

Seel, Norbert M.; Dinter, Frank R.

Induktives Denken und Analogiebildung

Unterrichtswissenschaft 19 (1991) 2, S. 98-110



Quellenangabe/ Reference:

Seel, Norbert M.; Dinter, Frank R.: Induktives Denken und Analogiebildung - In: Unterrichtswissenschaft 19 (1991) 2, S. 98-110 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-296958 - DOI: 10.25656/01:29695

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-296958>

<https://doi.org/10.25656/01:29695>

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

Norbert M. Seel, Frank R. Dinter

Induktives Denken und Analogiebildung

Inductive Reasoning and the Formation of Analogies

Induktives Denken wird allgemein als ein wesentlicher Bestandteil der kognitiven Prozesse des Menschen angesehen. Eine kurze Skizze umreißt das klassische philosophische Induktionsproblem als Problem der Logik und Erkenntnistheorie. Im Unterschied zu dieser traditionell problematischen Sichtweise der Induktion behandelt die moderne Kognitionswissenschaft induktives Denken als Gegenstand empirischer Forschung. Eine der aktuellen wissenschaftlichen Fragen ist die Beziehung zwischen Induktion und dem Prozeß der Schema-Bildung. Eine andere fundamentale Frage betrifft den Einfluß induktiven Denkens auf analogisches Denken und den Prozeß der Analogiebildung. Die abschließende Betrachtung der pädagogischen Dimension des induktiven Denkens führt von unseren allgemeinen Überlegungen zu den spezifischeren Themen der nachfolgenden Artikel.

Inductive reasoning is generally considered as an essential component of the human cognitive processes. A short outline touches on the classical philosophical problem of induction as a logical and epistemological problem. In contrast to this traditionally problematic view of induction the modern cognitive science treats the inductive reasoning as a subject of empirical research. One of the recent scientific questions is the relation between induction and the process of schema-formation. Another fundamental question is the impact of inductive reasoning on analogical thinking and processes of the formation of analogies. Finally the consideration of the pedagogical dimension of inductive reasoning leads from our general reflections to more specific themes of the following articles.

1. Einführung

Die erste Zahl in einer Reihe ist 1. Die zweite Zahl ist 3, und die dritte lautet 7. Wie heißt die vierte Zahl? — Die Lösung dieser Aufgabe erfordert eine *induktive Schlußfolgerung*. Die Aufgabe ist die Formulierung der Prämissen, auf deren Grundlage der Aufgabenlöser einen logischen Schluß ziehen muß, um zur Konklusion, also zur Aufgabenlösung zu kommen. Konkret geht es in unserem Beispiel darum, *Regelmäßigkeiten* bei der *Bildung* der Zahlenreihe zu entdecken und sie entsprechend diesen Regelmäßigkeiten weiter zu entwickeln. Eine mögliche Schlußfolgerung ist, daß die vierte Zahl 15 ist. Dann ist die Zahlenreihe nach der Regel „Die n-te Zahl in der Reihe ist $2^n - 1$ “ gebildet worden. Aber diese Schlußfolgerung braucht nicht notwendigerweise die einzig korrekte aus den drei gegebenen Aussagen zu sein; für die Zahlenreihe kann auch die Regel „Die n-te Zahl ist $n^2 - n + 1$ “ gelten, und dann lautet die vierte Zahl 13.

Diese einfache Aufgabenstellung deutet ein zentrales Merkmal des *induktiven* Denkens an, nämlich daß es keine Gewähr für die Korrektheit

der Schlußfolgerung gibt. Bei mathematischen Aufgaben zeigt sich dies darin, daß es mehr als eine korrekte Lösung geben kann. Bei Problemlösungen in „lebensweltlichen Kontexten“ kommt noch ein Unsicherheitsfaktor dazu. Charakteristisch für induktive Schlüsse ist die Tatsache, daß der Gehalt der Konklusion über den Gehalt der Konjunktion der Prämissen hinausgeht. Das unterscheidet sie von deduktiven Schlüssen, bei denen die Konklusion nur das explizit formuliert, was implizit bereits in den Prämissen enthalten ist (z.B. der altherwürdige Syllogismus (P1) „Alle Menschen sind sterblich“, (P2) „Sokrates ist ein Mensch“, (K) „Sokrates ist sterblich“). Der Erkenntniszuwachs durch induktives Schließen hat allerdings seinen Preis: Man kann mit logischen Mitteln nicht beweisen, daß eine als wahr angenommene Schlußfolgerung auch tatsächlich zutrifft; ebensowenig läßt sich beweisen, ob nicht andere Schlußfolgerungen (aus denselben Prämissen) nicht bessere Chancen haben, zuzutreffen. Deshalb ist es schwierig, auf induktivem Wege eine und nur eine korrekte Schlußfolgerung zu finden, und ebenso schwierig ist es oft, unter möglichen Schlußfolgerungen die beste herauszufinden. Es dürfte schon hier klar geworden sein, daß das induktive Schließen in einem engen Zusammenhang mit der Fähigkeit des Problemlösens steht (vgl. Holland, Holyoak, Nisbett & Thagard, 1986); da es Regularitäten und Regularitäten überhaupt erst erkennen läßt, hat es auch einen festen Platz in der pädagogisch-psychologischen Intelligenz- und Fähigkeitsdiagnostik (vgl. Kail & Pellegrino, 1988; Klauer, 1989a).

