pedocs
Open Access Erziehungswissenschaften

DIPF

Neber, Heinz

Denkforschung und Denkförderung

Unterrichtswissenschaft 11 (1983) 4, S. 350-360

Quellenangabe/ Reference:
Neber, Heinz: Denkforschung und Denkförderung - In: Unterrichtswissenschaft 11 (1983) 4, S. 350-360 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-295270 - DOI: 10.25656/01:29527

https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-295270
https://doi.org/10.25656/01:29527

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

Heinz Neber

Denkforschung und Denkförderung

Im ersten Teil wird der in der kognitiven Instruktionspsychologie erreichte Forschungsstand zum Denken dargestellt. Der zweite Teil informiert über die zur Denkförderung notwendigen Entscheidungen und ordnet einzelne Unterrichtskonzepte ein. Der dritte Teil konkretisiert Forschung- und Förderungsaspekte am Beispiel des Problemlösens und seiner gezielten Förderung.

Thinking – research and promotion

In the first part of this article the author summarizes findings of research as far as thinking is concerned. Then he demonstrates which concepts of teaching would contribute to the development of thinking. In a third part problems of research and teaching are exemplified in the area of problem solving.

Beziehungen zwischen Denkpsychologie und Instruktionspraxis haben Tradition. Sie wurden in den letzten Jahren erneut akzentuiert. In drei Abschnitten werden diese Beziehungen unter der Perspektive der Denkförderung dargestellt.

1. Denkforschung und Instruktionspsychologie

Als Denken wurden zahlreiche Einzelaspekte geistiger Tätigkeit beschrieben und die zugrundeliegenden Modelle variierten bis hin zum Paradigma der Informationsverarbeitung. Deshalb wurde schon vom Dickicht des Gegenstandes „Denken" gesprochen. In neueren Darstellungen wird der Terminus Denken seltener gebraucht oder gar ganz vermieden. Dies beruht auf Wandlungen der Denkpsychologie zu einer kognitiven Wissenschaft, die das Ziel hat, Eigenschaften intelligenter Systeme generell zu erfassen (*Simon*, 1980). Dementsprechend wird Denken unter veränderten Perspektiven betrachtet.
Drei Orientierungen sind für neuere Konzeptionen charakteristisch: Denken wird prozessual, bereichsspezifisch und als Kompetenz bestimmt.

a) Prozeßorientierung

Denken wurde ursprünglich als von elementaren Prozessen isolierte höhere geistige Tätigkeit aufgefaßt – in erster Linie als Begriffsbilden, Schlußfolgern und Problemlösen. Neuere Forschungen zeigten jedoch, daß diese Tätigkeiten auch von elementaren Prozessen abhängen. Komplexe Denkleistungen lassen sich daher nach *Simon* (1976) nur erklären, wenn alle daran beteiligten Prozesse, auch die elementaren, beschrieben werden.
Untersuchungen bestätigten diese ausgeweitete Prozeßperspektive. So ließen *Bromage & Mayer* (1981) einen technischen Text von Schülern lesen und wiesen

nach, daß die Art der Wahrnehmung des Textes das anschließende Lösen technischer Probleme (Entwurf einer Kamera) beeinflußte. In einer eigenen Untersuchung (*Neber* 1983a) mußten Berufsschüler einen Motor laut beschreiben, die Informationen anschließend reproduzieren und Fragen dazu beantworten. Wie sich zeigte, liefen die erfaßten Wahrnehmungsprozesse vorwiegend unsystematisch und fragmentarisch ab und führten nicht zu einem funktional und räumlich integrierten Verstehen dieses technischen Sachverhalts. Darauf bezogene Fragen konnten daher häufig nicht beantwortet werden.
Durch solche prozeßorientierten Forschungen wurden also bisher vernachlässigte notwendige Voraussetzungen effizienten Denkens zugänglich. Die Ergebnisse zeigen, daß die übliche Instruktionspraxis elementare prozessuale Voraussetzungen für Denkleistungen nur unzureichend vermittelt. Denkförderung muß sich daher auch auf solche Prozesse beziehen und sollte in den regulären Unterricht integriert werden.

