheorie

Ein scharfsinniges und umfangreiches erkenntnispsychologisches Forschungswerk könnte den geforderten Nachweis der Verwendbarkeit bildungstheoretischer Konzepte in der Naturwissenschaftsdidaktik ermöglichen, gerade auch in Anwendung auf das Problem der wissenschaftlichen Strenge: dasjenige von Jean Piaget. In diesem Bereich hat er – nebst demjenigen der Mathematikdidaktik – durch seine bahnbrechenden Arbeiten in vielen Ländern Aufsehen erregt. Versuche, seine Erkenntnisse auf den naturwissenschaftlichen Unterricht anzuwenden, liegen unter anderen von Karplus (1977, 1979) Shayer (1978, 1976, 1978), Renner (1972, 1976), Klinger und Bormann (1978) und Nachtigall (1979) vor. Für diese Versuche ist kennzeichnend, dass sie sich an Piagets Theorie, vor allem an seiner Stadientheorie, orientieren, ohne indessen seine Untersuchungsmethode einer grundsätzlichen Kritik zu unterwerfen.

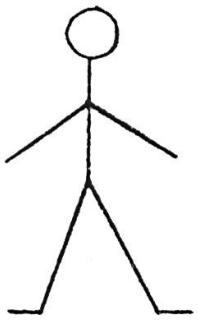
Piagets Stadientheorie lässt sich wie folgt kurz zusammenfassen: Kinder durchlaufen in ihrer geistigen Entwicklung eine Folge von Stadien. Beim Eintritt in die Schule, d.h. mit Erreichen der Schulreife, sollte das Kind z. B. im Begriffe sein, das frühere Stadium des präoperativen, anschaulichen Denkens (4-7 Jahre) zu verlassen und in das Stadium der konkreten Operationen (– Beginn des logischen Denkens) einzutreten. Mit etwa 12 Jahren erfolgt der Eintritt ins Stadium der formalen Operationen (– hypothetisch-dekuktives Denken). Es scheint, dass Piaget zur Ansicht neigte, dass mit einer bestimmten Art Unterricht zugewartet werden sollte, bis das Kind das Stadium erreicht hat, dem das Anspruchsniveau dieses Unterrichts entspricht.

Der Vollzug des Uebertritts ins konkret-operative Stadium wird in entsprechenden Tests durch das Verständnis von elementaren Erhaltungsgrössen wie Länge (Piaget et al., 1948), Anzahl (Piaget & Szeminska, 1941), Substanz bei Verlagerungen und Deformationen usw. (Piaget & Inhelder, 1942) nachgewiesen. Offensichtlich setzt der Umgang mit elementaren mathematischen Operationen im Unterricht das Verständnis dieser Erhaltungsgrössen voraus. Karplus, Klinger und Nachtigall haben dagegen mit einem Test gearbeitet, der deutlich machen soll, ob Schüler sich schon im Stadium der formalen Operationen befinden. Das Denken dieser Stufe kann als Voraussetzung für den naturwissenschaftlichen Unterricht verstanden werden. Als Kriterien dieses Stadiums formulierte Nachtigall unter anderem die folgenden Punkte: Der formal denkende Schüler ist in der Lage, bei einem Vorgang die signifikativen Variablen herauszufinden, die ihn möglicherweise zu beschreiben erlauben (z. B. bei einer Pendelbewegung oder beim Auftrieb usw.). Er kann insbesondere funktionelle Abhängigkeiten, darunter die direkte und indirekte Proportionalität zweier Grössen, erkennen und in seinen Ueberlegungen ausnützen. Schliesslich vermag er zwischen Hypothesen und Tatsachen zu unterscheiden, d.h. seinem Denken sind hypothetisch-dekuktive Ueberlegungen zugänglich. Für diese Beschreibung des formalen Denkens waren nebst Piagets eigenen Definitionen die Versuche wegweisend, die Inhelder und Piaget (1955) durchgeführt und beschrieben haben.

Karplus, Klinger und Nachtigall arbeiteten mit einem längeren Test, der die Denkfähigkeit der Schüler erfassen sollte. Eine der Testfragen war z. B. die folgende:

Das hervorragendste Ergebnis dieser Testfrage besteht in der Erkenntnis, dass in den Klassenstufen 7 und 8 nur ca. 50%, in den Klassen 9 und 10 nur ca. 80% der Schülerinnen eines Mädchengymnasiums die Aufgabe richtig zu lösen vermochten (Klinger & Bormann, 1977, S. 14). Dieser Sachverhalt ist alarmierend, da besonders im Physikunterricht das Erkennen und Handhaben von Proportionalitäten für das Verständnis elementarer

Abb. 1: Testfrage aus Karplus, Klinger & Nachtigall (1977)



Die nebenstehende Figur stellt Herrn Kurz dar. Man kann seine Grösse in cm messen. Man kann aber auch z. B. runde Knöpfe nehmen und feststellen, dass er vier Knöpfe gross ist. Eine andere ähnliche, aber grössere Figur (Herr Lang) ist sechs Knöpfe gross. Man kann die Grösse dieser Herren aber auch sonstwie messen. Nimmt man z. B. Büroklammern zum Messen, so ist Herr Kurz sieben Büroklammern gross. Wieviele Büroklammern ergeben zusammen die Grösse von Herrn Lang?