Aufgaben, die induktives Denken auslösen sollen, dienen seit den Anfängen der Psychometrie dazu, interindividuelle Unterschiede der analytischen Fähigkeiten von Personen zu messen. Im Rahmen dieser Forschung bleibt aber, wie bereits McNemar (1964) kritisch festgestellt hat, die *prozessuale Natur* kognitiver Fähigkeiten völlig außer Acht. Demgegenüber versucht die moderne Kognitionswissenschaft mit ihrer Betonung der Informationsverarbeitung, gerade auch die Prozesse zu bestimmen, die durch Aufgaben zum induktiven Denken ausgelöst werden. Aus der Sicht des Informationsverarbeitungsansatzes besteht die zentrale Fragestellung darin, jene einschränkenden Bedingungen („processing constraints“) zu bestimmen, die sicherstellen, daß ein Individuum aus der (potentiell unendlichen) Menge der *möglichen* Schlußfolgerungen genau diejenigen auswählt, die nicht nur subjektiv *plausibel* erscheinen, sondern die für das Individuum auch *relevant* sind. Und dabei spielt sein aktuelles, d.h. abrufbares Wissen eine zentrale Rolle (vgl. Holland et al., 1986; Seel, 1991): Induktives Denken bzw. Schlußfolgern ist in hohem Maße kontextabhängig, d.h. es wird von dem Weltwissen bestimmt, das situations- und anforderungsspezifisch aktualisiert werden kann (vgl. Ross, 1987). Aber nicht nur, was ein Individuum alles weiß, sondern auch und insbesondere, wie es sein Wissen organisiert hat und abrufen kann, bestimmt die Qualität des induktiven Denkens.

Aus kognitionspsychologischer Sicht stellt die Fähigkeit, induktiv zu denken, einen zentralen Aspekt der kognitiven Entwicklung dar und ist wesentlich sowohl bei der Entwicklung eines wissenschaftsbegründeten Systems schlußfolgernden Denkens als auch beim Erwerb neuen Wissens involviert. Mit anderen Worten: Menschliches Lernen ist, sofern es über unmittelbare Erfahrungen hinausgeht, notwendigerweise ein induktiver Vorgang, der auf seiten des Lernenden die Überzeugung voraussetzt, daß es in der Welt Regularitäten gibt, die sich zwar der unmittelbaren Beobachtung entziehen, aber auf der Basis gehalterweiternder Schlußprozesse zu „entdecken“ sind.

Damit haben wir die grundlegende Bedeutung des induktiven Schließens für die menschliche Kognition (Lernen sowie Problemlösen) kurz umrissen; die Induktion als Bezeichnung für alle Inferenzprozesse, die Wissen unter Unsicherheit erweitern, konstituiert auch für die philosophisch-wissenschaftstheoretische Diskussion ein besonderes Problem, auf das noch kurz einzugehen ist, bevor wir uns wieder der pädagogisch-psychologischen Dimension des induktiven Denkens zuwenden.

2. Skizzierung des Induktionsproblems

Seit Humes berühmter Analyse und Kritik singularer Kausal- oder Erfahrungsschlüsse ist das Induktionsproblem eines der hartnäckigen Probleme in der Diskussion um eine philosophische Theorie der empirischen Erkenntnis. Hume zeigt, daß solche induktiven Schlüsse, wie sie z.B. unseren wissenschaftlichen Gesetzen zugrundeliegen, zwar aus pragmatischen Gründen unverzichtbar sein mögen, aber keine logische Gültigkeit beanspruchen dürfen. Ein typisches Beispiel ist die Annahme eines kausalen Zusammenhangs, wenn wir die Aufeinanderfolge zweier Ereignisse E_1 (der Ursache) und E_2 (der Wirkung) hinreichend oft beobachtet haben. Wir sagen dann: „ E_1 verursacht E_2 “ — (Dies ist bereits eine Konstruktion, da wir den Prozeß des Verursachens ja direkt nicht beobachten können!) — und schließen induktiv: „ E_1 wird auch künftig E_2 herbeiführen“. Dieser Schluß wäre dann logisch gültig, wenn wir beweisen könnten, daß auch künftig gleiche Ursachen gleiche Wirkungen haben werden. Davon gehen wir zwar aus, aber es zeigt sich, daß auch dies nur eine Annahme ist (wenn auch eine sehr plausible), die einzig durch unsere Erfahrungen in der Vergangenheit begründet werden kann, deren Gültigkeit für die Zukunft aber gerade fraglich ist. Die Suche nach einem immer fundamentaleren Prinzip, mit dessen Hilfe die Gleichförmigkeit des Weltgeschehens auch für die Zukunft bewiesen werden könnte, führt in einen infiniten Regreß. Kurz: Nach Humes Auffassung kann so etwas wie kausale Notwendigkeit in der Abfolge der Ereignisse E_1 und E_2 — und allgemeiner: Induktion als streng logisch gültige Schlußweise — überhaupt nicht bewiesen werden; vielmehr beruht ihre Annahme auf dem Phänomen, daß die häufige Wiederkehr