b) Bereichsorientierung

Denken wurde bei zunehmend komplexen Aufgaben aus semantisch reichen Gebieten untersucht. So bei Thermodynamik-Aufgaben in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen (*Bhaskar & Simon* 1977) oder bei der Steuerung komplexer Systeme, die aus einem Netz interagierender Variablen bestehen (*Dörner* 1983). Es zeigte sich, daß Leistungen bei solchen Aufgaben, die einen realistischen Komplexitätsgrad aufweisen, nicht nur von der Verfügbarkeit über allgemeine Denkstrategien abhängen, sondern vor allem vom bereichsspezifischen Wissen einer Person.
Dies wurde auf verschiedenen Gebieten nachgewiesen. So untersuchten *McKeithen u.a.* (1981) die Frage, ob sich das Programmierwissen von Computerexperten und -anfängern unterscheidet. Ergebnis war, daß das Wissen dieser beiden Gruppen inhaltlich jeweils anders organisiert ist, und es ist anzunehmen, daß diese Inhalte die Lösungseffizienz bei Programmierproblemen determinieren. Für solche Zusammenhänge sprechen auch Ergebnisse einer eigenen Studie (*Neber* 1983b). Anfänger und Fortgeschrittene mit höheren Leistungen auf dem Gebiet der Kraftfahrzeugmechanik lernten und reproduzierten 20 technische Wörter in mehreren Wiederholungen. Die beiden Gruppen faßten jeweils andere Wörter zusammen. Auch dies spricht dafür, daß sich Expertenwissen durch inhaltliche Charakteristika auszeichnet, die für Denkleistungen auf dem jeweiligen Gebiet entscheidend sind.
Denkvoraussetzungen müssen daher als inhaltliches Wissen auf spezifischen Gebieten definiert werden. Denken läßt sich deshalb durch die Vermittlung solchen Wissens fördern.

c) Kompetenzorientierung

Ein grundlegendes Problem ist, solche Denkprozesse und Wissensinhalte zu bestimmen, die zu Leistungssteigerungen auch außerhalb eines Förderprogramms

führen. Damit wird das Problem des Verhältnisses von Kompetenz und Performanz berührt, das in der Vergangenheit nur unbefriedigend gelöst worden ist. So wurden Denkfähigkeiten in Intelligenzforschungen als Kompetenzen aufgefaßt, doch blieb deren performanzerzeugende Funktion weitgehend unklar. In experimentellen Forschungen wurde Denken dagegen als Performanz konzipiert und das Problem der Performanzsteuerung oder Kompetenz blieb im Hintergrund.
Neuere Konzeptionen versuchen diese isolierte Behandlung von Denken als Kompetenz oder als Performanz zu überwinden und es als Kompetenz mit nachweisbar handlungssteuernder Funktion zu definieren (*Aebli* 1980).
Instruktionspsychologie wird neuerdings als kognitive Wissenschaft betrachtet (*Resnick* 1981a). Sie hat daher die Aufgabe, Denken unter instruktionaler Perspektive, den dargestellten neueren Orientierungen entsprechend als prozessual und bereichsspezifisch bestimmte Kompetenz zu erforschen. *Glaser* (1981) entwarf für die so orientierte Instruktionspsychologie ein Programm in Form von 4 Forschungsaufgaben:

1. Beschreibung der Strukturen und Prozesse, die kompetenten Leistungen zugrunde liegen;
2. Entwicklung von Verfahren zur Erfassung der Eingangskompetenzen von Lernenden;
3. Bedingungen und Prozesse des Lernens und der Entwicklungen höherer Kompetenzgrade und
4. Erarbeitung von Methoden zur Messung der durch Instruktion erreichten Kompetenzen.

Um schulisch relevante Leistungskompetenzen prozessual und inhaltlich zu bestimmen, ist vor allem die erste und die dritte Forschungsfrage zu bearbeiten.

Bisherige Untersuchungen konzentrierten sich vorwiegend auf die erste Frage. So befaßt sich ein eigenes Forschungsprogramm (*Neber* 1982a) mit der Beschreibung kognitiver Kompetenzen für das Lernen technischer Sachverhalte und das Lösen realer technischer Probleme, etwa der Fehlerdiagnose und -behebung in technischen Anordnungen. Mittels solcher Untersuchungen ist es inzwischen gelungen, Kompetenzen für Leistungen auf verschiedenen Gebieten zu ermitteln und dadurch eine gesichertere Basis für eine kompetenzorientierte Instruktion und eine fachspezifische Förderung des Denkens zu erarbeiten.
Die dritte Aufgabe soll die Frage nach dem Lernen und Lehren von Kompetenzen klären und ist damit nach *Resnick* (1981a) die Hauptaufgabe der kognitiven Instruktionspsychologie; doch ist gerade sie wohl am unzureichendsten gelöst. Dies gilt sowohl für den Lernprozeß als auch für die Lehrmethoden zur Vermittlung von Kompetenzen. Bisherige Untersuchungen zum Lernprozeß akzentuierten die aktive Rolle des Lernenden. Kompetenzen werden danach aus schon vorhandenen entwickelt, ein Vorgang, der als Selbstorganisationsprozeß abläuft. So zeigten *Kuhn & Phelps* (1982), daß sich Problemlösestrategien weiterentwickeln, indem sie fortlaufend bei neuen Aufgaben eingesetzt werden. Kompetenzen modifizieren sich demnach durch ihren Gebrauch. *Resnick* (1981b) beschreibt diese Art des Lernens als Erfinden und *Anzai & Simon* (1979) als Lernen durch Tun.
Methoden zur Vermittlung von Kompetenzen orientierten sich an solchen Konzeptionen selbstgesteuerten Lernens und hatten zum Ziel, daß Lernende ihre bisherigen Kompetenzen in neuen Situationen verwenden und reflektieren. Die im einzelnen dazu untersuchten Verfahren variierten jedoch beträchtlich und es ist keineswegs geklärt, ob sich Kompetenzen eher durch direkt lenkende oder durch indirekte Verfahren vermitteln lassen (*Snow & Yallow* 1982).

