pedocs
Open Access Erziehungswissenschaften

DIPF

Klauer, Karl Josef

Erziehung zum induktiven Denken. Neue Ansätze der Denkerziehung

Unterrichtswissenschaft 19 (1991) 2, S. 135-151

Quellenangabe/ Reference:
Klauer, Karl Josef: Erziehung zum induktiven Denken. Neue Ansätze der Denkerziehung - In: Unterrichtswissenschaft 19 (1991) 2, S. 135-151 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-296981 - DOI: 10.25656/01:29698

https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-296981
https://doi.org/10.25656/01:29698

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

http://www.juventa.de

Nutzungsbedingungen

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

Terms of use

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

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

Kontakt / Contact:

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

Digitalisiert

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Unterrichtswissenschaft

Zeitschrift für Lernforschung
19. Jahrgang / Heft 2 / 1991

Thema: Induktives Denken

Verantwortlicher Herausgeber:
Norbert M. Seel

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

Alessandro Antonietti:
Die Nutzung von Analogien beim Induktiven Denken 111

Günter Dörr:
Analogiegeleitete Schemainduktion —
Experimentelle Überprüfung transfererleichternder Maßnahmen 121

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

Allgemeiner Teil

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

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

Buchbesprechungen 187

Karl Josef Klauer

Erziehung zum induktiven Denken: Neue Ansätze der Denkerziehung

Teaching inductive thinking: A new approach to teaching thinking

Nach einigen Vorklärungen wird in diesem Übersichtsartikel zunächst eine neue empirisch vielfältig bewährte Theorie des induktiven Denkens vorgestellt. Im Mittelpunkt des Artikels stehen Wege, wie diese Theorie zur Denkerziehung im Unterricht nutzbar gemacht werden kann. Dabei zeigt sich, daß die in Untersuchungen oft enttäuschende Methode des Entdeckenlassens nicht die spezifischen Hilfen bietet, die aufgrund der neuen Theorie möglich und sinnvoll sind. Danach sind sowohl deklarative als auch prozedurale Hilfen angezeigt. Prozedurale Hilfen sind Strategien des Vergleichens von Merkmalen bzw. Relationen im Hinblick auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede. Um vorwiegend deklarative Hilfen handelt es sich, wenn die Paradigmen des induktiven Denkens vermittelt werden, die weiten Transfer ermöglichen. Der paradigmatische Ansatz hat Bezüge zum analogen Denken wie zur exemplarischen Lehre.

After clarifying the usual and related forms of the meaning of inductive thinking, this review article starts with presenting an empirical well established new theory of inductive thinking. The article mainly deals with ways how to use the new theory for improving the teaching of thinking in schools. The often disappointing results of discovery learning are explained by its failure to give the students approporiate support. As procedural support, a strategy of comparing attributes or relations with respect to similarities and differences should be taught. Moreover, declarative support should be given by teaching the students the paradigms of inductive thinking enabling them to produce far transfer. The paradigmatic approach has close relationships to analogical thinking and the German movement of exemplary teaching.

Eine Lehrerin schreibt mehrere Straßennamen an die Tafel:

Wendenring Karlsgraben Seestraße Mozartallee
Nürnberger Straße Theaterstraße
Kaigasse Parkstraße Frankfurter Straße

Sie sagt den Kindern, daß alle Namen richtig geschrieben seien und daß sie nun herausfinden sollten, wann ein Straßenname zusammen geschrieben wird und wann getrennt. Da werden dann einige Vermutungen aufkommen, etwa daß es davon abhängt, ob von einer Straße, einem Ring oder Graben, von einer Allee oder einer Gasse die Rede sei. Andere werden diese Vermutungen anhand der Beispiele widerlegen können. Vielleicht äußert jemand, er habe gehört, alle Straßennamen mit -er würden getrennt geschrieben. Aber auch diese Vermutung kann durch das Beispiel der Theaterstraße zurückgewiesen

werden. Möglicherweise gibt die Lehrerin nun einen Tip: Was haben denn die beiden Straßennamen, die getrennt geschrieben sind, gemeinsam? Was, das sie unterscheidet von allen anderen Straßennamen? Wenn schließlich so die Gemeinsamkeit entdeckt worden ist, machen die Kinder die Gegenprobe und stellen fest, daß kein zusammen geschriebener Name diese Gemeinsamkeit enthält. Also entsteht die Vermutung, daß die Regel so laute: Immer wenn ein Straßenname von einer Stadt abgeleitet ist, wird er getrennt geschrieben. Ob diese Regel stimmt, können die Kinder natürlich nicht nachprüfen. Die Lehrerin kann ihnen aber bestätigen, daß sie nun die richtige Regel entdeckt hätten.

Einige Vorklärungen

Bei diesem etwas grob geschilderten Beispiel handelt es sich um einen Fall von induktivem Denken. Entdeckt wurde in diesem Fall eine allgemeine Regel, eine Regel also, die auf viele andere Beispiele übertragen werden kann. Die Regel hat wie alle anderen Regeln die Struktur:

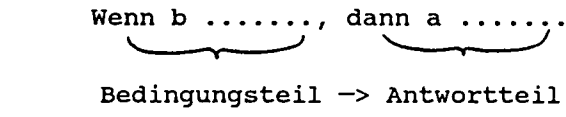


Abbildung 1: Struktur einer Regel

In der modernen kognitiven Psychologie heißt eine solche Struktur auch Produktion (Newell & Simon, 1972), weil sie den systematischen Äußerungen des Menschen zugrundeliegt. Im vorliegenden Beispiel bietet der Antwortteil für die Kinder keinerlei Schwierigkeit: Sie wissen, was es bedeutet, zwei Wörter zusammen oder getrennt und groß zu schreiben. Neu ist für sie nur der Bedingungsteil. Hier müssen sie einen *Allgemeinbegriff* neu bilden, also einen Begriff erzeugen, der ihnen vorher unbekannt war. Das Beispiel hat es nun mit einem Allgemeinbegriff zu tun, den zu bilden für die Kinder sehr leicht ist. Das ist natürlich nicht immer so.
Induktiv heißt nun das Denken, bei dem ein Allgemeinbegriff oder eine Regel (beziehungsweise ein Gesetz, ein Prinzip, eine Struktur) entdeckt werden soll. Dabei können typische Fehler unterlaufen, etwa daß man störende Beispiele übersieht und vorschnell eine falsche Regel erzeugt. Etwas allgemeiner können wir sagen: Induktives Denken liegt dann vor, wenn Regelhaftigkeiten oder Ordnung entdeckt werden im scheinbar Ungeordneten, wozu auch gehört, Störungen und Abweichungen im scheinbar Geordneten als solche zu entlarven.
Die Logik unterscheidet induktive von deduktiven Schlüssen. Deduktive Schlüsse gehen vom Allgemeinen zum Besonderen, etwa vom