von Ereignisfolgen zur Herausbildung und Konsolidierung bestimmter gewohnheitsmäßiger Erwartungen führt, die sodann Extrapolationen auf die Zukunft gestatten. Nach diesem Verständnis ist die Induktion *eine Art des schlußfolgernden Denkens*, das zu einer Folgerung führt, deren Gehalt über die zugrunde liegenden Prämissen hinausgeht (vgl. Braun & Radermacher, 1978; Haas, 1984) und den Menschen auf diese Weise zur *Erweiterung seiner Erkenntnis* qualifiziert. Können die über den Gehalt der Prämissen hinausgehenden Schlußfolgerungen dann aber noch „wahr“ im Sinne logischer Beweisbarkeit sein? — Entweder ist eine Schlußfolgerung korrekt, d.h. „wahrheitskonservierend“, dann kann sie nicht gehalterweiternd sein, ist sie aber gehalterweiternd, haben wir keine Gewähr dafür, daß sie auch „wahr“ ist. Hinter diesen Formulierungen des logischen Problems steht natürlich die erkenntnistheoretische Frage: Wie verlässlich kann Wissen — oder vermeintliches Wissen — sein, das auf induktiven Schlußfolgerungen gründet?

Mit Stegmüllers (1975) Explikation des Induktionsproblems wollen wir das bisher Gesagte noch einmal zusammenfassen (weiteres in Stegmüller, 1986): (1) All unser Wissen über Reales muß sich in irgendeiner Form auf das stützen, was wir wahrnehmen und beobachten. (2) Wir bilden uns jedoch ein, ungeheuer viel mehr an Realwissen zu besitzen, als wir durch Sinneserfahrung erworben haben können. Des Rätsels Lösung liegt im induktiven Schließen, das zwar gehalterweiternd aber nicht wahrheitskonservierend ist, bei dem also die Wahrheit der Prämissen die Wahrheit der Konklusion nicht garantiert.

Ein eindrucksvolles Beispiel, dies zu verdeutlichen, ist das Verhältnis von Vergangenheit und Zukunft: All unser Erfahrungswissen bezieht sich auf vergangenes Geschehen. Aus diesem Wissen über Vergangenes wahrheitskonservierende Schlüsse zu ziehen, ist unmöglich, also haben wir kein Wissen um künftiges Geschehen. Ein Ausweg aus diesem Dilemma wäre, wenn ein nicht-logisches Prinzip, eine synthetische Aussage über die Welt, wie ein „Uniformitätsgesetz“ gelten würde, nach dem in der Vergangenheit beobachtete Regelmäßigkeiten — so zum Beispiel, daß einem Ereignis E_1 (möglicherweise immer wieder) ein Ereignis E_2 folgt — auch in Zukunft gelten könnten. Natürlich läßt sich ein solches Prinzip nicht logisch beweisen, gleichwohl hat es einen gewissen „appeal“, wie aus der wissenschaftstheoretischen Literatur abzulesen ist, wo es der Hypothesenerzeugung und Generalisierung empirischer Sätze dient (vgl. Anderson, 1980; Glück, 1987).

Damit wollen wir uns hier aber nicht weiter befassen, sondern wieder zum eigentlichen Anliegen des Artikels zurückkommen und die Bedeutung der Induktion für das Lernen und Denken im pädagogischen Kontext beschreiben. Ausgangspunkt dafür soll die Auffassung sein, wonach die Induktion zur Herausbildung und Konsolidierung bestimmter gewohnheitsmäßiger Erwartungen führt, die in der Kognitionswissenschaft als „*Schemata*“ bezeichnet werden und Extrapolationen auf die Zukunft gestatten.

3. Induktion und Schema-Bildung

Induktives Denken ist, wie Collins & Burstein (1989), Klauer (1989b) u.a. hervorheben, aufs engste mit dem *Erkennen von Regularitäten* verbunden. Dementsprechend sind Prozesse des Vergleichens und Abbildens ("mapping")¹ zentraler Bestandteil jeder Form des induktiven Denkens. Für Klauer heißt das Denken induktiv, das in der Feststellung von (A) Gleichheit und/oder Verschiedenheit von (B) Merkmalen oder Relationen bei (C) unterschiedlichem Material (Aufgabenklassen) besteht. Kernstück dieses Denkens sind abstrakte und analytische Vergleiche, die auf die Entdeckung von Regelmäßigkeiten abzielen (vgl. Klauer, 1989b).