Trotz dieser für eine förderungsorientierte Technologie unzureichenden Forschungslage finden sich zahlreiche Ansätze und Verfahren zum Lehren des Den-

kens. Im folgenden kommen einige zur Sprache, wobei sich die Darstellung auf Makroansätze beschränkt.

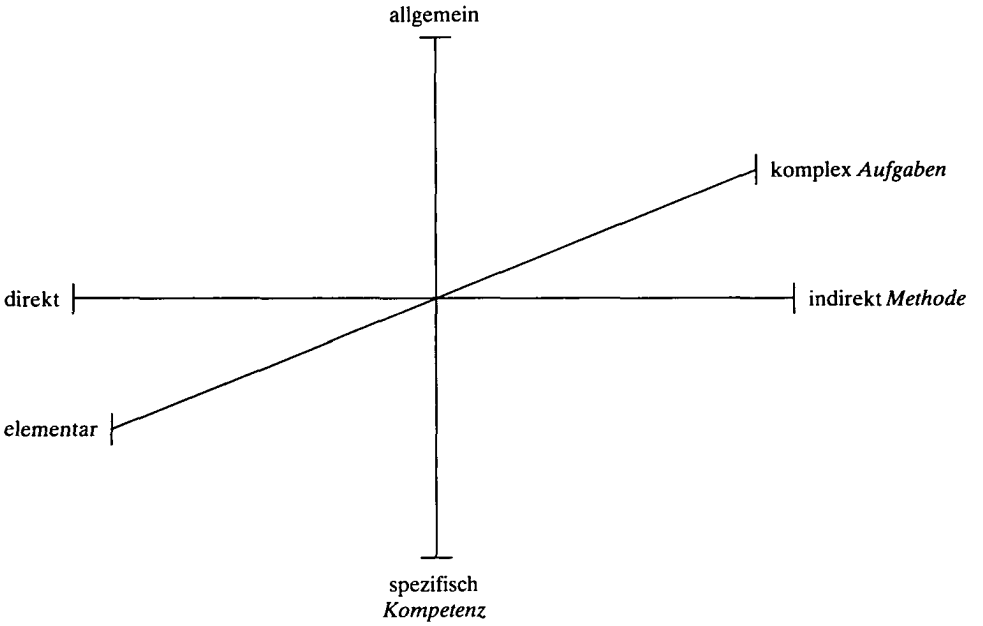

Abbildung 1: Entscheidungsdimensionen zur instruktionalen Förderung des Denkens

2. Denkförderung

Denkförderung läßt sich als Vermittlung genereller Kompetenzen oder fachspezifischen Expertentums auffassen. Aus heterogenen Richtungen der denkpsychologischen Forschung wurde eine Reihe von Makroansätzen abgeleitet, die sich dadurch auszeichnen, daß explizit oder implizit generelle, bereichsunabhängige Kompetenzen angestrebt werden.

So führten Ergebnisse der experimentellen Denkforschung zur Konzeption von Instruktion als entdeckendem Lernen (*Neber* 1981a). Piaget-Studien zur kognitiven Entwicklung trugen zur Entstehung einer denkförderlichen Instruktionstechnologie bei (*Case* 1978). Intelligenzforschungen bildeten eine Grundlage für adaptiven Unterricht (*Glaser* 1977), bei dem Instruktion nicht nur an kognitiven Kompetenzen des Lernenden angepaßt wird, sondern Fähigkeiten durch instruktionale Bedingungen auch gefördert werden sollen.

Um dies zu erreichen sind Entscheidungen auf mehreren Dimensionen zu treffen: Die angestrebten Kompetenzen müssen definiert, geeignete Aufgaben zu ihrer Förderung bestimmt und Instruktionsmethoden festgelegt werden (Abbildung 1). Auf diesen Dimensionen wurden unterschiedliche Entscheidungen getroffen, die sich in den letzten Jahren wandelten.

– Kompetenzen: Die erwähnten Makroansätze streben in erster Linie allgemeine Kompetenzen an. So soll entdeckendes Lernen Begriffsbildungsfähigkeiten fördern, (Neo-)Piagetsche Instruktionstechnologien den Aufbau von Schemata operatorischen Denkens und adaptiver Unterricht den Erwerb prozessual bestimmter intellektueller Fähigkeiten, etwa des induktiven Schließens begünstigen. Die inzwischen erarbeiteten bereichsspezifischen Konzeptionen von Kompetenz führten darüber hinaus zu Programmen, in denen neben allgemeinen auch spezifische Kompetenzen gefördert werden (*Larkin u.a.* 1981b).
– Aufgaben: Zunächst wurden vor allem elementare, labornahe Aufgaben etwa des Begriffsbildens, des operatorischen Denkens oder aus Intelligenztests verwendet. Doch finden sich zunehmend komplexere und schulisch relevante Aufgaben.