allgemeinen Satz, daß alle Menschen sterblich seien, zu dem besonderen Satz, daß Sokrates sterblich sei. Deduktive Schlüsse sind, wenn die formalen Regeln eingehalten werden, unverbrüchlich gewiß. Induktive Schlüsse bewegen sich umgekehrt vom Besonderen zum Allgemeinen. Standardbeispiel ist der Schluß, daß alle Schwäne weiß seien, weil dies für die bislang beobachteten gelte. Dieser Schluß ist bekanntlich nicht zulässig, sondern oft eine vorschnelle Verallgemeinerung, wie sie im Eingangsbeispiel mit den Straßennamen auch vorkamen. Dort wurde sogar deutlich, daß die Lehrerin den Kindern bestätigen mußte, nun die richtige Regel gefunden zu haben. Von sich aus hätten die Kinder keine Chance gehabt, zur Gewißheit zu gelangen, wenn sie die Beispiele auch noch so intensiv studiert und verglichen hätten.
Man kann sich leicht vorstellen, daß das induktive Schließen in der Logik praktisch keine Rolle spielt, denn es vermittelt keine sichere Erkenntnis. Es wäre aber ein großer Irrtum zu meinen, dem induktiven Denken käme demnach in der Wissenschaft oder gar im praktischen Leben nur eine geringe Bedeutung zu. Das Gegenteil ist der Fall: Deduktives Denken kommt als formaler syllogistischer Schluß in der Lebenspraxis kaum vor; am häufigsten tritt es noch in impliziter, verdeckter Form auf (Johnson-Laird, 1985). Das induktive Denken hingegen, das Entdecken oder Erstellen von Verallgemeinerungen, ist so häufig, daß es zu den Alltagsphänomenen gehört. Immer wenn eine Generalisierung vorgenommen, eine Analogie (unter Umständen sogar fälschlich) gebildet oder eine Hypothese aufgestellt wird, haben wir es mit Induktionen zu tun. Wohlbekannt ist, daß solche Verallgemeinerungen häufig falsch sind. Deshalb ist die Suche nach falsifizierenden Gegenbeispielen ein so wichtiges Element des induktiven Denkens. Dieser Aspekt wurde nicht zufällig zum Angelpunkt der analytischen Wissenschaftstheorie von Popper. Schon hier deuten sich enge Beziehungen zwischen induktivem und deduktivem Denken an, die in der neueren Forschung auch zunehmend Beachtung finden (vgl. Holland, Holyoak, Nisbett & Thagard, 1987; Sternberg, 1985, 1986).

Zur Theorie des induktiven Denkens

Wie bereits erwähnt, läßt sich das induktive Denken definieren als das Erkennen von Regularität oder Ordnung im nur scheinbar Ungeordneten bei Beachtung von Störungen oder Unordnung im nur scheinbar Geordneten. Regelmäßigkeiten oder Ordnung entsteht immer dadurch, daß in noch näher zu bestimmender Hinsicht Gemeinsamkeiten auftreten. Umgekehrt entsteht Unregelmäßigkeit oder Unordnung dadurch, daß Verschiedenheiten auftreten. Gemeinsamkeiten und Unterschiede können grundsätzlich nur im Hinblick auf Merkmale oder auf Relationen entstehen. Beides, Merkmale und Relationen sind nämlich logisch betrachtet Argumente, und zwar einstellige Argumente

(Merkmale) oder mehrstellige (Relationen). Weitere Argumente gibt es aber nicht. Folglich läßt sich das induktive Denken so präzisieren.

Induktiv heißt das Denken, das in der Feststellung von

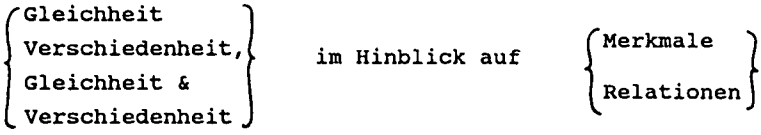


Abbildung 2: Definition des induktiven Denkens

besteht.

Diese Präzisierung wird hier in Form eines Abbildungssatzes gegeben, wie er in der Forschungstradition um Guttman entwickelt worden ist (vgl. Borg, 1981). Der Satz besteht aus 3 x 2 = 6 Varianten, denen sechs Varianten des induktiven Denkens entsprechen. Sie lassen sich wie folgt kurz charakterisieren.

(1) Generalisierung. Hierbei handelt es sich darum, Gleichheit von Merkmalen festzustellen. Das geschieht immer dann, wenn eine Menge definiert oder ein Allgemeinbegriff gebildet wird. Straßennamen, die von Ortsnamen abgeleitet sind, bilden eine Teilmenge von Straßennamen. Sie fallen unter einen Allgemeinbegriff, für den wir interessanterweise keine Kurzbezeichnung haben. Ein weiteres Beispiel ist in Abbildung 3 gegeben.

2) Diskrimination. Bei der Diskrimination werden Unterschiede im Hinblick auf Merkmale festgestellt. Wenn man bemerkt, daß einem bestimmten Straßennamen nicht die Eigenschaft zukommt, von einem Ortsnamen zu stammen, so diskriminiert man. Die Diskrimination ist ein wichtiger Teilprozeß der Begriffsbildung. Übergeneralisierung ist identisch mit mangelnder Diskrimination — etwa wenn man einen Wal als Fisch einordnet. Untergeneralisierung ist identisch mit zuviel Diskrimination — etwa wenn man den Schwan nicht als Vogel erkennt. In Abbildung 4 wird ein weiteres Beispiel von Diskrimination geboten.