Grössen wie Beschleunigung, Dichte, Druck, Wärmekapazität, Feldstärken usw. von grundlegender Bedeutung ist. Andererseits ist nicht ganz klar, welche Verbesserungen des Unterrichts die Autoren durch ihren Test herbeiführen wollen. Offenbar intendieren sie die Sicherstellung einer möglichst engen Anpassung des naturwissenschaftlichen Unterrichts an die Denkfähigkeit der Schüler, vielleicht gar einen Verzicht auf wissenschaftliche Strenge. Versuche mit Collegestudenten in den USA haben jedoch gezeigt, dass die Unterscheidung von konkret-operativem und formal-operativem Denken insofern ambivalent ist, als derselbe Student je nach Fragestellung sich als konkret- oder formal-operativer Denker herausstellen kann. Ein z. B. mit Elektronik vertrauter Student wird auf seinem Gebiet formal operieren, während er bei einer Frage aus der Chemie noch an das konkrete Denken gebunden bleibt. Diese Einwände lassen befürchten, dass der von Piaget ausgelöste Impuls auf diesem Weg keine echten und dauernden Verbesserungen der Unterrichtssituation herbeizuführen erlaubt.

2. Piagets Theorie und seine Untersuchungsmethode

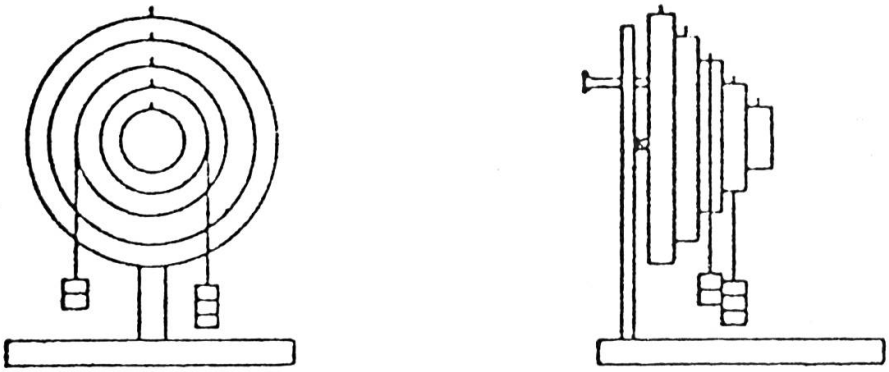
Ein Fehler bei der Interpretation der Ergebnisse von Piagets Versuchen liegt möglicherweise darin, dass aussenstehende Autoren dazu neigen, die von ihm definierten Stadien des Denkens zu hypostasieren. Der Uebergang von einem Stadium ins nächste erscheint als unbeeinflussbar und definitiv. Das Phänomen des «décalage» (Zeitverschiebung) einer Einsicht beim Kinde zeigt aber auch innerhalb von Piagets Untersuchungen an, dass ein bestimmter Zusammenhang unter erschwerenden Umständen erst viel später erkannt wird. Das bekannteste Beispiel einer solchen zeitlichen Verschiebung ist das Verständnis der Invarianz des Gewichts, das erst 1-2 Jahre nach der Einsicht in die Invarianz der Substanz bei Deformationen aufkeimt (Piaget & Inhelder, 1942). Auch erschöpfen sich Piagets Aussagen nicht in der Abgrenzung der Stadien. Seine Theorie hat nicht das Ziel, einen Denker global zu klassifizieren. Sie erweist sich erst als sinnvoll, wenn man das Geschehen in der von ihm benutzten Untersuchungsmethode, dem «klinischen Interview», näher analysiert.

In der nach der von Piaget als Methode des «klinischen Interviews» bezeichneten Versuchssituation lässt man das Kind in Gegenwart von ein oder zwei Experimentatoren ein bestimmtes Problem bearbeiten. Das Problem muss so gewählt sein, dass das Kind mit ei-

nem Material handeln kann und je nach seinem Erkenntnisstand zu verschiedenen Ergebnissen gelangt. Die Experimentatoren halten seine Aeusserungen schriftlich fest. Wenn das Material und die Fragestellungen richtig gewählt sind, werden sich im Verlauf der Untersuchung Kognitionsstufen (nicht zu verwechseln mit den Entwicklungsstadien) abzeichnen, d. h. die Kinder werden je nach Entwicklungsstand verschieden reagieren. Die Methode soll hier anhand eines Beispiels diskutiert werden, das der Autor in den Jahren 1974/1975 unter der Leitung von Jean Piaget durchgeführt hat und das einen Versuch von Inhelder (1955, Kap. XI) fortsetzt. (Für eine detaillierte Beschreibung vgl. Kubli, 1981.)