Diese Tendenz ist beim entdeckenden Lernen besonders deutlich. So verwendete schon Suchman Physikaufgaben, Joyce und Weil historische Probleme und Collins Geographieaufgaben, um prozessual aufgefaßte Kompetenzen zu vermitteln (*Neber* 1981a). Auch Ansätze, die sich aus Forschungen zur kognitiven Entwicklung herleiten, steigerten die ursprünglich geringe Komplexität der verwendeten Aufgaben. Ein Beispiel ist *Smocks* (1981) Programm zur Förderung mathemagener Aktivitäten. Dabei werden Lehrer über Piagetsche Konzepte instruiert, etwa über die Bedeutung kognitiver Konflikte zur Auflösung selbstgesteuerter Lernaktivitäten. Solche Prinzipien werden dann anhand verschiedener Lerninhalte (z.B. mathematische Probleme) im regulären Unterricht realisiert.
Auch bei Formen des adaptiven Unterrichts finden sich vermehrt komplexe Aufgaben. So entwickelte *Wang* (1981) ein systematisches Programm zum Aufbau von Planungskompetenzen, das aus einer Reihe von Aufgaben mit zunehmendem Komplexitätsgrad besteht.
Durch diese Tendenz, zunehmend komplexere Aufgaben zur Denkförderung zu verwenden, wird die ökologische Validität solcher Maßnahmen gesteigert und es ist eher gewährleistet, daß Kompetenzen vermittelt werden, die eine tatsächliche performanzsteuernde Funktion in Realsituationen besitzen.

– Methoden: Der ursprüngliche Methodenmonismus beim Fördern des Denkens, wonach entdeckend- und Piaget-orientierte Instruktionskonzepte indirekte Methoden bevorzugten (*Sigel* 1979), solche des adaptiven Unterrichts dagegen direkte, aus behavioristischen Lerntheorien abgeleitete Trainingstechniken (*Glaser* 1969), wurde in neueren Ansätzen überwunden (*Weinert* 1978). Ein Beispiel liefert *Case* (1978), der Denken mit Hilfe eines breiten Spektrums an Methoden fördert: Erzeugung kognitiver Konflikte durch Darbietung schwieriger Aufgaben, die mit Hilfe der spontan verwendeten Strategien nicht lösbar sind; gelenktes Entdekken in Form eines sokratischen Dialogs; direktes Instruieren durch Anweisung; Modellernen und wiederholtes Üben. Durch eine Kombination solcher Methoden erreichten 80% der geförderten Schüler im mittleren Kindesalter die nach Piaget höchste Stufe der Entwicklung des Denkens.
Diese Wandlungen steigerten zweifellos die Praxistauglichkeit der Denkpsychologie und führten zu einer Technologie der Denkförderung, mit der sich auch komplexe kognitive Ziele im Unterricht erreichen lassen. Doch trotz dieser Fortschritte ist der Forschungsstand zur Frage der Kompetenzen und der zu ihrer Förderung günstigen Aufgaben und Methoden noch unbefriedigend. So ist einerseits umstritten, ob die angestrebten allgemeinen Kompetenzen überhaupt als solche aufzufassen sind und eine performanzsteuernde Funktion besitzen (*Snow & Yallow* 1982), so daß sie Denkprozesse auch außerhalb des Förderprogramms steuern. Wegen

zahlreicher negativer Ergebnisse zu dieser Frage schlugen *Brown & Campione* (1978) vor, den Transfer allgemeiner Fertigkeiten selbst zu üben.
Ein weiterer kritischer Punkt ist die Verwendung komplexerer Aufgaben in Förderprogrammen. Zwar trugen sie zu einer höheren ökologischen Validität der Maßnahmen bei, doch beruht dies nur selten auf einer kognitiven Prozeßanalyse der Aufgaben.
Diese Begrenzungen führten zu Weiterentwicklungen, die sich besonders beim Erforschen und Fördern des Problemlösens abzeichnen.

3. Problemlösen und dessen Förderung

Problemlösen ist ein Gegenstand der Denkpsychologie, der neuerdings ebenfalls prozeß-, bereichs- und kompetenzorientiert erforscht wird. Die unter diesen Orientierungen gewonnenen Ergebnisse lassen sich für eine gezielte Förderung von Problemlösekompetenzen nutzen (*Neber* 1983c), aber auch für die reguläre Unterrichtspraxis verwenden (*Tuma & Reif* 1980).