3) Kreuzklassifikation. Dabei geht es darum, sowohl Gleichheit als auch Verschiedenheit bei Merkmalen festzustellen. Wenn die Kreuzklassifikation entsprechend geplant ist, läßt sich mit ihrer Hilfe eine korrekte Begriffsbildung herbeiführen oder überprüfen, denn sie offenbart, ob angemessen generalisiert wird, also weder über- noch untergeneralisiert wird. Ein bekanntes Beispiel der Kreuzklassifikation stammt aus der Mengenlehre: Läßt man Kinder Klötzchen zum Beispiel nach Farbe *und* Form ordnen, so entstehen alle Kombinationen wie etwa grün und rund,

grün und dreieckig usw. Das Ergebnis ist eine typische Kreuzklassifikation. Hier müssen stets mindestens zwei Merkmale gleichzeitig beachtet werden. Man vergleiche hierzu auch Abbildung 5.

4) Beziehungserfassung. Die bisherigen Fälle hatten es mit der Beachtung von Merkmalen zu tun. In den nächsten drei Fällen geht es nun analog um die Beachtung von Relationen oder Beziehungen. Das Erkennen von Gleichheit bei Beziehungen heißt Beziehungserfassung. Die Zahlenpaare (5; 15) und (7; 21) sind beispielsweise durch dieselbe Beziehung gekennzeichnet. Sie herauszufinden, wäre ein Beispiel für das Beziehungserfassen (vgl. ferner Abbildung 6).

5) Beziehungsunterscheidung. Analog zur Diskrimination geht es hier darum, unterschiedliche Beziehungen zu erkennen. Hätten wir zu den beiden Zahlenpaaren beispielsweise noch das Paar (3; 12) hinzugefügt und gefragt, welches Paar nicht zu den beiden anderen passe, so wäre eine Aufgabe des Beziehungsunterscheidens entstanden (vgl. im übrigen Abbildung 7.)

6) Systembildung. Sollen sowohl Gleichheit als auch Verschiedenheit von Relationen erfaßt werden, so handelt es sich um die Systembildung. Aufgaben dieser Art sind besonders komplex. Denn hier geht es darum, mindestens zwei Beziehungen gleichzeitig zu beachten. Ein Beispiel hierfür ist das Periodische System der Elemente, aber auch ein Schema, bei dem Objekte gleichzeitig etwa nach den Relationen „verbraucht weniger Energie als" und „ist billiger als" zu ordnen sind (vgl. auch Abbildung 8).

Aufgaben, die zu diesen sechs Klassen gehören, kommen nun aber besonders häufig in Intelligenztests vor. Das ist sicher kein Zufall, legt jedoch die Vermutung nahe, daß das induktive Denken eine wesentliche Komponente dessen darstellt, was die allgemeine Intelligenz ausmacht. Pädagogisch ist das insofern besonders interessant, als die allgemeine Intelligenz dasjenige Persönlichkeitsmerkmal ist, das am besten die Schulleistung vorhersagen läßt. Das ist auch der Grund, warum sich die moderne kognitive Forschung so sehr der Analyse von Prozessen widmet, die bei der Lösung von Intelligenztestaufgaben ablaufen (vgl. Glaser & Pellegrino, 1982).

Wenn nun unsere Theorie des induktiven Denkens wenigstens in den Grundzügen zutreffend ist, so müßte ein Training der soeben skizzierten sechs Varianten von Prozessen zu genau spezifizierbaren Transferleistungen befähigen. Ein solches Training müßte schließlich sogar die allgemeine Intelligenz meßbar erhöhen. Inzwischen wurden zwei Trainingsprogramme zur Förderung des induktiven Denkens bei Kindern entwickelt, eines für 5-7jährige und eines für 10-13jährige (Klauer, 1989a, Klauer, im Druck). Zur Vorbereitung dieser Programme, zu ihrer Erprobung, aber auch zur Überprüfung der Theorie wurden bislang rund 35 Trainingsexperimente mit Schülern aller Schularten

durchgeführt. Die Ergebnisse sind zusammenfassend an anderer Stelle beschrieben (Klauer, im Druck) und sollen deshalb hier nur holzschnittartig gekennzeichnet werden.

— Das induktive Denken ist grundsätzlich trainierbar. Trainiert man nämlich einen beliebigen der sechs Teilprozesse, so sind beachtliche trainingsbedingte Leistungssteigerungen nachweisbar.

— Die einzelnen Teilleistungen des induktiven Denkens hängen so eng zusammen, daß gegenseitiger Transfer stattfindet. Trainiert man die Erfassung von Gemeinsamkeiten, so wird gleichzeitig auch die Erfassung von Unterschieden verbessert und umgekehrt.

— Das Training vermittelt nicht primär inhaltliches Wissen, sondern Denkprozesse. Trainiert man das induktive Denken mit Aufgaben, die aus einem bestimmten Material- oder Inhaltsbereich stammen, so gibt es auch einen Transfer auf ganz andersartiges Material, wenn es um induktive Leistungen geht.

— Das Training fördert primär induktives Denken und ist deshalb in seiner Wirkung bereichsspezifisch. Das zeigt sich daran, daß ein Zusammenhang besteht zwischen der Höhe des Transfereffekts und dem Ausmaß der Ähnlichkeit zwischen Trainings- und Testaufgaben. Daraus ist zu schließen, daß die Trainingswirkung nicht hauptsächlich auf allgemeine Faktoren wie etwa Erhöhung der Konzentration, der Reflexivität des Vorgehens, der Leistungsmotivation oder der Verbesserung allgemeiner metakognitiver Komponenten zurückzuführen ist.

— Das Training fördert die Leistungen der Kinder im Intelligenztest. Die Förderung ist von beachtenswertem Ausmaß und ist bei allen bislang verwendeten Intelligenztests und bei schwachbegabten, normalen wie hochbegabten Kindern nachweisbar. Diese Befunde können als Beleg dafür gelten, daß das induktive Denken, wie es hier definiert ist, tatsächlich wesentlich in das eingeht, was Intelligenztests erfassen.

Induktives Denken in der Schule

Unter diesen Umständen stellt sich die Frage, wie es denn möglich sei, das induktive Denken in der Schule systematisch zu fördern. Natürlich besteht die Möglichkeit, das Trainingsprogramm auch innerhalb von Schulen zu verwenden, so beispielsweise im Rahmen des Förderunterrichts. So nützlich das im Einzelfall auch sein dürfte, so kommt es doch darauf an, Wege zu finden, den Unterricht in den verschiedenen Fächern so zu gestalten, daß er nicht nur Wissen vermittelt, sondern stärker als bisher auch das Denken fördert. Eine Möglichkeit, die man dabei zunächst in Betracht ziehen mag, stellt die Methode des Entdecken-

lassenden Lehrens dar. Sie ist insofern auch besonders interessant, als sich unsere Vorschläge hiervon deutlich abheben werden.