2.1 Das Wellrad als Beispiel

Im Versuch mit dem Wellrad (Abb. 2) wird dem Kind ein um eine horizontale Achse drehbares Gerät überlassen, das aus fünf koaxial aufeinandergeleimten Scheiben besteht. Die Scheibenradien sind das Ein-, Zwei-, Drei-, Vier-, und Fünffache einer Radieneinheit (2 cm). Auf ihnen sind Schrauben angebracht, die das Befestigen von Gewichten erlau-



ben. Eine Arretierschraube erlaubt eine Vorhersage des Verhaltens der Scheibe (Gleichgewicht oder nicht), bevor es durch Lösen der Arretierschraube getestet wird. Dem Kind steht für diesen Test eine Auswahl von Gewichten zur Verfügung, die ebenfalls ein ganzes Vielfaches eines Einheitsgewichts (0,5 N) betragen. Durch Auflegen der Gewichte und Nachdenken soll das Kind zu einer möglichst allgemeinen Regel für Gleichgewichtszustände gelangen.

Wenn man Kinder von ca. 9-16 Jahren mit diesem Gerät operieren lässt, treten in ihrem Verhalten die bereits beschriebenen Kognitionsstufen hervor. Es zeigte sich dabei, dass die erreichte Einsicht in das Verhalten des Wellrades nicht auf grundsätzliche Unterschiede im Denken der beteiligten Kinder zurückzuführen ist. Wenn man die Untersuchungsmethode der Kinder beobachtet, zeigt sich rasch, dass sie eine einheitliche Strategie verfolgen, diese aber je nach Entwicklungsstand verschieden weit durchhalten können. Bevor sie eine bestimmte Einsicht erreichen, kommt es in der Regel zu typischen Vorstufen.

Die Verhaltensformen der jüngeren Kinder entsprechen den von Inhelder (1955) beim Hebel gefundenen Resultaten. Die Kinder sind bemüht, vorerst einen einfachen Gleichgewichtszustand zu finden, und legen beim Wellradversuch auf der mittleren Scheibe links und rechts gleich viel Gewicht auf. Wenn sich ihre Vermutung (Gleichgewicht) in diesem hochsymmetrischen Zustand bestätigt, versuchen sie durch Transformationen dieses Gleichgewichtszustands eine Klasse von weniger symmetrischen Zuständen zu erzeugen,

bei denen ebenfalls Gleichgewicht auftritt. Solange dieses Verfahren, das Umwandeln eines gegebenen Gleichgewichtszustands in ein neues Gleichgewicht durch einfache Transformation des gegebenen Zustands, beibehalten wird, gelangen die Schüler zu weiteren Erkenntnissen. Es unterscheidet sich aber prinzipiell von einem ungeleiteten Suchen nach Gleichgewichtszuständen (durch Versuch und Irrtum). Das zweite Verfahren vermag, wenn es von einem Schüler angewendet wird, kaum zu allgemeinen Einsichten zu führen; dazu erweist sich die Materie als zu komplex.
Es sind aber erkenntnispsychologisch zwei Strategien der Kinder zu unterscheiden. Man könnte mit Piaget die erste Explorationsform, die Gleichgewichte nach bestimmten Regeln zu erzeugen versucht, als eine «abstraction réfléchissante» und das zweite, systemlose Suchen als «lecture simple des données de l'expérience» bezeichnen. Das erste Verfahren legt a priori Regeln fest und konfrontiert sie mit der Realität, während das zweite aus zufällig gemachten Erfahrungen zu einer Regel gelangen will.
Die mit systemlosem Suchen gemachten Erfahrungen erlauben wegen der Komplexität des Gegenstands kein Ableiten einer Regel, obschon ein gedankliches Induktionsverfahren nach bestimmten wissenschaftstheoretischen und lerntheoretischen Auffassungen von diesen Erfahrungen ausgehen sollte. Die fortgesetzten Verallgemeinerungsschritte können dagegen von einem bestimmten Kind nur bis zu einer Grenze verfolgt werden, und dies in sinnvoller Art nur mit der ersten Untersuchungsmethode. Auf diese Weise bestimmt sich die Kognitionsstufe, die den einzelnen Schüler kennzeichnet. Es ist aber wesentlich zu beachten, dass die Strategie der Kinder dieselbe bleibt, unabhängig von der Stufe, auf die sie schliesslich gelangen.