a) Prozeßorientierung

Forschungen zeigten, daß auch Problemlösen von elementaren kognitiven Prozessen abhängt. So ist für die Leistungen entscheidend, wie Probleme wahrgenommen und verstanden werden, wobei der Verstehensprozeß als Aufbau einer internen Repräsentation im Gedächtnis (Problemraum) aufgefaßt wird (*Greeno* 1981).
Instruktional orientierte Studien, in denen Schüler mathematische und technische Aufgaben lösten, wiesen gerade bei solchen Prozessen große Defizite nach. Dies zeigte sich auch in eigenen Untersuchungen (*Neber* 1982c), in denen Berufsschülern eine Reihe von Zahlenangaben dargeboten wurden, die Größen in Zahntrieben bezeichneten. Die Zahlen konnten einzelnen Zahntrieben zugeordnet, d.h. nach qualitativen Gesichtspunkten repräsentiert bzw. verstanden werden. Obwohl alle ein vergleichbares technisches Wissen über Zahntriebe besaßen, baute lediglich ein Drittel der Berufsschüler qualitative Repräsentationen auf, in denen die Zahlen nach Zahntrieben geordnet waren. Alle anderen setzten ihr technisches Wissen nicht zur Organisation der quantitativen Angaben ein, und ihre anschließenden Problemlöseleistungen, bei denen die Angaben transformiert werden mußten, waren relativ gering.
Qualitatives Verstehen ist offenbar für Experten charakteristisch. Dies entnahmen *Larkin u.a.* (1980a) aus Analysen von Protokollen des lauten Denkens und aus externen Gedächtnishilfen (z.B. Skizzen) beim Lösen von Mechanikproblemen. Experten versuchen die Aufgaben zunächst als bildhafte Vorstellung oder in graphischer Form zu verstehen. Mit Hilfe solch wenig detaillierter Repräsentationen lassen sich dann erfolgversprechende Methoden leichter selegieren, die ihrerseits Gleichungen zur quantitativen Lösung des Problems enthalten. Verstehenspro-

zesse erfüllen also eine Planungsfunktion und sie sind eine Voraussetzung, lösungsstrategisches Wissen adäquat einzusetzen.

Larkin u. a. (1980b) aber auch *Greenfield* (1979) stellten zudem fest, daß Lehrbücher und Unterrichtspraxis qualitatives Verstehen nur ungenügend fördern und ein eher formelfixiertes Vorgehen bewirken, das zu ineffizientem Problemlösen führt. Neben der erwähnten eigenen Studie spricht auch eine weitere, noch nicht abgeschlossene Untersuchung für ein solches Defizit. Dabei wird erkundet, wie auszubildende Mechaniker Störungen bei einem Motor beheben. Dieser Vorgang läßt sich vereinfacht in 2 Phasen teilen: Die Diagnosephase, die zu einem internen Modell des Motors führt (Verstehen) und eine Manipulationsphase, in der die Störung beseitigt werden soll. Die bisherigen Ergebnisse lassen nur kurze Diagnosephasen erkennen. Zudem wird die im weiteren Lösungsverlauf generierte diagnostische Information nur unzureichend für Reparaturentscheidungen ausgewertet. Manipulationen erfolgen also ohne aureichende Verstehensbasis und führen zu inadäquaten Reparaturoperationen und -strategien.

b) Bereichsorientierung

Denkleistungen auf semantisch reichen Gebieten setzen spezifisches inhaltliches Wissen voraus und lassen sich nicht nur durch allgemeine Kompetenzen erklären. Dies gilt auch für das Problemlösen. Die damit verbundene Spezifität von Problemlösekompetenzen hat zwei Aspekte:

- Zum einen sind solche Kompetenzen fachspezifisch. Dies wurde für mathematisches, naturwissenschaftliches und technisches, aber auch soziales Problemlösen nachgewiesen und in zahlreichen empirischen Untersuchungen und Simulationsstudien bestätigt.
- Zum anderen sind sie aufgabenspezifisch, wobei der Struktur der Aufgabe entsprechend unterschiedliche Kompetenzen notwendig sind. Dies zeigten Prozeßanalysen von Aufgaben, die zu Klassifikationssystemen mit strukturspezifisch geordneten Denkaufgaben und zugeordneten Kompetenzen führten (*Greeno* 1980a). Eine wesentliche Unterscheidung ist die zwischen gut und schlecht definierten Problemen. Letztere, etwa das Entwerfen eines Bauplans, setzen Kompetenzen zur selbständigen Definition der Aufgabe voraus, die in bisherigen Forschung unzureichend analysiert wurden (*Neber* 1981b).

Viele im Unterricht zu lösende Probleme sind schlecht definiert. Dies gilt nicht nur für Aufgaben wie sie beim Lernen unter Selbststeuerungsbedingungen etwa in Form des Projektunterrichts zu bewältigen sind, sondern wie *Greeno* (1976) zeigte, werden entsprechende Kompetenzen auch für das Lösen relativ gut definierter geometrischer Fragestellungen benötigt. Auch dabei müssen zunächst unscharfe Ziele immer weiter eingegrenzt werden. Dies erfordert Kompetenzen des Planens und Definierens der Aufgabe. Greeno's Untersuchungen sprechen dafür, daß auch sie im Unterricht nur unzureichend gefördert werden. Deshalb schlagen *Klein & Weitzenfeld* (1978) vor, das Erkennen und Definieren von Problemen im Unterricht gezielt zu trainieren, etwa indem analoge Denkprozesse angeregt werden.