Entdeckenlassendes Lehren

Insbesondere seit Bruners wegweisendem Artikel von 1961 steht diese Methode in allseits hohem Ansehen. Die deutsche geisteswissenschaftlich orientierte Didaktik brachte ihr ebenfalls hohe Wertschätzung entgegen, entspricht sie doch dem behaupteten Implikationszusammenhang von Ziel und Methode: Wenn es das Ziel sei, junge Menschen zum selbständigen Denken zu erziehen, so könne das nur dadurch geschehen, daß man ihnen Gelegenheit zum selbständigen Denken gebe. Induktives Denken lernt man dieser Behauptung zufolge dann auch nur durch induktives Denken, d.h. dadurch, daß man Gelegenheit erhält, selbständig allgemeine Zusammenhänge zu entdecken.

Was hier so wie eine ewige Wahrheit klingt, ist alles andere als selbstverständlich. Die Probleme beginnen schon, wie Nußbaum (1984) eindrucksvoll darlegte, mit der Definition des Entdeckenlassenden Lehrens. Entscheidend für den Begriff ist zweifellos das Ausmaß der Hilfen, die der Lehrer gewährt, beziehungsweise der Grad der Strukturierung, den er dem Unterricht gibt. Doch das sind relative Begriffe, wie Einsiedler (1981) zu Recht bemerkt. Deswegen kann ein und derselbe Unterricht, je nach dem, mit welchem anderen man ihn vergleicht, mal als entdeckenlassend und mal nicht als entdeckenlassend gekennzeichnet werden.

Angesichts dieser Sachlage braucht man sich nicht zu wundern, wenn die empirischen Untersuchungen zum Entdeckenlassen keine eindeutigen Ergebnisse brachten (Nußbaum, 1984). Nicht selten schneidet diese Methode sogar recht ungünstig ab (Nußbaum und Leutner, 1986). Wichtiger scheint deshalb ein anderer Umstand zu sein: Lernhilfen helfen nur denen, die sie brauchen, im Zweifelsfall also den schwächeren Schülern. Entdeckenlassendes Lehren bedeutet aber, wenig Lernhilfen zu geben. Folgt man den Voraussagen der modernen Lehrtheorie (Klauer, 1985), so ist anzunehmen, daß das Entdeckenlassende Lehren für leistungsstarke Schüler eine echte Alternative darstellt, die leistungsschwachen aber eindeutig benachteiligt. Dieser differentielle Effekt ist aber schon längst zweifelsfrei belegt (Cronbach & Snow, 1977).

Das selbständige Denken ist also nichts für schwächere Schüler? Diese resignative Schlußfolgerung drängt sich auf, nimmt man den Stand der Forschung zur Kenntnis. Da das Entdeckenlassende Lehren aber viel Zeit in Anspruch nimmt, ist es oft sogar für gute Schüler nicht besser als die Darbietungsmethode. Das mag mit ein Grund dafür sein, daß es in Schulen auch relativ selten eingesetzt wird.

Nun kommt es vielleicht nicht so entscheidend darauf an, durch weniger Lernhilfen den Kindern mehr Gelegenheit zu selbständigem Denken und

Entdecken zu geben, wie man dies bisher angenommen hat. Vielleicht geht es darum, nicht einfach weniger Hilfen zu geben, sondern andere Hilfen? Unter Umständen kommt es darauf an, durchaus Hilfen darzubieten, aber spezielle Hilfen, die den Lernenden ermöglichen, die *richtigen Strategien* anzuwenden und, inhaltlich gesehen, das *Wesentliche* vom *Unwesentlichen* zu unterscheiden.

Strategien des induktiven Denkens

Die moderne kognitive Psychologie unterscheidet zwei Hauptarten des Wissens, deklaratives und prozedurales Wissen, sozusagen Wissen was und Wissen wie. Pädagogen unterscheiden entsprechend gern zwischen Wissen und Können. In beiden Bereichen sind nun spezifische Hilfen möglich. Wir wollen uns zunächst mit den Hilfen beschäftigen, die prozeduraler Natur sind.

Wie aus unserer empirisch bewährten Definition des induktiven Denkens hervorgeht, geht es beim induktiven Denken stets um die Feststellung von Gleichheit oder/und von Verschiedenheit, also um die Feststellung von Gemeinsamkeiten und Unterschieden. Das geschieht in der Tätigkeit des Vergleichens, eine Tätigkeit, die Lehrer ohnedies häufig im Unterricht fordern. Wesentlich sind aber einige Punkte, die nun im folgenden herausgearbeitet werden sollen.

— Es kommt darauf an, den Schülern klarzumachen, was Vergleichen bedeutet oder für uns bedeuten soll. Es fordert nämlich, nicht nur Gemeinsamkeiten festzustellen oder nur Unterschiede, sondern beides, *Gemeinsamkeiten und Unterschiede.* Das sollte den Schülern zur Gewohnheit werden beim Vergleichen, beide Aspekte hinreichend zu berücksichtigen. Man läßt sie am besten den Satz lernen, was Vergleichen bedeutet, und die Tätigkeiten entsprechend üben.

— Was aber soll verglichen werden? Induktives Denken liegt nicht vor, wenn Objekte global verglichen werden, d.h. als Ganze. Das Vergleichen muß *analytisch* geschehen. Das bedeutet, daß Einzelheiten zu vergleichen sind. Genauer: es geht darum, Objekte entweder im Hinblick auf ihre *Merkmale* zu vergleichen oder im Hinblick auf *Relationen,* die zwischen ihnen bestehen.

— Die Schüler sollten lernen, einigermaßen *systematisch* beim Vergleichen vorzugehen. Gemeint ist damit, daß sie sich ein System, einen Weg, einen Leitfaden zurechtlegen sollten, anhand dessen sie vorgehen, um zu gewährleisten, daß nichts Wichtiges ausgelassen wird. Das ist eine metakognitive Leistung, seinen eigenen Vergleichsprozeß zu steuern.