2.2 Erste Konsequenzen

Die Tatsache, dass Kinder keine qualitativen Unterschiede im Denken zeigen, sondern dass die Kognitionsstufen auf ihr Durchhaltevermögen bei der Verfolgung einer Strategie zurückzuführen sind, also auf eine extensive Grösse, ordnet sich einer sehr allgemeinen Interpretation der Ergebnisse Piagetscher Versuche unter. Der Neo-Piagetianer Case (1975, 1975) hat die Unterschiede im Verhalten der Kinder auf ihre unterschiedliche Kapazität zur Informationsverarbeitung (information coordinationg capacity) zurückgeführt und auch ein einfaches Experiment zu ihrer Messung ersonnen (auch als Messung der Dimension des kindlichen «mental space» bezeichnet). Er zeigte Kindern nacheinander Karten mit verschiedenen Zahlen, die sie im Gedächtnis nach ihrer Grösse ordnen mussten. Dabei zeigte sich folgendes Resultat: 5-6jährige Kinder können nur je 2 Zahlen, 7-8jährige nur 3 Zahlen, 9-10jährige 4 Zahlen, aber nicht mehr verarbeiten. Die Fähigkeit, eine Menge von Zahlen zu ordnen, wächst mit zunehmender intellektueller Reife an, die Dimension des «mental space» wird grösser. In ähnlicher Form hat auch Aebli (1963) vorgeschlagen, die «geistige Kraft» der Kinder durch die Strukturhöhe der Operation zu messen, die die Kinder gerade noch ausführen können.
Was heisst dies nun für die Didaktik? Es zeigt dies, dass bereits im Stadium der konkreten Operationen Ansätze zu Formen des wissenschaftlichen Erkennens auftreten und geweckt werden können. Je nach der Komplexität des Problems gelangt das Kind jedoch nicht dazu, es vollumfänglich zu bewältigen. «Wissenschaftliches» Denken kann jedoch in hinreichend überblickbaren Situationen mit der angemessenen Strenge vollzogen und geschult werden.
Dieser Gesichtspunkt dürfte beim Entwurf von Curricula zu anderen Konsequenzen führen, als sie eine Auffassung hervorbringt, die von einem grundsätzlichen Unterschied des konkret-operativen und des formal-operativen Denkens beim Kinde ausgeht. Im Physik-

unterricht müsste man sich z. B. überlegen, welche Themenkreise von Kindern im fortgeschrittenen konkret-operativen Alter (10-15 Jahre) überblickt werden können. Problemkreise wie «Der einfache Stromkreis», «Licht und Farbe», «Temperatur und Thermometer» usw. können bei geeigneter Anleitung mit derselben Strenge diskutiert werden wie es *den damaligen Entdeckern* möglich war. Wesentlich ist, dass es den Schülern erlaubt ist, analog zu diesen Forschern Argumente zu finden, Hypothesen zu formuliern und einfache Experimente zu entwerfen. Ein Blick in die Wissenschaftsgeschichte wird auch den skeptischen Betrachter rasch belehren, dass Schüler ebenso folgerichtig zu denken vermögen wie die Wissenschafter.
Der bisher verfolgte Gedanke würde ausserdem eine Didaktik legitimieren, die das eigene Handeln der Kinder fördert, um sie so zur Erprobung ihrer Denkstrategien zu veranlassen. Erst wenn diese sich beim Lösen eines Problems als unzureichend herausstellen, sollte der Lehrer eingreifen und die Schüler durch behutsame Lenkung zum Lektionsziel hinführen. Diese Interpretation kommt der Meinung sehr nahe, die Piaget wiederholt (1969, 1973) geäussert hat; sie führt zum Ideal der Arbeitsschule, in der durch entsprechend gestellte Aufgaben die spontane Aktivität der Kinder geweckt und gelenkt werden soll.
Der Standpunkt der Arbeitsschule ist interessant, hat aber seine Grenzen. Insbesondere setzt er voraus, dass Denken im wesentlichen ein Problemlöseprozess ist. Nach Dewey (1910, 1974), einem der geistigen Väter der Arbeitsschule, setzt Denken dann ein, wenn zielgerichtetes Verhalten auf ein Hindernis stösst. Ueberlegen ist nach Dewey «eine dramatische Probe in der Phantasie für die verschiedenen konkurrierenden möglichen Handlungsrichtungen» (1974, S. 149) und erspart «die Belehrung durch wirkliches Fiasko und Missgeschick» (S. 150). Wenn das Problem gelöst ist, kommt auch der Denkprozess zu seinem Ende. Trotz vieler Vorteile dieser Betrachtungsweise hat sie auch ihre Mängel. Ein erster Einwand kann aus Piagets eigenen Aussagen abgeleitet werden. Nach Piaget muss man unterscheiden zwischen erfolgreichem Handeln (réussir) und Verstehen (comprendre). Beide Gesichtspunkte sind im wissenschaftlichen Denken mit demselben Stellenwert vertreten. In Deweys Betrachtungsweise scheint allein der erste Aspekt gemeint zu sein. Für den an Denkprozessen Interessierten erweist sich Deweys Formulierung zudem als wenig aussagekräftig, weil sie lediglich das Problem verschiebt; in der Phantasie findet nach Dewey die «dramatische Probe» statt. Er sagt nichts darüber aus, was sich in der Vorstellung oder Phantasie des denkenden Kindes abspielt, weder, wenn es ein Problem löst, noch im Fall, wo kein Problem einer Lösung zugeführt werden muss. Gerade diese Frage ist für die Didaktik aber von zentraler Bedeutung.