Ausgangspunkt und Grundlage des induktiven Denkens bzw. Schließens ist aus psychologischer Sicht die Fähigkeit, bei aller Verschiedenartigkeit von Sachverhalten Gleichartigkeiten festzustellen und dann *generalisierende Abstraktionen* so vorzunehmen, daß neue Erfahrungen in bestehendes Wissen integriert werden können, so lange keine gravierenden Unterschiede zwischen dem Wissen und neuen Erfahrungen auftreten. Diese generalisierenden Abstraktionen werden auch als „*Schemata*“ bezeichnet; sie sind im Grunde stets deskriptiv und/oder konstruktiv und erlauben dem lernenden Subjekt, aus einzelnen Beobachtungen (a) vermittelt einer induktiven Generalisierung auf (faktisch existierende oder gedanklich konstruierte) Regularitäten zu schließen, oder (b) auf zugrunde liegende Gesetzmäßigkeiten zu schließen, indem es einen Mechanismus induziert, der bei gleichen Bedingungskomplexionen stets gleiche Ereignisse hervorbringt, um dann (c) unter der Annahme, daß „der Lauf der Dinge“ gleichförmig sei, eine Extrapolation auf die Zukunft zu vollziehen (vgl. Seel, 1990). Diese Formulierung läßt unschwer die Verwandtschaft zum philosophischen Induktionsproblem erkennen. Deshalb sei hier betont, daß es nicht um die logische Gültigkeit induktiver Schlüsse geht, sondern um die empirische Erforschung jener kognitiven Prozesse, auf denen induktives Denken beruht oder die dessen Komponenten bilden.

Für die kognitionswissenschaftliche Behandlung des induktiven Denkens ist also der Schema-Begriff von zentraler Bedeutung, wobei freilich nicht immer angegeben wird, was darunter zu verstehen ist. Ohne hier im einzelnen auf die notwendige Konzeptspezifikation eingehen zu können (vgl. dazu : Seel & Dörr, i.V.), benötigen wir einen Minimalkonsens im Verständnis von „*Schemata*“, um ihre Funktion beim induktiven Denken angeben zu können. In der Literatur werden einem Schema eine ganze Menge von Merkmalen zugeschrieben (vgl. Anderson, 1984; Brewer & Nakamura, 1984; Thorndyke, 1984); wir orientieren uns hier an der grundlegenden Bestimmung Piagets, wonach ein Schema die reguläre Struktur einer Handlung ist. Diese Struktur resultiert aus den Handlungswiederholungen durch generalisierende Abstraktion (vgl. Piaget, 1947) und reguliert sodann das Wechselspiel

von Assimilation und Akkommodation. Ein Schema ist demnach das Ergebnis sowohl einer Abstraktion als auch einer Generalisierung und repräsentiert Erfahrungen über unterschiedlichste Inhalts- und Handlungsbereiche, vor allem aber repräsentiert es eine Menge von Erwartungen. Informationen, die die Erwartungen erfüllen, werden als „Instantiierungen“ von Schema-Leerstellen (slots“) encodiert, und Lücken in der zugänglichen Information werden aufgrund von Standardwerten („default values“), also wissensbegründet ergänzt. Folgendes Beispiel mag dies verdeutlichen: Wenn wir im Straßenverkehr an eine Verkehrsampel kommen, so treffen wir diese gewöhnlich in einem ganz bestimmten 'Betriebszustand' an, der aber nicht in jeder Situation derselbe ist. Um zu erklären, wie es uns gelingt, in unterschiedlichen Situationen die jeweils kontextspezifisch angemessene Handlung auszuführen, können wir uns unser internes Ampel-Schema so vorstellen:

AMPEL-Schema

Spezialisierung von VERKEHRSSZEICHEN / SIGNAL

Generalisierung von FAHRZEUG-AMPEL

FUSSGÄNGER-AMPEL

ggfls. zusätzlich: Benutze Unter-Schema

hat Lichter BEREICH: (rot, gelb, grün)

Betriebsarten BEREICH: (in Betrieb, in Warnstellung,
außer Betrieb)

default: in Betrieb

Regeln
WENN: rot, gelb, grün
DANN: in Betrieb
WENN: gelbes Blinklicht
DANN: in Warnstellung
WENN: kein Licht
DANN: außer Betrieb

Zweck Verkehrsregelung

Standardwerte („defaults“) und Variablen („slots“) eines Schemas konstituieren eine wissensbegründete Basis für induktive Inferenzen, die erlauben, über die aktuellen individuellen Erfahrungsdaten hinauszugehen. So wird es Ihnen bei dem folgenden Beispiel sicher nicht schwer fallen, über das Bildangebot „hinauszugehen“ und den Sinn der Geschichte vor dem Hintergrund Ihres Wissens zu erschließen:



Abbildung 1: „Vater hat geholfen“ von E.O. Plauen

Aus schematheoretischer Sicht vollzieht sich induktives Denken auf der Grundlage des *Analogieschlusses*. Ausgangspunkt dafür ist, daß der Lernende in der Lage ist, aufgrund seines Wissens über einen bestimmten Inhaltsbereich Attribute und Relationen eines anderen Inhaltsbereichs zu erschließen. Das setzt voraus, daß eine gewisse *Ähnlichkeit*, Gleichartigkeit oder auch Gleichförmigkeit der beiden Bereiche vorliegt. Verstehen wir Schemata einmal als semantische Kategorien, also als Begriffe i.e.S., so verdeutlicht folgendes Beispiel das Gesagte:

Sei A die semantische Kategorie der Huftiere, und es sei bekannt, daß diese neben anderen charakteristischen Merkmalen auch das Merkmal besitzen, warmes Blut zu haben; B sei die Klasse der Wale. Stellt man nun fest, daß Wale Merkmale wie die Huftiere aufweisen, und weiß man von der übergeordneten Kategorie der Säuger, so wird man annehmen, daß Wale möglicherweise auch warmes Blut haben, also zur Klasse der Säuger gehören.

Das Beispiel soll zeigen, daß aus der Ähnlichkeit zweier Bereiche A und B, also aufgrund ihrer gemeinsamen Merkmale, auf eine Übereinstimmung auch in anderen Attributen geschlossen werden kann. Das aber setzt voraus, daß beide Bereiche unter ein und dasselbe Schema (z.B. „Säuger“) subsumierbar sind, so daß ein Analogieschluß von einem Bereich („Huftiere“) auf einen anderen Bereich („Wale“) möglich wird:

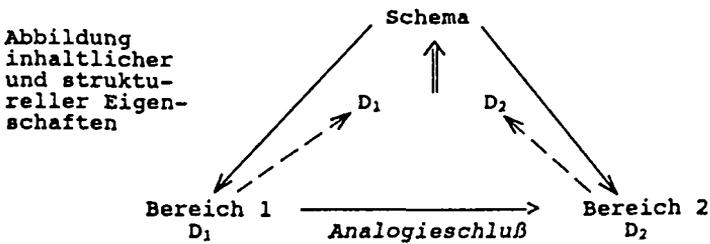


Abbildung 2:
Analogiebildung unter einem gemeinsamen Schema (aus Seel, 1991, S. 99)

Es gilt dabei:

WENN: A hat die Merkmale a, b, \dots, i, x
 und B hat die Merkmale a, b, \dots, i, k ,
 DANN: Wahrscheinlich ist $x = k$.

4. Induktives Denken und Analogiebildung

Analogiebildung ist auf dem Wissen über die Ähnlichkeit von Sachverhalten und Bereichen begründet. Bezeichnen wir den vertrauten, besser bekannten Bereich als Basisbereich („base domain“) und den weniger vertrauten, relativ unbekannteren Bereich als Zielbereich („target domain“) und nehmen wir an, zwischen beiden Bereichen bestehe eine irgendwie geartete Ähnlichkeit, so erfolgt die Analogiebildung durch eine Übertragung, genauer: strukturverträgliche Abbildung, von Attributen des Basisbereichs auf den Zielbereich. Diese Übertragung erfolgt erfahrungsbegründet von einem Einzelnen auf ein anderes Einzelnes. Die Schlußfolgerungen (außer den bekannten gemeinsamen Merkmalen beider Bereiche könne es noch weitere gleiche oder ähnliche Attribute und Relationen geben) geht — wie immer beim induktiven Schließen — über den Gehalt der Prämissen hinaus und ist daher mit einer gewissen Unsicherheit behaftet. Komplementär zur Feststellung von Ähnlichkeiten erfordert der Prozeß der Analogisierung auch eine Einschätzung, welche der offensichtlich *nicht*-ähnlichen Attribute und Relationen beider Bereiche für eine spezifische Aufgabenlösung (vermutlich) vernachlässigt werden können.

Eine Gruppe von Wissenschaftlern wollte die Eigenschaften von Pinseln mit synthetischen Borsten verbessern. Nach einigen Fehlversuchen folgten sie einem Vorschlag, einen Pinsel als Analogon zu einer Pumpe zu betrachten.

Es ist wichtig festzuhalten, daß die Wissenschaftler imstande waren, das Malen als dem Pumpen ähnlich zu begreifen, bevor sie angeben konnten, worin genau die Ähnlichkeit besteht. Am Anfang stand ein globaler Eindruck von Ähnlichkeit, erst im Zuge der *Erklärung* dieser Ähnlichkeit entwickelten die Wissenschaftler ein explizites Verständnis der Übereinstimmungen: Vom „Pumpen“ der Farbe durch die Zwischenräume zwischen den Borsten ausgehend, konnten sie auf die Relevanz der Form dieser Zwischenräume schließen (vgl. Melis, 1989).