— Die Schüler sollen darüber hinaus lernen, *zielstrebig* zu vergleichen. Das System, nach dem man vorgehen will, soll in jedem Fall der gestellten Aufgabe gerecht werden. Ist beispielsweise gefordert, im

Deutschen ein interrogatives Pronominaladverb zu erkennen, so sind genau drei Punkte zu prüfen. Es muß (a) ein Fragewort und (b) ein zusammengesetztes Wort sein und (c) aus einer Präposition und einem Adverb bestehen wie etwa das Wort „wodurch". Ist nun ein Wort kein Fragewort, so kann man den Prüfprozeß sofort abbrechen. Um dies zu können, muß man also die Zielstruktur dauernd gegenwärtig halten, im Beispiel demnach die drei gesuchten Eigenschaften. Das ist wiederum eine metakognitive Leistung, die neben der eigentlichen Leistung, dem Vergleichen, parallel laufen muß. Tatsächlich geht es nicht um zwei streng parallel verlaufende Prozesse, sondern um ein paralleles Verfügbarhalten der Zielstruktur wie des gegenwärtigen Standes des Prüfprozesses, parallel neben dem eigentlichen Vergleichsprozeß. Solches parallele Verfügbarhalten muß intensiv und lange geübt werden.

Das möge genügen, um die allgemeine Strategie des induktiven Denkens zu erläutern. Im folgenden sollen nun die sechs Varianten der allgemeinen Strategie kurz vorgestellt werden, die sich aus den oben dargestellten sechs Varianten des induktiven Denkens ergeben. Dies soll anhand der sechs Aufgaben geschehen, die aus unserem Trainingsprogramm für 10-13jährige Kinder entnommen sind (Klauer, im Druck) und die ähnlich im Unterricht vorkommen können.

Hier siehst du verschiedene Wörter, die du nach ihrer Bedeutung in zwei Gruppen einteilen kannst. Wie?

schön erfrischend faul bedrohlich tüchtig angenehm giftig bissig freundlich mutig häßlich ausdauernd gemein

Abbildung 3: Generalisierung bei verbalem Material

Peter soll für eine Biologieaufgabe Bilder von bestimmten Tieren sammeln. Jetzt fällt ihm auf, daß ein Tier überhaupt nicht dazugehört. Welches ist es?

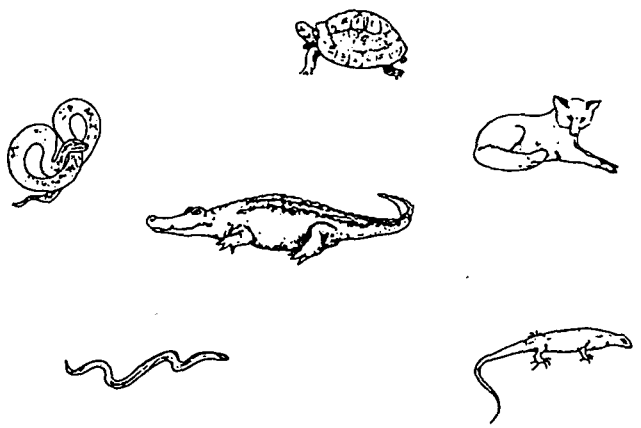


Abbildung 4: Diskrimination bei Tieren

Peter bekommt Nachhilfe in Mathematik. Er soll die unten stehenden Aufgaben lösen und die Ergebnisse in diese Tabelle eintragen:

	gerade	ungerade
< 25		
25 bis 50		
> 50		

Aufgaben:

3 · 6 =	63 - 7 =
9 + 4 =	6 · 5 =
50 : 2 =	99 - 19 =

Abbildung 5: Kreuzklassifikation bei numerischem Material

Bei den ersten drei Aufgaben sind Merkmale zu vergleichen. Die in Abbildung 3 dargestellte Aufgabe ist ein einfaches Beispiel für eine Generalisierungsaufgabe. Die Wörter sollen auf zwei Teilmengen verteilt werden, so daß alle Wörter einer Teilmenge ein Merkmal gemeinsam haben. Bei diesem Beispiel sind die kritischen Merkmale noch zu suchen, manchmal sind sie aber schon vorgegeben, so daß nur entsprechend zuzuordnen ist. Wichtig ist natürlich, zwei Merkmale zu finden, so daß *jedes* Wort zugeordnet werden kann, aber immer auch nur *einer* Teilmenge zugeordnet werden kann. Es gibt hier mehrere mögliche Lösungen, obwohl Kinder rasch entdecken, daß die Wörter nach ihrer positiven oder negativen Bedeutung vollständig klassifiziert werden können.

Auch bei der Diskriminationsaufgabe von Abbildung 4 ist das Merkmal zu suchen, das genau eines der Tiere von den anderen unterscheidet. An diesem Beispiel kann man das *Vorgehen* schön erläutern, das systematische Vergleichen, das Entstehen von Hypothesen und ihre gezielte Überprüfung, und schließlich das Abbrechen, wenn man gefunden und geprüft hat, daß nur der Hund ein Säugetier ist.

Die Kreuzklassifikation von Abbildung 5 ist relativ leicht, da die Merkmale, um die es geht, vorgegeben sind. Wissen die Schüler, daß 3 x 6 so gut eine Zahl bezeichnet wie 18, so geht es hier darum, für jede Zahl zwei Entscheidungen durch Vergleich zu fällen. Zahlen, die kleiner als 25 und gerade sind, kommen nach oben links, die kleiner als 25 und ungerade sind, nach oben rechts usw. Für jede Zahl ist also zu klären, welche der Eigenschaften ihr zukommen und welche nicht. Wo immer Objekte in ein ähnliches zwei- oder mehrdimensionales Schema einzuordnen sind, handelt es sich um Kreuzklassifikation. Es erfordert, sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zu beachten und mindestens zwei Merkmale gleichzeitig zu berücksichtigen.

Jeder Mensch hat 2 Eltern und 4 Großeltern.

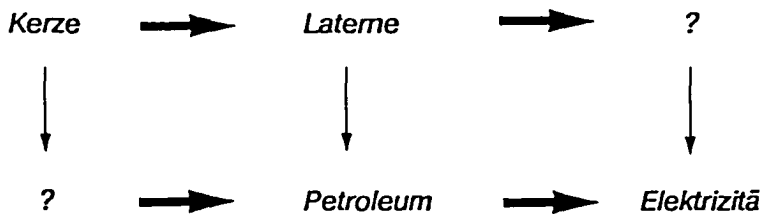
Wieviele **Urgroßeltern** und **Ur-Urgroßeltern** hat jeder?