2.3 Zur erkenntnistheoretischen Analyse der klinischen Versuchssituation

Im Gegensatz zu Deweys Vorstellungen lassen sich aus klinischen Experimenten Hinweise auf ein wichtiges Element des Erkenntnisprozesses gewinnen, wenn auch nicht streng beweisen; genaueres ist in Kubli (1981) ausgeführt. Nach der dort vertretenen These strebt die in klinischen Experimenten beobachtbare Strategie der Kinder ein Problemlösungsverfahren an, das mögliche Gesichtspunkte anderer Beobacher in den eigenen Denkprozess zu integrieren erlaubt. Diese These liegt der Betrachtungsweise von Piaget nicht völlig fern: Bei ihm findet sich z. B. der Begriff der «Dezentrierung des vorerst egozentrischen Gesichtspunktes» durch den Einbezug einer konkurrierenden Betrachtungsweise in das eigene Gesichtsfeld (Piaget 1950, Bd. II, dt. Uebers. S. 69 ff.) Daraus lässt sich die These ableiten, dass Denkprozesse auch im Alltag auf einen allgemeingültigen Gesichtspunkt in dem Sinne hinzielen, dass das Kind versucht, eine für mehrere ver-

nünftige Individuen gültige oder gar eine allgemein verpflichtende Auffassung des Sachgegenstandes sich zu erarbeiten. Die These hat die interessante Konsequenz, dass im Falle ihrer Richtigkeit Alltagsdenken und wissenschaftliches Denken nahtlos ineinander übergehen. Für gewisse Prozesse des Alltagsdenkens trifft sicher zu, dass es wie das wissenschaftliche Denken nach Objektivität im Sinne von interindividueller Gültigkeit strebt. Diese These lässt sich belegen: Spätestens, wenn das Alltagsdenken auf mathematische Operationen zurückgreift, wird der eigene Standpunkt am Denken anderer gemessen. Nicht ohne Grund wurden die ersten mathematischen Operationen im Zusammenhang mit Tauschgeschäften entwickelt; in Prozessen also, in denen die Handlungen mehrerer Individuen ineinander verflochten sind. Piagets Stadieneinteilung sagt daher etwas aus über die Fähigkeit der Kinder, zu einem überindividuell gültigen Standpunkt zu gelangen. Der Begriff «Operation» lässt sich aus dieser Perspektive auch neu definieren: Operationen sind Handlungen, die so normiert sind, dass sie eine überindividuell gültige Erfassung der Umwelt herbeizuführen erlauben.

Der stärkste Beweis für diese These geht nicht aus Experimenten, sondern aus der Beschreibung des mathematischen Denkens hervor, die von hervorragenden Mathematikern gegeben wurde. So betonte Whitehead (1919), dass unsere Erkenntnisse nach Allgemeingültigkeit in der doppelten Bedeutung des Wortes streben: Es gilt das Allgemeine im Besonderen zu erkennen, aber auch für alle Beobachter gültige in der individuellen Beobachtung. «Wir sehen also, dass die Menschheit Schritt für Schritt und ohne die volle Bedeutung des ganzen Prozesses zu erkennen, dahin geführt wurde, nach einer mathematischen Beschreibung der Eigenschaften des Weltalls zu suchen, weil nur auf diese Weise eine allgemeine Vorstellung vom Ablauf der Ereignisse gebildet werden kann, die von jeder Bezogenheit auf einzelne Personen oder besondere Arten der Wahrnehmung befreit ist.» (Dt. Uebers., S. 8). Ebenso weist H. Weyl (1966) auf die Tatsache hin, dass bei der Entwicklung wissenschaftlicher Denkformen, aber auch schon im Alltagsdenken, das sinnliche, subjektiv-absolute Erleben objektiviert werden muss. Dieser Prozess der Objektivierung lässt sich nicht ohne gleichzeitige Relativierung durch den Einbezug fremder Perspektiven bewirken: «Wen es zum Objektiven drängt, der kommt um das Relativitätsproblem nicht herum» (S. 151). Eine verblüffende Analogie zum in Piagets Untersuchungen hervortretenden Konstruktionsprozess der Kinder wird in folgender Aussage Weyls sichtbar: «Die Konstruktion dieser nur noch in Symbolen darzustellenden objektiven Welt aus dem mir in der Anschauung gegebenen vollzieht sich in verschiedenen *Stufen,* wobei der Fortgang von Stufe zu Stufe dadurch erzwungen wird, dass jeweils das auf einer Stufe Vorhandene sich als Erscheinen einer höheren Wirklichkeit, der Wirklichkeit der nächsten Stufe, enthüllt» (S. 147). Abgesehen von Weyls Hinweis, dass dieser Konstruktionsprozess auf die Erzeugung eines objektiven Weltbildes hinzielt, könnte der Satz auch von Piaget stammen.