Der für das induktive Schließen notwendige Analogieschluß baut nach Dörner (1982) darauf auf, daß ein Individuum zu einem (noch) unbekanntem Weltausschnitt sein Wissen über ähnliche Weltausschnitte untersucht, um sodann die Konkreta des bekannten Wissensbestandes gleichsam zu „kondensieren“, d.h. auf eine abstraktere und allgemeingültigere Ebene zu heben, um sodann die resultierende „reine“ Struktur mit den Konkreta des unbekanntem Bereichs aufzufüllen. Anders ausgedrückt: Analogiebildung setzt voraus, daß jemand in der Lage ist, die gemeinsamen — vornehmlich strukturellen — Merkmale zweier inhaltsverschiedener Bereiche unter eine gemeinsame abstrakte(re) Struktur, ein „Schema“ einzuordnen und dadurch die Komplexität auf ein entscheidungsnotwendiges und problemlösungswirksames Maß zu reduzieren. Dazu ein weiteres Beispiel von Melis (1989):

Eine konkrete Aufgabe aus dem Gebiet der Bionik lautet, ein Dämpfungselement zu entwickeln, das die kinetische Energie eines sich bewegenden Tierkörpers in eine andere Energieform umwandelt und dadurch „Lastspitzen“ noch vor dem Meßwertwandel abbaut. Als geeignete Analoga für ein solches „Stoßdämpfersystem“ können die Zwischenwirbelscheiben, die Fingerbeere des Menschen usw. betrachtet werden.

Um zu einer Problemlösung zu gelangen, wird folgende abstrakte Aussage formuliert: Das Dämpfungssystem hat eine hierarchische Struktur aus elastischen Randelementen und Innenelementen, die mit hochviskosem Material gefüllt sein können, sowie aus elastischen Kopplungen zwischen den Elementen.

Anders als in der einfachen Variante der Analogiebildung, bei der globale Ähnlichkeit von Basis- und Zielbereich aufgrund der Übereinstimmung von ausgewählten Attributen erkannt wird, muß in der Variante des Bionik-Beispiels zusätzliches Wissen über Attributepaare eingebracht und auf den Zielbereich übertragen werden. Es ist dieser Typ von Analogiebildung, der in den bekannten Experimenten (z.B. von Gick & Holyoak, 1983; Beveridge & Parkins, 1987) untersucht wird. Charakteristisch ist für ihn die Herleitung eines „Schemas“, unter dem neue, analoge Probleme besser gelöst werden können, insofern diese mehr Ähnlichkeiten mit dem aufgespannten „Schema“ aufweisen als untereinander.

Vor diesem Hintergrund unterscheidet Melis (1989) zwischen einer „strikten“ und einer „extraordinären Analogiebildung“. Proportionalitätsanalogien, wie sie in der Psychometrik üblich sind — z.B. der Art „Birke : Baum :: Rose : Blume“ —, sind „strikte Analogien“, während die von uns beschriebenen Analogien „extraordinär“ sind. Sie weisen im allgemeinen folgende Merkmale auf (vgl. Melis, 1989):

- Der Zielbereich ist wenig aufgeheilt, das Problem oft sehr komplex, und der Suchraum für Analogiekandidaten ist völlig offen.
- Basis- und Zielbereich sind inhaltlichdifferent.
- Zum Zeitpunkt der Analogiebildung gibt es weder ein typisches Beispiel noch eine Lösungsmethode, auch eine reproduzierbare Begründung für die Analogiebildung fehlt.

— Die Analogiebildung baut auf einer singulären mentalen Verknüpfung einer Repräsentation, einem „mentalen Modell“ von Basis- und Zielbereich auf, sie ist als Bestandteil eines konkreten Erkenntnisprozesses einmalig.

Die extraordinary Analogiebildung gehört also zu den heuristischen Strategien, die bei komplexen, unübersichtlichen und wenig aufgehellten Problemen (sog. „ill-structured problems“) Lösungsvorteile bringen (vgl. Dörner, 1976; Klix, 1971). Insofern ist sie auch von grundlegender pädagogischer Bedeutung.

5. Die pädagogische Dimension des induktiven Denkens

„Induction, which has been called the 'scandal of philosophy', has become the scandal of psychology and artificial intelligence as well“, so umschreiben Holland et al. (1986, S. 1) die gegenwärtige Rolle der Induktion als Forschungsgegenstand der „cognitive science“ — insbesondere im Hinblick auf den Versuch rechnergestützter Simulationen des Induktionsprozesses. Zwar wird allgemein anerkannt, daß analogiebegründetes Schlußfolgern eine Vielzahl von Funktionen erfüllen kann, um Lernen zu erleichtern (vgl. Vosniadou & Ortony, 1989), wie aber Analogiebildung (als Spezialfall induktiven Denkens) und die Aneignung neuen Wissens zusammenhängen, ist aus pädagogisch-psychologischer Sicht bislang wenig erhellt worden.