Abbildung 6: Beziehungserfassung bei Zahlen (Fortsetzung einer Zahlenfolge)

Im Geometrieunterricht hat euer Lehrer ein Folge von Figuren an die Tafel gezeichnet. Leider hat er einen Fehler gemacht. Findest du ihn?

Abbildung 7: Beziehungsunterscheidung figural (Folgen ordnen)

Im Schulbuch gibt es ein Kapitel über das Licht, und dazu ist diese Tabelle abgedruckt:



Was bedeuten hier die dicken und die dünnen Pfeile, und welche Wörter gehören an die Stelle der Fragezeichen?

Abbildung 8: Systembildung im Sachunterricht

Die nächsten drei Aufgaben bieten analoge Fragestellungen im Hinblick auf Beziehungen. Abbildung 6 kann rein durch Nachdenken oder mit Hilfe einer Veranschaulichung gelöst werden. Macht man sich klar, daß auf jeden Menschen zwei Elternteile kommen, so ergibt sich, daß es sich um eine Verdoppelung von einer Generation zur vorhergehenden handeln muß. Anschaulicher ist aber dieses Schema.

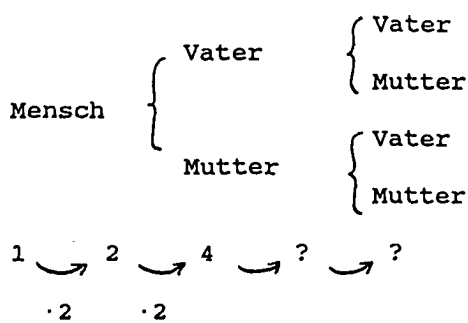


Abbildung 9

Das Hauptproblem ist hier, die zwischen den Gliedern der Folge geltende Relation zu erkennen. Schüler, die bereits die Quadratzahlen kennen, mögen versucht sein, die nächstfolgende jeweils durch Quadrierung aus der vorhergehenden hervorgehen zu lassen, da $2^2 = 4$. Diese Hypothese kann zwar schon aus der Beziehung zwischen dem ersten und dem zweiten Glied der Folge widerlegt werden, doch beginnen nicht alle Schüler beim tatsächlich ersten Glied, der eins. Das lenkt den Blick erneut auf die Bedeutung des systematischen Vorgehens. Tut man dies, so erkennt man sehr rasch, daß die ersten Zahlenpaare die Relation „mal 2" gemeinsam haben und daß es notwendig mit dieser Relation weitergehen muß. So wird durch Vergleich von Paaren die ihnen gemeinsame Beziehung erfaßt.

Bei der Beziehungsunterscheidung ist — analog zur Diskrimination — ein Objekt zu erkennen, das die ansonsten gleichen Beziehungen stört. Die Vierecke von Abbildung 7 sind mit einer Ausnahme in bestimmter Weise geordnet. Man muß also nun durch systematisches Vergleichen herausfinden, welche Beziehung es ist, durch die sich eine Ordnung ergibt, die an einer Stelle gestört ist. Nach einigen vergeblichen Versuchen wird man entdecken, daß die Figur rechts immer regelmäßiger ist als die Figur links, wobei nur die Positionen drei und vier vertauscht wurden.

Aufgabe 6 (vgl. Abb. 8) könnte von der Thematik her schon in der Grundschule gestellt werden, nur ist sie von der Art der Aufgabenstellung vielleicht zu ungewohnt. Sie zeigt aber deutlich, daß hier gleichzeitig zwei Relationen zu beachten sind, ähnlich wie bei der Kreuzklassifikation zwei Merkmale gleichzeitig berücksichtigt werden müssen. Die beiden Relationen sind durch deutlich unterschiedene Pfeile markiert. Man muß hier zunächst herausfinden, um welche Beziehungen es sich handelt. Die dünnen Pfeile bedeuten die Relation „. . . verbraucht . . .", die dicken Pfeile etwa die Relation". . . ist altertümlicher / schon länger in Gebrauch als . . .". Beachtet man beide Relationen gleichzeitig, so kann man die Fragezeichen leicht und gezielt ersetzen.

Diese Beispiele sollen nur dazu dienen, dem Lehrer zu zeigen, wie Aufgaben aussehen können, die in besonderer Weise das induktive Denken einüben lassen. Mit ein wenig Einfallsreichtum ist es möglich, Beispiele zu jeder Aufgabenart aus den verschiedensten Fächern zu finden. Übt man systematisch und ausdauernd und jeweils dem Niveau der Schüler angepaßt Aufgaben dieser Art, so werden die Schüler nicht nur fachlich gefördert, sondern lernen auch induktiv zu denken, Zusammenhänge zu entdecken oder herzustellen, Verbindungen zu ziehen, aber auch zu differenzieren, Unterschiede herauszuarbeiten und Übergeneralisierungen zu vermeiden. Das wird ihnen um so mehr gelingen, je mehr es dem Lehrer gelingt, den Schülern die entsprechenden

Techniken zu vermitteln, das zielorientierte systematische und analytische Vergleichen, also das Entdecken von Gemeinsamkeiten und Unterschieden sowohl bei Merkmalen als auch bei Relationen.

Der folgende Teil wird deutlich machen, daß die Hilfen, die den Schülern gegeben werden können, noch weiter spezifizierbar sind. Darüber hinaus wird er zeigen, welche weitreichende Bedeutung bestimmten (und nicht beliebigen) Übungen zukommt.

Der paradigmatische Ansatz

Sehr häufig kommt es im Unterricht vor, daß beispielsweise zwei oder mehr Teilmengen zu bilden sind. Dann handelt es sich um die Bildung oder Anwendung von Allgemeinbegriffen wie etwa dann, wenn Haupt- und Nebensätze zu unterscheiden sind, wenn Beispiele für einkeimblättrige und für zweikeimblättrige Pflanzen zusammenzustellen sind oder wenn Primzahlen von anderen Zahlen unterschieden werden sollen. Alle diese Beispiele und viele andere stellen Varianten der Generalisierungsaufgabe dar, wie sie etwa in der Einleitungsaufgabe mit den Straßennamen oder in der Aufgabe von Abbildung 3 gegeben ist. Diese Aufgaben unterscheiden sich dem Inhalt oder Gegenstand nach sehr stark, darüber hinaus aber auch in der Art der Fragestellung. Mal sind die fraglichen Merkmale, die die Teilmengen bilden, unmittelbar vorgegeben wie etwa im Fall der ein- und zweikeimblättrigen Pflanzen, mal sind die Teilmengen vorgegeben und das Merkmal ist zu suchen wie etwa bei den Straßennamen, und mal ist beides noch zu suchen wie im Fall der Aufgabe 3. Die Lösungsprozedur ist in allen Fällen aber recht ähnlich: Durch systematisches Vergleichen, d.h. durch sorgfältige Prüfung auf Gemeinsamkeiten findet man das fragliche gemeinsame Merkmal, und hat man es gefunden oder wurde es gar vorgegeben, so läßt sich wiederum durch Vergleichen feststellen, welchem Objekt das Merkmal zukommt und welchem nicht.