c) Kompetenzorientierung

In neueren Forschungen zum Problemlösen ist die Frage nach Kompetenzen zur Steuerung des Vorgangs primär und die nach Verlaufsqualitäten in Form von Stra-

tegien, Taktiken und Operationen sekundär; letztere werden als kompetenzerzeugt betrachtet. Solche Kompetenzen werden als Kontrollstrukturen aufgefaßt und als Problemlöse- oder Kontrollwissen konzipiert. Zwei Ansätze lassen sich unterscheiden:

- Zum einen werden Ebenen des Wissens angenommen, wobei Kontrollstrukturen als Wissen über das Wissen oder Metawissen aufgefaßt werden. So geht *Wilensky* (1981) davon aus, daß die Steuerung des Problemlösens in Form eines Planungsprozesses erfolgt. Planungswissen, das aus einzelnen Elementen besteht (z.B. jemanden fragen ist eine Methode, Informationen zu erhalten), wird mit Hilfe von Metawissen abgerufen und verwendet. Dieses besteht aus höheren Zielen und Themen (z.B. Verschwende keine Energie!), die sich als Kriterien verwenden lassen, um den Einsatz von Elementen des Planungswissens zielgesteuert zu regulieren. In einer eigenen Untersuchung (*Neber* 1982d) ließ sich nachweisen, daß Experten auf dem Gebiet der Kraftfahrzeugmechanik über Metawissen zur Steuerung des Verstehens technischer Texte verfügen und nach dem Lesen der Texte häufiger als Anfänger überprüfen, wie gut sie den Text verstanden haben. Ein Kompetenztraining kann daher auch den Aufbau von Metawissen anstreben (*Körkel* 1984). Dies erfolgt häufig in Form einer Selbstbefragungssequenz, die direkt vermittelt wird (*Kluwe* 1982). Im Unterricht lassen sich solche Metakognitionen aber auch dadurch fördern, daß Lehrer die Reflektionstätigkeit von Schülern verstärken (*Jüngst* 1977).
- Der zweite Ansatz knüpft an Forschungen zur künstlichen Intelligenz an und geht von einer prozeduralen Organisation von Kontrollwissen aus. Danach sind Lösungsregeln bzw. -strategien zusammen mit ihren Anwendungsbedingungen in Form von Produktionen gemeinsam gespeichert. Dadurch können Strategien, Operationen und Begriffe der jeweiligen Problemstellung entsprechend aus dem Gedächtnis abgerufen und dann angewendet werden. Für eine solche Annahme sprechen auch Ergebnisse einer eigenen Untersuchung (*Neber* 1983b). Berufsschüler ordneten 24 technische Probleme nach ihrer subjektiv definierten Zusammengehörigkeit. Alle kannten die Lösungsprinzipien. Doch organisierten nur Personen höheren Expertengrades die Probleme nach anwendungsrelevanten Merkmalen. Dies spricht für eine prozedurale Organisation des Expertenwissens, in der Anwendungsbedingungen und Denkoperationen integriert sind. *Larkin*s (1980) Untersuchungsergebnisse zum Lösen von Textaufgaben in Physik sprechen dafür, daß Experten dadurch in der Lage sind, einerseits physikalische Gesetze situationsadäquat aus dem Gedächtnis abzurufen und sie andererseits auch tatsächlich zu verwenden. Verglichen mit Anfängern brauchten Experten daher nur 1/4 der Zeit, um physikalische Gesetze zur Lösung der Textaufgaben zu selegieren und sie setzten einmal gewählte Gesetze häufiger in tatsächliche Rechenoperationen um.

Beide Konzeptionen von Kontrollwissen führten zu umfangreichen Forschungen und Trainingsprogrammen. Besonders im Rahmen des zweiten Ansatzes wurden Kompetenzen bereichsorientiert herausgearbeitet; so für das Fach Physik (*Larkin u.a.* 1980a; *Chi u.a.* 1980) und für Geometrie (*Greeno* 1980a). Beide Konzeptio-

nen eigneten sich als Grundlage zur Entwicklung von Verfahren zum Training von Problemlösekompetenzen.