Der hier geschilderte Zusammenhang zwischen Kognitionsstufen und Objektivierungsprozess könnte eine Erklärung für die in klinischen Experimenten vorgefundenen Kognitionsstufen liefern, sofern man bereit ist anzunehmen, dass bereits schon das kindliche Denken auf Objektivität im Sinne einer von mehreren Individuen geteilten Betrachtungsweise hinzielt. In der Konfrontation des kindlichen Denkens mit fremdem Denken ist daher eine der wesentlichen Ursachen für seine geistige Entwicklung zu sehen. Es soll hier darauf verzichtet werden, weitere Belege zu dieser These zu wiederholen, die anderswo (Kubli, 1980, 1981) festgehalten wurden. Es soll lediglich darauf hingewiesen werden, dass sie, wenn sie zutrifft, unsere pädagogischen Bemühungen in einem veränderten Licht erscheinen lässt.

3. Die klinische Methode und die Unterrichtssituation

Wenn die kindliche Denkstrategie tatsächlich darauf abzielt, eine überindividuell gültige Perspektive oder eben eine objektive Erkenntnis des jeweiligen Gegenstandes zu gewinnen, erhält die Lehrerargumentation im Unterricht ein Gewicht, das in einer auf das individuelle Handeln konzentrierten Pädagogik (Konzeption der Arbeitsschule) fehlt. Das Kind fragt nach dem Standpunkt, den ein instruierter Beobacher einnimmt, ist aber gezwungen, die Argumentation aus eigenen Mitteln zu wiederholen, wenn es zum vollen Verständnis kommen soll. Damit verliert eine Didaktik der Naturwissenschaften, die sich auf die Entwicklungspsychologie abstützt, vorerst gegenüber einer an der Fachwissenschaft orientierten Didaktik wichtige Argumente. Es lässt sich weder schlüssig nachweisen, dass das Kind gegenüber dem Erwachsenen grundsätzlich verschieden argumentiert und denkt, noch lässt sich im Sinne der erkenntnistheoretischen Begründung der Arbeitsschule nachweisen, dass die eigene Handlung eine hinreichende oder nur auch eine notwendige Bedingung ist zum vollen Verständnis. Andererseits dürften die Fachwissenschafter leicht davon zu überzeugen sein, dass wissenschaftliches Denken vorerst in überblickbaren Situationen erklärt und geschult werden muss. Diese Erkenntnis ist beinahe trivial. Neu ist vielleicht gegenüber der traditionellen Piaget-Interpretation die Erkenntnis, dass auch das Kind durch Argumente zur Einsicht gebracht wird, die es überzeugen. Es nähert sich dem wissenschaftlichen Denken, wenn es bei seinen Ueberlegungen für Gegenargumente empfänglich gemacht wird und so den intersubjektiven Dialog verfeinern kann. Dass dieser Prozess Zeit und geistige Auseinandersetzungen erfordert, dürfte auch von einer fachwissenschaftlich ausgerichteten Didaktik nicht bestritten werden.
Das in dieser Studie angedeutete Selbstverständnis der aus klinischen Experimenten gewonnenen Theorie impliziert daher wichtige Hinweise auf ein dem Schülerdenken förderliches Lehrerverhalten. Es ist dies das *dialogische* Verhalten, auch im naturwissenschaftlichen Unterricht. Der Lehrer muss in der Lage sein, seine Lektion so vorzubereiten, dass in ihren Netzplan möglichst viele Schleifen eingebaut sind, die ein Eingehen auf die Schüler, d. h. ein Abstimmen der eigenen Argumente auf die vom Schüler mitbestimmte Gesprächssituation ermöglichen. Man hat diese Konzeption auch als «offenes» Unterrichten bezeichnet. Dialogisches Verhalten darf jedoch nicht einfach mit schülerzentriertem Unterricht gleichgesetzt werden. Der Lehrer regt an und steuert, er fordert eine Formulierung des Schülergedankens heraus, um ihn aber mit möglichen Gegenargumenten zu konfrontieren. Er kann dabei z. B. im naturwissenschaftlichen Unterricht des Gymnasiums zeigen, dass das Schülerdenken Fragen aufwirft, welche auch den Gang der Wissenschaftsgeschichte beeinträchtigten – sofern er die Wissenschaftsgeschichte kennt. Hervorragende Physiker wie Langevin – der übrigens selber in Physik im Stil der Arbeitsschule unterrichtet wurde (Biquard, 1969) – plädieren nicht für den Arbeitsschulunterricht, sondern für eine an der Wissenschaftsgeschichte orientierte, dialogisierende Unterrichtsmethode (Langevin, 1933). Der Unterricht gewinnt beträchtlich an Lebendigkeit durch den Hinweis auf die vielen Parallelen zwischen der Forschungssituation im Horizont der Wissenschaft bei der Entdeckung eines Sachverhalts und derjenigen des Schülers, der erstmals mit ihm konfrontiert wird (und der ebenfalls erst einen Teil der heute bekannten Wahrheit kennt). An Stelle der Arbeitsschule könnte daher ein verfeinertes Verfahren eines problemorientierten Unterrichts empfohlen werden, also etwas im Grunde Bekanntes.
Führt die hier angestellte Ueberlegung somit eine entwicklungspsychologisch ausgerichtete Didaktik ad absurdum? Sicher nicht. Dies wird klar, wenn man die engen Parallelen