Der paradigmatische Ansatz sieht nun vor, den Schülern zunächst an einer musterhaften (paradigmatischen) Aufgabe klar zu machen, wie Aufgaben dieser Art zu bearbeiten sind. Im zweiten Schritt soll dann den Schülern systematisch Gelegenheit gegeben werden, Aufgaben desselben Typs in den unterschiedlichsten Zusammenhängen und Fächern, das heißt also mit den verschiedensten Inhalten wiederzuerkennen, um dann zu wissen, wie man bei der Lösung vorgeht. Die Schüler können dann eine neue Aufgabe als eine solche identifizieren, die der „mit den Straßennamen" entspricht, d.h. als einen „Fall von . . .". So lernen sie, Aufgaben nach ihrer Struktur zu beurteilen, das Wesentliche der Aufgabenstellung zu erkennen, und wenn sie dann wissen, wie man die Lösung einer solchen Aufgabe anpackt, haben sie damit eine entscheidende Hilfestellung erfahren.

Die Art der Hilfestellung läßt sich noch ein wenig mehr präzisieren. Sie besteht nämlich aus zwei Elementen, einem begrifflichen Teil und einem prozeduralen Teil. Beim begrifflichen Teil geht es um inhaltliches (deklaratives) Wissen: Im Grunde lernen die Schüler die Merkmale, die eine Aufgabenklasse konstituieren, so daß sie für jede Aufgabe entscheiden können, ob sie dazugehört oder nicht. Dieses Entscheiden ist schon eine prozedurale Komponente, das zu jedem Begriffslernen gehört, das Klassifizieren. Das zweite Element ist rein prozedural, eine Technik oder Lösungsstrategie, nämlich das Wissen, wie Aufgaben dieser Art gelöst werden.

Die Verbindung eines begrifflichen Teils mit einer Handlungsstrategie ist aber nichts anderes als eine *Regel,* wie eingangs gezeigt wurde. Jede Regel besteht, wie gesagt, aus einem Bedingungsteil und einem Handlungsteil. In unserem Fall ist der Bedingungsteil durch eine Klasse von Aufgaben gegeben und der Handlungsteil durch eine Lösungsstrategie. Wird den Schülern die Regel durch entsprechende Übung geläufig, so wissen sie ohne viel Nachdenken, was zu tun ist, wenn ihnen eine beliebige Aufgabe der fraglichen Art begegnet.

Das, was Aufgaben desselben Typs gemeinsam haben, ist einerseits die Struktur der Aufgabe, nicht ihr Inhalt, und andererseits die Struktur des optimalen Lösungsprozesses. Insofern steht dieser Ansatz in engem Bezug zu den modernen Forschungen und Konzepten zum *analogen Denken.* Hierfür gibt es im wesentlichen zwei Hauptrichtungen, für die einerseits Dedre Gentner und andererseits Keith J. Holyoak stehen mögen.

Beide Ansätze sind in dem Buch von Vosniadou & Ortony (1989) ausführlich vertreten. Analogien sind dadurch gekennzeichnet, daß Strukturidentitäten bestehen. Genauer gesagt, besteht bei den Vergleichsfällen eine Identität von Relationen oder mindestens eine eins-zu-eins-Zuordnung der Relationen. Wie aber mehrfach nachgewiesen wurde, sind analoge Probleme nicht schon deshalb leichter lösbar, weil sie analog zu einer bekannten sind, denn vielfach erkennen die Problemlöser die Analogie nicht (vgl. Klauer, 1989b). Deshalb fordert der paradigmatische Ansatz das zweistufige Vorgehen, in dem sowohl das Wiedererkennen der zugrundeliegenden (und eigentlich bekannten) Struktur geübt wird als auch das Übertragen des Lösungsprozesses in den neuen Kontext.

Dieser paradigmatische Ansatz hat überdies gewisse Ähnlichkeiten mit dem Konzept des exemplarischen Lehrens. In beiden Fällen soll die Grundstruktur anhand eines Musterfalles erarbeitet werden, wobei der exemplarische Unterricht in der Regel darauf baut, daß die Schüler sozusagen automatisch den Transfer auf analoge Sachverhalte vollziehen. Letzteres ist, wie wir wissen, eine trügerische Hoffnung. Überdies leidet das Konzept des Exemplarischen an begrifflicher Unschärfe, die den Lehrer im Stich läßt, wenn es darum geht zu bestimmen, was nun exemplarisch sei. Allerdings sind auch hier Präzisierungen denkbar, wie

andernorts gezeigt wurde (Klauer, 1989c). Schließlich hat der paradigmatische Ansatz enge Beziehungen zu Lompschers Konzept des Aufsteigens vom Abstrakten zum Konkreten, auf das ausdrücklich verwiesen sei (Lompscher, 1989).

Was nun das induktive Denken betrifft, so ist mit der Definition der sechs Prozeßvarianten, denen sechs Aufgabenklassen entsprechen, ein wesentlicher Schritt getan. In Verbindung mit dem paradigmatischen Vorgehen muß es möglich sein, die Fähigkeit zum induktiven Denken erheblich zu steigern, weil die Schüler in die Lage versetzt werden, beliebige induktive Probleme als solche zu identifizieren und ihnen die angemessene Lösungsprozedur zuzuordnen. Wie das im einzelnen geschehen kann, ist beispielsweise bei dem Trainingsprogramm für 10-13jährige demonstriert (Klauer, im Druck; vgl. auch Klauer, 1989a). Dort kann man Anregungen entnehmen, wie eine noch zu leistende Übertragung in das jeweilige Schulfach aussehen könnte.