d) Problemlösen und Instruktion

Die bisherigen Forschungen waren vorwiegend deskriptiv ausgerichtet. Daneben wurden aber auch Technologien zur Denk- und Problemlöseförderung entwickelt. Erstens finden sich Arbeiten zu allgemeinen Aspekten der Problemlöseförderung. Sie führten zu dem Ergebnis, daß sich Kompetenzen mit Hilfe eines Lernens durch Verstehen entwickeln lassen, das sich dadurch auszeichnet, daß vorhandenes Wissen in neuen Situationen aktiviert und eingesetzt wird (*Anderson u.a.* 1981). Direkte und indirekte Methoden lassen sich dazu verwenden. So trainierten *Schoenfeld & Herrmann* (1982) explizit definierte prozedurale Komponenten mathematischen Wissens mit Hilfe direkter Methoden. Dagegen nehmen *Anderson u.a.* (1981) an, daß Schüler durch das Bearbeiten von Problemen und Lösungsbeispielen in Lehrbüchern prozedurales Wissen selbst entdecken. Insgesamt sprechen die Ergebnisse eher für indirekte Methoden (*Neber* 1982b).
Zweitens wurden inzwischen eine Reihe einzelner, bereits erwähnter Programme und Verfahren zur Förderung des Problemlösens erprobt, die kognitive Aktivitäten wie das Wahrnehmen und selbständige Definieren von Aufgaben, qualitatives Verstehen und das Anwenden von Wissen einschlossen. Dazu wurden sehr unterschiedliche Methoden verwendet. Dies entspricht dem noch unzureichenden Forschungsstand zum Lehren und Lernen von Kompetenzen.
Trotzdem zeichnen sich Fortschritte bei der Integration von Denkforschung und Unterricht ab, die sich auf die gewandelten Forschungsorientierungen zurückführen lassen. Frühere Konzeptionen des Problemlösens bezogen sich auf elementare Leistungen, sowie allgemeine Komponenten und lieferten nur einen begrenzten Beitrag zur Formulierung und Realisierung fachspezifischer Lernziele. Daraus abgeleitete Förderungsprogramme wurden als zusätzliche, außerhalb des regulären Unterrichts einzusetzende Maßnahmen konzipiert (*Lüer* 1973). Die neueren Auffassungen von Problemlösen sind komplexer, fachspezifischer und anwendungsbezogener und die gewonnenen Ergebnisse lassen sich daher stärker als bisher zur Verbesserung der regulären Unterrichtspraxis nutzen. Um kognitive Ziele in Form fachspezifischer Kompetenzen zu erreichen, sollte deshalb auch schulisches Lehren und Lernen prozeß-, bereichs- und kompetenzorientiert erfolgen und verwendungsfähiges Wissen durch verstehendes Lernen aufbauen. Problemlöseförderung läßt sich daher als Komponente regulären Unterrichts und Problemlöseforschung als darauf bezogene Lehr-Lern-Forschung auffassen – eine Perspektive, die der notwendigen Integration von Technologie und Theorie dient.

Literatur

Aebli, H.: Denken: Das Ordnen des Tuns, Band I. Klett, Stuttgart 1980.
Anderson, J. R., Greeno, J. G., Kline, P. J., Neves, D. M.: Acquisition of problem-solving skills. In: *Anderson, J. R.* (Ed.): Cognitive skills and their acquisition. Erlbaum, Hillsdale 1981, 191–230.

Anzai, Y., Simon, H. A.: The theory of learning by doing. Psychological Revue, 86 (1979), 124–140.
Bhaskar, R., Simon, H. A.: Problem solving in semantically rich domains: an example from engeneering thermodynamics. Cognitive Science, 1 (1977), 193–215.
Bromage, B. K., Mayer, R. E.: Relationship between what is remembered and creative problem-solving performance in science learning. J. of Educational Psychology, 73 (1981), 451–461.
Brown, A. L., Campione, J. C.: Permissible inference from the outcome of training studies in cognitive development research. Quarterly Newsletter of the Institute for Comparative Human Development, 1 (1978), 46–53.
Case, R.: A developmentally based theory and technology of instructions. Review of Educational Research, 3 (1978), 439–463.
Chi, M., Feltovich, P. J., Glaser, R.: Representation of physics knowledge by experts and novices. Tech. Rep. No. 2, LRDC, University of Pittsburgh, 1980.
Dörner, D.: Denken, Problemlösen und Intelligenz. Unveröffentl. Manuskript, Berlin 1983.
Glaser, R.: Concerning the teaching of thinking. In: *Voss, J. F.* (Ed.): Approaches to thought. Merrill, Columbus 1969, 323–328.
Glaser, R.: Adaptive education: Individual diversity and learning. Holt, Rinehart, Winston, New York 1977.
Glaser, R.: Instructional psychology: Past, present and future. Paedagogische Studien, 58 (1981), 111–122.
Greenfield, L. B.: Engineering student problem solving. In: *Lochhead, J., Clement, J.* (Eds.): Cognitive process instruction. The Franklin University Press, Philadelphia 1979, 229–238.
Greeno, J. G.: Indefinite goals in well-structured problems. Psychological Revue, 83 (1976), 479–491.
Greeno, J. G.: Some examples of cognitive task analysis with instructional implications. In: *Snow, R. E., Federico, P. A., Montague, W. E.* (Eds.): Aptitude, learning and instruction, Vol. 2, Erlbaum, Hillsdale 1980a, 1–22.
Greeno, J. G.: Zur Analyse des Verstehens in Problemlöseprozessen. In: *Kluwe, R. H., Spada, H.* (Hrsg.): Studien zur Denkentwicklung, Huber, Bern 1981, 339–360.
Jüngst, K. L.: Entwicklung eines Curriculums zur Förderung des Problemlösens. Jahrbuch für Empirische Erziehungswissenschaft, 1977, 101–135.
Klein, G. A., Weitzenfeld, J.: Improvement of skills for solving ill-defined problems. Educational Psychologist, 13 (1978), 31–41.
Kluwe, H.: Kontrolle eigenen Denkens und Unterricht. In: *Treiber, B., Weinert, F. E.* (Hrsg.): Lehr-Lern-Forschung, Urban & Schwarzenberg, München 1982, 113–133.
Körkel, J.: Textverstehen als Problemlösen. In: *Neber, H.* (Hrsg.): Angewandte Problemlösepsychologie. In Vorbereitung, 1984.
Kuhn, D., Phelps, E.: The development of problem-solving strategies. Advances in Child Development and Behavior, 17 (1982), 1–44.
Larkin, J., McDermott, H. J., Simon, D. P., Simon, H. A.: Modells of competence in solving physics problems. Cognitive Science, 4 (1980a), 317–345.
Larkin, J. H., Heller, J. H., Greeno, J. G.: Instructional implications of research on problem solving. New Directions for Teaching and Learning, 2 (1980b), 51–65.
Lüer, G.: Anwendung von Problemlösungsstrategien im Schulunterricht. In: *Frey, K., Lang, M.* (Hrsg.): Kognitionspsychologie und naturwissenschaftlicher Unterricht. Huber, Bern 1973.
McKeithen, K. B., Reitman, J. S., Rueter, H. H., Hirtle, S. L.: Knowledge organization and skill differences in computer programmers. Cognitive Psychology, 13 (1981), 307–325.
Neber, H.: Neuere Entwicklungen zum entdeckenden Lernen. In: *Neber, H.* (Hrsg.): Entdeckendes Lernen. Neuausgabe, Beltz, Weinheim 1981a, 45–92.
Neber, H.: Entdecken als Problemlöseprozeß. In: *Neber, H.* (Hrsg.): Entdeckendes Lernen. Neuausgabe, Beltz, Weinheim 1981b, 95–103.
Neber, H.: Untersuchungen zur Struktur, Wirkung und Entstehung technischen Wissens bei Berufsschülern im Fach Kraftfahrzeugmechanik. Universität, Essen, 1982a.
Neber, H. (Hrsg.): Selbstgesteuertes Lernen. In: *Treiber, B., Weinert, F. E.* (Hrsg.): Lehr-Lern-Forschung. Urban & Schwarzenberg, München 1982b, 89–112.
Neber, H.: Distanzeffekte beim Lernen von Größenangaben zu technischen Anordnungen in Abhängigkeit vom Vorwissen. Vortrag zur 24. Tagung experimentell arbeitender Psychologen, Trier, 1982c.
Neber, H.: Technische Texte mit Größenangaben: Kognitive Leistungen von Experten und Anfängern. Universität Essen, 1982d.