Das ist insofern etwas verwunderlich, da selbst in der behavioristischen Tradition der Lernpsychologie im Zusammenhang von Lerntransfer und Generalisierung dem *Prinzip der induktiven Konditionierung* grundsätzliche Bedeutung beigemessen wurde (vgl. Haseloff & Jorswieck, 1971). Auch in der denkpsychologisch begründeten Instruktionspsychologie von Ausubel, insbesondere in seiner Theorie des Transfers, spielt das induktive Denken auf der Basis von Analogiebildungen eine zentrale Rolle (vgl. Ausubel & Robinson, 1969). Die Aufgabe des Lehrens sieht Ausubel nicht nur darin, dem Lernenden zu helfen, Gelerntes zu behalten, sondern auch darin, ihn mit dem Wissen und den intellektuellen Kompetenzen auszustatten, die es ihm erlauben, neue Lernsituationen zu bewältigen. Leider scheint die Theorie des Lerntransfers von Ausubel mittlerweile dem Vergessen anheim gefallen, da sie nur noch in Resten im Konzept der „advance organizers“ tradiert wird, die schema-ähnliche Integrationsfunktionen aufweisen und die Analogiebildung wirksam beeinflussen können.

Im deutschsprachigen Raum hat sich neben Dörner (1976), der die Funktion der Analogiebildung für das synthetische Problemlösen durchaus auch mit einer pädagogisch bedeutsamen Akzentuierung beschrieb, vor allem Klauer systematisch mit dem induktiven Denken im Kontext von Lehren und Lernen befaßt (vgl. zum Beispiel: Klauer, 1987, 1989 a, b). Kernstück seines Ansatzes, die Denkfähigkeit von Lernenden

zu trainieren, ist die Annahme, „daß alle Aufgaben des induktiven Denkens durch einen einzigen Algorithmus gelöst werden können“ (Klauer, 1989b, S. 19); also liegt es nahe, Lernenden diese Lösungsprozedur beizubringen. Da Klauer in diesem Heft selbst zu Worte kommt, brauchen wir ihm hier nicht vorzugreifen. Es sei aber — wegen der grundsätzlichen Bedeutung dieser methodologischen Entscheidung für das pädagogische Denken — darauf hingewiesen, daß Klauers Anliegen darin besteht, eine *präskriptive Theorie* des induktiven Denkens zu begründen, eine Theorie also, die angibt, wie man vorgehen soll, um Aufgaben zu lösen, die induktives Denken erfordern.

In den folgenden Beiträgen des Thementeils wird der Versuch unternommen, psychologische Grundlagenforschung mit dem pädagogischen Anliegen zu verknüpfen, nicht nur die mentalen Prozesse zu spezifizieren, die dem induktiven Denken zugrunde liegen, sondern auch und insbesondere nach solchen Lehrmaßnahmen und äußeren Lernbedingungen zu suchen, die das induktive Denken und analogiebegündete Schlußfolgern erleichtern bzw. verbessern.

Wir beginnen mit dem Beitrag von Alessandro Antonietti, der im Grunde eine Replikation der Experimente von Gick & Holyoak (1983) beschreibt. Besonders wird die Bedeutung der Entwicklung eines allgemeineren, abstrakten Schemas bei der Lösung strukturell analoger Probleme herausgestellt.

Um die Wirksamkeit der analogiegeleiteten Schema-Induktion geht es auch in dem Beitrag von Günter Dörr, der — durch die Verwendung interessanten Versuchsmaterials — belegen kann, daß ein Transfer von Lernerfahrungen zwischen strukturähnlichen Problemstellungen nur dann erfolgt, wenn vorher ein Schema der Problemlösung erworben wurde.

Den Abschluß bildet der Beitrag von Karl Josef Klauer. Seine Ausführungen beziehen sich auf das ebenso komplexe wie spannende Feld der Erziehung zum induktiven Denken.²

Anmerkungen

¹ Der Ausdruck „mapping“ wird in der englischsprachigen Literatur in unterschiedlichen Bedeutungen verwendet (vgl. Collins & Burstein, 1987, S. 546); wir benutzen ihn in der Bedeutung von „strukturverträglicher Abbildung“, in der er auch ursprünglich aus der Modelltheorie entlehnt wurde.

² Bei den Buchbesprechungen finden sich einige Hinweise auf Publikationen zum Thema.

Literatur

ANDERSON, J.R. (1980): *Cognitive Psychology and its implications*. San Francisco: Freeman.

ANDERSON, R.C. (1984): Some Reflections on the Acquisition of Knowledge. *Educational Research*, 13 (9), 5-10.

AUSUBEL, D.P. & ROBINSON, F.G. (1969): *School learning*. New York: Holt.