Der Vorteil dieses Vorgehens liegt aber auf der Hand. Formale und materiale Bildung sind nicht mehr getrennt, sondern stützen sich wechselseitig. Die Vermittlung des Wissens wird so gestaltet, daß sie zugleich Denkerziehung ist. Statt trägem Wissen (Oppenheimer, 1956) und leerem Drill werden mit Eggersdorfer (1950) „lebendiges Wissen" und „durchgeistigtes Können" entwickelt.

Ausblick

Es soll nun keineswegs der Eindruck entstehen, das induktive Denken sei die wichtigste Denkform überhaupt. Deshalb mögen abschließend noch einige Worte zum deduktiven Denken folgen. Die drei ersten Paradigmen des induktiven Denkens, die Generalisierung, Diskrimination und Kreuzklassifikation gewährleisten eine präzise Begriffsbildung. Nun ist ein genau umrissener Allgemeinbegriff eine wesentliche Grundlage für deduktives Denken.

Hierzu kurz ein Beispiel. Wenn die definierenden Merkmale des Begriffs Insekt bekannt sind, so macht es auch Schülern keinerlei Schwierigkeit, richtige deduktive Schlüsse ohne jeden formellen Schlußprozeß zu ziehen. Wenn ihnen dann ein beliebiges Insekt genannt wird, können sie wichtige Eigenschaften nennen, die ihm zukommen, etwa daß es sechs Beine haben muß, ringförmige Körpersegmente, ein Exoskelett und bestimmte Entwicklungsstadien wie das Larven- und das Verpuppungsstadium. Das sind so gut deduktive Schlüsse wie der, daß Sokrates sterblich sei.

Weitere deduktive Schlüsse ergeben sich unschwer, wenn die Beziehungen zwischen zwei Begriffen, insbesondere zwischen ihren Extensionen, klar sind. Hier spielt insbesondere die Teilmengenbeziehung eine wichtige Rolle. Das läßt sich an den folgenden Mengendarstellungen leicht entnehmen.

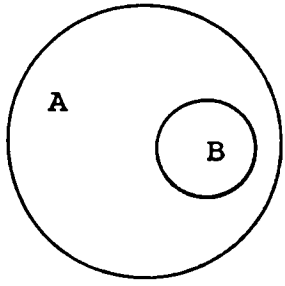


Abbildung 10

Wer die Relationen wirklich klar vor Augen hat, kann leicht Schlüsse dieser Art ziehen oder nachvollziehen:

— Alle B sind A.
— Einige A sind B.
— Es gibt A, die keine B sind.
— Kein B ist non A.

Wie man sieht, spielen Merkmale und Relationen auch beim deduktiven Denken eine maßgebliche Rolle, doch handelt es sich hierbei um andere Denkprozesse. Wie auch komplexes deduktives Denken systematisch trainiert werden kann, hat unlängst Hinnersmann (1989) untersucht. Daß induktives und deduktives Denken in der Praxis häufig eng miteinander verwoben sind, wird besonders von Sternberg (1986) eindrucksvoll demonstriert.

Literatur

BORG, I. (1981): Anwendungsorientierte multidimensionale Skalierung. Berlin: Springer.

BRUNER, J.S. (1981): The act of discovery. Harvard Educational Review, 31, 21-32.

CRONBACH, L.J. & SNOW, R.E. (1977): Aptitudes and instructional methods. New York: Irvington Publ.

EGGERSDORFER, F.X. (1950): Jugendbildung. Allgemeine Theorie des Schulunterrichts. München: Kösel.

EINSIEDLER, W. (1981): Lehrmethoden. München: Urban & Schwarzenberg.

GLASER, R. & PELLEGRINO, J. (1982): Improving the skills of learning. In D.K. Detterman & R.J. Sternberg (Eds.). How and how much can intelligence be increased (pp. 197-212). Norwood, N.J.: Ablex.

HINNERSMANN, H. (1989): Theorie und Training deduktiven Urteils. Frankfurt/M: Lang.

HOLLAND, J.H., HOLYOAK, K.J., NISBETT, R.E. & THAGARD, P. (1986): Induction: Processes of inference, learning and discovery. Cambridge, Mass.: MIT-Press.

JOHNSON-LAIRD, P.N. (1985): Logical thinking: Does it occur in daily life? Can it be taught? In S.F. Chipman, J.W. Segal & R. Glaser (Eds.). Thinking and learning skills, Vol. 2 (pp. 293-318). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

KLAUER, K.J. (1985): Framework for a theory of teaching. Teaching and Teacher Education, 1, 5-17.

KLAUER, K.J. (1989a): Denktraining für Kinder I. Ein Programm zur intellektuellen Förderung. Göttingen: Verlag für Psychologie.

KLAUER, K.J. (1989b): Teaching for analogical transfer as a means of improving problem-solving, thinking and learning. Instructional Science, 18, 179-192.

KLAUER, K.J. (1989c): Exemplarisches und paradigmatisches Lehren: Grundzüge einer Neuorientierung. In H. Levenig & W. Schöler (Hrsg.). Kommunikation und Begegnung (S. 395-402). Heidelberg: Sauer.

KLAUER, K.J. (im Druck): Denktraining für Kinder II. Göttingen: Verlag für Psychologie.

LOMPSCHER, J. (1989): Psychologische Analysen der Lerntätigkeit. Berlin: Volk und Wissen.

NEWELL, A. & SIMON, H. (1972): Human problem solving. Englewood-Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

NUSSBAUM, A. (1984): Entdeckendes Lernen: Probleme der Forschung und mögliche Lösungen. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 16, 57-76.

NUSSBAUM, A. & LEUTNER, D. (1986): Entdeckendes Lernen von Aufgabenlösungsregeln unter verschiedenen Anforderungsbedingungen. Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 28, 153-164.

OPPENHEIMER, J.R. (1956): Analogy in science. American Psychologist, 11, 127-135.

STERNBERG, R.J. (1985): Beyond IQ. A triarchic theory of human intelligence. Cambridge-London: Cambridge University Press.

STERNBERG, R.J. (1986): Toward a unified theory of human reasoning. Intelligence, 10, 281-314.

VOSNIADOU, S. & ORTONY, A. (Eds). (1989): Similarity and analogical reasoning. Cambridge: Cambridge University Press.

Anschrift des Autors:
Prof. Dr. K.J. Klauer, Institut für Erziehungswissenschaft, RWTH Aachen, Eilfschornsteinstraße 7, 5100 Aachen.