Neber, H.: Beschreiben und Verstehen technischer Sachverhalte durch Berufsschüler, Psychologie in Erziehung und Unterricht. Im Druck, 1983a.
Neber, H.: Verarbeitung verbalen Materials aus Bereichen des technischen Problemlösens. Vortrag auf der 25. Tagung experimentell arbeitender Psychologen, Hamburg, 1983b.
Neber, H.: Aktuelle Trends beim Erforschen und Trainieren des Problemlösens. Universität Essen, 1983c.
Resnick, L. B.: Instructional psychology. Annual Review of Psychology, 32 (1981a), 659–704.
Resnick, L. B.: Die Bedeutung von Erfindungen in der Entwicklung mathematischer Kompetenz. In: *Kluwe, R. H., Spada, H.* (Hrsg.): Studien zur Denkentwicklung. Huber, Bern 1981b, 361–412.
Schoenfeld, A. H., Herrmann, D. J.: Problem perception and knowledge structure in expert and novice mathematical problem sovers. J. of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 8 (1982), 484–494.
Sigel, J. E.: On becoming a thinker: a psychoeducational model. Educational Psychologist, 14 (1979), 70–78.
Simon, H. A.: Identifying basic abilities underlying intelligent performance of complex tasks. In: *Resnick, L. B.* (Ed.): The nature of intelligence. Erlbaum, Hillsdale 1976, 65–98.
Simon, H. A.: Cognitive Science: The newest science of the artificial. Cognitive Science, 4 (1980), 33–46.
Smock, C. D.: Constructivism and educational practice. In: *Sigel, I. E.* et al. (Eds.): New directions in Piagetian theory and practice. Erlbaum, Hillsdale 1981, 51–69.
Snow, R. E., Yallow, E.: Education and intelligence. In: *Sternberg, R. J.* (Ed.): Handbook of human intelligence. Cambridge University Press, Cambridge 1982, 493–585.
Tuma, D. T., Reif, F. (Eds.): Problem solving and education. Erlbaum, Hillsdale 1980.
Wang, M. C.: Die Entwicklung von Fertigkeiten des Selbst-Managements von Schülern. In: *Neber, H.* (Hrsg.): Entdeckendes Lernen. Neuausgabe, Beltz, Weinheim 1981, 274–284.
Weinert, F. E.: Ist Denken lernbar? DFG-Mitteilungen 3 (1978).
Wilensky, R.: Meta-planning: Representing and using knowledge about planning in problem solving and natural language learning. Cognitive Science, 5 (1981), 197–238.

Verfasser:
PD Dr. Heinz Neber, Psychologisches Institut, Hauptstr. 47–49, 6900 Heidelberg.