- BEVERIDGE, M. & PARKINS, E. (1987): Visual representation in analogical problem-solving. *Memory and Cognition*, 15, 230-237.
- BRAUN, E. & RADERMACHER, H. (1978): *Wissenschaftstheoretisches Lexikon*. Graz: Styra Verlag.
- BREWER, W.F. & NAKAMURA, G.V. (1984): The nature and functions of schemas. In R.S. Wyer & T.K. Srull (Eds.), *Handbook of social cognition. Vol. 1* (pp. 119-160). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- CARBONELL, J. (1983): Learning by analogy: Formulating and generalizing plans from past experience. In R. Michalski, J. Carbonell & T. Mitchell (Eds.), *Machine learning: An artificial intelligence approach. Vol. 1* (pp. 137-161). Palo Alto: Tioga.
- COLLINS, A. & BURSTEIN, M. (1989): Afterword: A framework for a theory of comparison and mapping. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 546-565). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- DÖRNER, D. (1976): *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- DÖRNER, D. (1982): Lernen des Wissens- und Kompetenzerwerbs. In B. Treiber & F.E. Weinert (Hrsg.). *Lehr-Lern-Forschung. Ein Überblick in Einzeldarstellungen* (S. 134-148). München: Urban & Schwarzenberg.
- GICK, M. & HOLYOAK, K. (1983): Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.
- GLÜCK, G. (1987): *Generalisierung von Erfahrungen. Begründung des GDT-Verfahrens mit einem Beispiel aus der Unterrichtsforschung*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- HAAS, G. (1984): Induktion. In J. Mittelstraß (Hrsg.), *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie, Band 2* (S. 232-234). Mannheim: B.I.-Wissenschaftsverlag.
- HASELOFF, O.W. & JORSWIECK, E. (1971²): *Psychologie des Lernens. Methoden, Ergebnisse, Anwendungen*. Berlin: de Gruyter.
- HOLLAND, J.H., HOLYOAK, K.J., NISBETT, R.E. & THAGARD, P.R. (1986): *Induction. Processes of inference, learning and discovery*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- KAIL, R. & PELLEGRINO, J. (1988): *Menschliche Intelligenz*. Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft.
- KLAUER, K.J. (1987): Induktives Denken, analytische Lösungsstrategie und Intelligenz: Ergebnisse zweier Trainingsstudien. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 19 (4), 325-339.
- KLAUER, K.J. (1989a): Allgemeine oder bereichsspezifische Transfereffekte eines Denktrainings? Ein Beitrag zur Prüfung der präskriptiven Theorie des induktiven Lernens. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 21 (3), 185-200.
- KLAUER, K.J. (1989b): *Denktraining für Kinder I. Ein Programm zur intellektuellen Förderung*. Göttingen: Hogrefe.
- KLIX, R. (1971): *Information und Verhalten*. Bern: Huber.
- McNEMAR, Q. (1964): Lost: Our intelligence? Why? *American Psychologist*, 19, 871-882.
- MELIS, E. (1989): Grundlagen der Analogiebildung — zu Perspektiven ihrer Rechnerstützung. *Communication and Cognition*, 22 (1), 87-110.
- PIAGET, J. (1947): *Psychologie der Intelligenz*. Zürich: Rascher.
- ROSS, B.H. (1987): This is like that: The use of earlier problems and the separation of similarity effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14 (4), 629-639.
- SEEL, N.M. (1990): Wissen, Lernen und Kommunikation. In K. Böhme-Dürr, J. Emig & N.M. Seel (Hrsg.), *Wissensveränderung durch Medien. Theoretische Grundlagen und empirische Analysen* (S. 263-284). München: Saur.
- SEEL, N.M. (1991, i.Dr.): *Weltwissen und mentale Modelle*. Göttingen: Hogrefe.

- SEEL, N.M. & DÖRR, G. (i.V.): Das Schema-Konzept in der pädagogisch-psychologischen Theorienbildung.
- STEGMÜLLER, W. (1975): *Das Problem der Induktion: Humes Herausforderung und moderne Antworten*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- STEGMÜLLER, W. (1986¹): *Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie. Eine kritische Einführung. Band III*. Stuttgart: Kröner Verlag.
- THORNDYKE, P.W. (1984): Applications of schema theory in cognitive research. In J.R. Anderson & S.M. Kosslyn (Eds.), *Tutorials in learning and memory* (pp. 167-191). San Francisco: Freeman.
- VOSNIADOU, S. & ORTONY, A. (1989): Similarity and analogical reasoning: A synthesis. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 1-17). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- WINSTON, P.H. (1984): *Artificial Intelligence*. Reading, MA: Addison-Wesley.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Norbert M. Seel, DIFF Arbeitsbereich „Weiterbildung durch Telekommunikation“, Neckarhalde 55, D-7400 Tübingen.

Frank R. Dinter, M.A., Universität des Saarlandes, Fachrichtung Erziehungswissenschaft, Im Stadtwald, D-6600 Saarbrücken.