zwischen Piagets klinischem Interview und der dialogisierenden, problemorientierten Unterrichtsmethode beachtet. In beiden Fällen ist sicher das Kind mit einer Sachfrage und mit einem Erwachsenen konfrontiert, der die Lösung des Sachproblems kennt. In beiden Fällen versucht es, die Perspektive des Erwachsenen mit seinen Mitteln einzuholen. Der Unterschied besteht darin, dass der Erwachsene sich im klinischen Interview davor hüten muss, suggestive Elemente in die Befragung einfliessen zu lassen (deshalb eignen sich Lehrer nach der Meinung von Piaget (1926, dt. Uebers. S. 19) schlecht als Befrager im klinischen Experiment), während der Lehrer im dialogisierenden Unterricht entscheidende Hinweise in das Unterrichtsgespräch einbringen darf. Sowohl der Entwicklungspsychologe als auch der Lehrer sind jedoch daran interessiert, die Gedankengänge der untersuchten oder zu unterrichtenden Kinder zu kennen; der Lehrer, weil er auf diese einwirken muss, wenn er nicht Gefahr laufen will, am Schüler vorbei zu reden. Diese Verwandtschaft macht aus Piagets Untersuchungsmethode ein taugliches Instrument zur Vertiefung unserer Kenntnis vom Unterrichtsgeschehen.
Die hier durchgeführte Analyse zeigt zudem die Komplexität des Unterrichtsprozesses. Der Lehrer muss Improvisationen geradezu einplanen in seinen Unterricht, wenn er situationsgerecht unterrichten will. Andererseits gestattet ihm nur eine möglichst umfassende Kenntnis und Vergegenwärtigung der möglichen Schülerargumente, mit der nötigen Beweglichkeit auf sie zu reagieren. Er muss also seinen Unterricht viel umfassender planen als bei einem einfachen Vortrag. Der Schüler muss seinerseits eigene Ideen entwickeln können, die jedoch am Denken eines tatsächlichen oder nur vorgestellten Anderen gemessen werden müssen. Man kann die Lehrerfunktion in der Verkörperung dieser «objektivierenden» Anderen sehen. Beide Prozesse können sich zudem nicht im luftleeren Raum entwickeln, deshalb spielt das Unterrichtsmaterial eine so wichtige Rolle, das den Anlass zur geistigen Auseinandersetzung liefert. Wegen dieser Komplexität des Unterrichts sind Patentrezepte kaum möglich; sie unterschlagen zumeist wichtige Komponenten des Unterrichtsprozesses und können deshalb kaum zu seiner tatsächlichen Verbesserung führen. Klinische Experimente vertiefen dagegen unsere Kenntnisse der Schülervorstellungen und Ueberlegungen und können auf Zusammenhänge führen, die sich selbst von einem für Schülervorstellungen empfänglichen Lehrer im eigentlichen Unterricht nicht beobachten lassen. Die systematische Untersuchung von Schülervorstellungen dürfte daher auf lange Sicht verhindern, dass eine einseitige Orientierung der Naturwissenschaftsdidaktik am Standpunkt der betreffenden Fachwissenschaft die Lernbedürfnisse der Schüler missachtet.

La méthode clinique de Piaget et la pratique de l'enseignement des sciences naturelles

Les possibilités d'une didactique des sciences naturelles qui s'oriente à la psychologie génétique sont analysées et discutées en se rapportant à l'exemple donné par le psychologue genevois Jean Piaget. Il s'ensuit de cette réflexion que la compréhension propre de la théorie détermine aussi les conséquences qui sont tirées des résultats empiriques de ces investigations. Une didactique, s'appuyante exclusivement sur la théorie des stades du développement intellectuel est critiquée, de même l'application rigoureuse de la conception de l'école de travail propagée par Piaget même. Il est montré sous quelle forme une didactique psychologique peut corriger une didactique orientée exclusivement vers la science concernée.

Piaget's method of clinical investigation and its application to educational problems in science teaching

The study deals with the possibilities of a theory of science teaching starting from developmental psychology, such as the theory of the Genevan psychologist Jean Piaget. It is shown that the self-understanding of the theory defines also the consequences that can be concluded from empirical investigations. Didactical theory going back exclusively to Piaget's theory of stages of intellectual development is criticized as well as an absolute adherence to the principle of a labour school, recommended by Piaget himself. Eventually, it is discussed in which form psychologically oriented didactics can be compatible with didactics proceeding from the science concerned.

LITERATUR

Aebli, H.: Ueber die geistige Entwicklung des Kindes. Stuttgart, 1963.
Biquard, P.: Paul Langevin, scientifique, éducateur, citoyen. Paris, 1969.
Case, R.: Gearing the Demands of Instruction to the Developmental Capacities of Learner. In: Revue of Educational Research, 1975, 59-87.
Case, R.: Implications of Developmental Psychology for the Design of Effective Instruction. In: Lesgold et al.: Cognitive Psychology and Instruction. New York, 1978.
Dewey, J.: How We Think. New York, 1910. Dt. Uebers.: Wie wir denken. Zürich, 1951.
Dewey, J.: Der Mensch und sein Verhalten. In: Dewey, J.: Psychologische Grundfragen der Erziehung. München, 1974.
Hengartner, E.: Bezüge fachdidaktischer Ausbildungscurricula. In: Bildungsforschung und Bildungspraxis, 1981, 3, 17-23.
Inhelder, B. & Piaget, J.: De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris, 1955. Dt.: Von der Logik des Kindes zur Logik des Heranwachsenden. Olten, 1977.
Karplus, R. et al.: Science Teaching and the Development of Reasoning. Berkeley, 1977.
Karplus, R.: Teaching for the Development of Reasoning. In: Lawson, A. E. (Ed.): The Psychology of Teaching for Thinking and Creativity. Columbus (Ohio), 1979.
Klinger, H. & Bormann, M.: Untersuchung des kognitiven Entwicklungsprofils von Schülern der Sekundarstufe im Hinblick auf Physikunterricht. Manuskript, Bochum, 1977.
Klinger, H. & Bormann, M.: Untersuchung zur Entwicklung formal-operativer Strukturen und physikspezifischer Schemata bei Schülern der Sekundarstufe. In: Der Physikunterricht, 1978, 12, 55-69.
Kubli, F.: Kognitionspsychologie, Piaget und die Existenz von Universalien des Denkens. In: Neue Sammlung, 1980, 20, 357-365.
Kubli, F.: Piaget und Naturwissenschaftsdidaktik. Köln, 1981.
Langevin, P.: La valeur éducative de l'histoire des sciences. In: Revue de Synthèse, 1933, 6, 5-16. Auch in Biquard, 1969, 151-161.
Nachtigall, D.: Physikunterricht und die Entwicklung von Denkstrukturen. In: Naturwissenschaft im Unterricht, Physik/Chemie, 1979, 27, 65-74.
Pascal, B.: De l'art de persuader und De l'ésprit géométrique. Paris, 1658. Dt. Uebers. in: Schneider, R.: Pascal. Frankfurt, 1954.
Piaget, J.: La représentation du monde chez l'enfant. Paris, 1926. Dt. Uebers.: Das Weltbild des Kindes. Frankfurt, 1980.
Piaget, J. & Szeminska, A.: La genèse du nombre chez l'enfant. Neuchâtel und Paris, 1941. Dt. Uebers.: Die Entwicklung des Zahlbegriffs beim Kinde. Stuttgart, 1965.
Piaget, J. & Inhelder, B.: Le développement des quantités physiques chez l'enfant. Neuchâtel und Paris, 1942. Dt. Uebers.: Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde. Stuttgart, 1969.
Piaget, J., Inhelder, B. & Szeminska, A.: La géométrie spontanée de l'enfant. Paris, 1948. Dt. Uebers.: Die natürliche Geometrie des Kindes. Stuttgart, 1975.
Piaget, J.: Introduction à l'épistémologie génétique. 3 Bde. Paris, 1950. Dt. Uebers.: Die Entwicklung des Erkennens. Stuttgart, 1972-73.
Piaget, J.: Psychologie et pédagogie. Paris, 1969. Dt. Uebers.: Psychologie und Pädagogik. In: Piaget, J.: Theorien und Methoden der modernen Erziehung. Wien, 1972.

Piaget, J.: Où va l'éducation. Paris, 1973. Dt. Uebers.: Das Recht auf Erziehung und Die Zukunft unseres Bildungssystems. München, 1975.
Renner, J. & Stafford, D. G.: Teaching Science in the Secondary School. New York, 1972.
Renner, J.: Significant Physics Content and Intellectual Development-Cognitive Development as a Result of Interacting with Physics Content. In: American Journal of Physics, 1976, 44, 218-222.
Shayer, M.: The Analysis of Science Curricula for Piagetian Level of Demand. In: Studies in Science Education, 1978, 5, 115-130.
Shayer, M. et al.: The Distribution of Piagetian Stages of Thinking in British Middle and Secondary School Children. In: British Journal of Educational Psychology, 1976, 46, 164 und 1978, 48, 62.
Weyl, H.: Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft. München, 1966 3.
Whitehead, A. N.: An Introduction to Mathematics. Oxford, 1919. Dt. Uebers.: Eine Einführung in die Mathematik. Bern, 1948.