

## Grundlagen des erfolgreichen Lerntransfers

*Elsbeth Stern*  
Universität Leipzig, Pädagogische Psychologie

### 1. Fehlender Lerntransfer als Herausforderung für die Pädagogische Psychologie

Die Forschung der vergangenen Jahrzehnte hat gezeigt, daß menschliche Kognition weitaus situations- und anforderungsspezifischer ist, als dies in den klassischen Theorien der Informationsverarbeitung, der kognitiven Entwicklung und der Fähigkeitsunterschiede angenommen wurde. Aufgaben aus unterschiedlichen Inhaltsgebieten können sich trotz isomorpher Struktur deutlich in ihrer Schwierigkeit unterscheiden, und die beim Lösen bestimmter Aufgaben erworbenen Strategien werden nur selten spontan auf neue Aufgaben ähnlicher oder gleicher Struktur übertragen. Auch zeigt sich, daß Leistungsdifferenzen innerhalb und zwischen Altersstufen besser mit Unterschieden in der Verfügbarkeit von inhaltspezifischem Wissen erklärt werden können als mit Unterschieden in allgemeinen kognitiven Konstrukten, wie z. B. Arbeitsspeicherkapazität oder metakognitiven Kompetenzen. Ein formaler Bildungsanspruch der Schule, wonach der Erwerb inhaltsunabhängiger formaler Kompetenzen das Lernziel ist, wird durch die genannten Ergebnisse in Frage gestellt.

Unter dem Sammelbegriff „situierete Kognition“ setzen sich Vertreter der Kognitionswissenschaft, der Pädagogik und der Pädagogischen Psychologie mit der Frage nach einer adäquaten Modellierung und Förderung des Erwerbes und der Nutzung von Wissen auseinander. Eine extreme Position der situierten Kognition nimmt Lave (1988) in ihren pädagogischen Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen zur Anforderungsspezifität von Wissen ein: Wenn Wissen nur in Situationen angewendet werden kann, in denen es erworben wurde, sollten die in der Schule behandelten Inhalte lebensnah sein, als ganzheitliche Problembereiche behandelt werden und insbesondere über die Kommunikation mit gleichgestellten Partnern erworben werden. In einer kritischen Stellungnahme zu diesem Ansatz zeigen Anderson, Reder und Simon (1996), daß Lave bei der Auswahl von Befunden zum Wissenstransfer sehr selektiv vorging und häufig Befunde in nicht gerechtfertigter Weise übergeneralisierte. Ignoriert wurden z. B. Arbeiten, in denen erfolgreicher Wissenstransfer durch die Vermittlung abstrakter Regeln nachgewiesen wurde.

Auch wenn Implikationen eines extremen Ansatzes der situierten Kognition als überzogen gelten müssen, stellen die Ergebnisse zur Anforderungsspezifität von Wissen eine Herausforderung für die Pädagogik und die Pädagogische Psychologie dar. Der Schule fällt die Aufgabe zu, auf die größtenteils noch unbekanntesten geistigen Anforderungen des späteren Lebens vorzubereiten, und es stellt sich die Frage, mit welcher Art von Wissen dies in optimaler Weise erreicht werden kann. Bis in die achtziger Jahre wurden Hoffnungen in die Vermittlung von inhaltsübergreifenden Lern- und Denkstrategien gesetzt, die Metakognitionsforschung hat jedoch diesen Optimismus gedämpft. Das im folgenden diskutierte kognitive Konstrukt kann zur Vorhersage und Erklärung von Wissenstransfer herangezogen werden und erlaubt damit Aussagen zu Art und Inhalt von sinnvollem schulischen Lernen.

## 2. Mentale Werkzeuge als Grundlage der Kognition

Auf der Grundlage von Gibsons ökologischer Kognitionstheorie haben Greeno, Smith und Moore (1993) einen theoretischen Ansatz entwickelt, der erklären kann, unter welchen Bedingungen es zu erfolgreichem Wissenstransfer kommen kann. In der ökologischen Kognitionstheorie stellt die externe Welt Handlungsangebote (affordances) zur Verfügung. Entwicklungs- und Lernfortschritte bestehen im Erkennen und in der Nutzung dieser Angebote. Beispielsweise bietet ein fester Untergrund Halt bei der Fortbewegung, ein Angebot, das jedoch erst genutzt werden kann, wenn die perceptiven und motorischen Voraussetzungen gegeben sind. Wissen wird in diesem Ansatz nicht als ein mentaler Zustand verstanden, sondern als eine Interaktion zwischen Individuum und Umwelt. Brown und Kane (1988) haben bereits bei sehr jungen Kindern Transfer im Gebrauch konkreter Werkzeuge nachweisen können, wenn diese sich zwar in den Oberflächenmerkmalen unterschieden, in ihrer Funktion jedoch identisch sind. Die funktionale Ähnlichkeit zwischen Elementen der externen Welt hängt von den Anforderungszielen ab: Möchte man sein Haupt vor Sonneneinstrahlung schützen, können Zeitungspapier und Regenschirm ähnliche Funktionen übernehmen; möchte man sich vor Regen schützen, hingegen nicht.

Überträgt man die Annahmen der ökologischen Kognitionstheorie auf die Welt der geistigen Konstrukte, können Kommunikationsmittel, wie die natürliche und die formale Sprache sowie bildlich-graphische Darstellungsformen, als Werkzeuge zur mentalen Modellierung verstanden werden. Mit Hilfe dieser Werkzeuge werden potentielle Ereignisse und Situationen zur Abwägung von Handlungsalternativen simuliert. Die angemessene Nutzung der erwähnten Werkzeuge erfordert die Berücksichtigung von *Prinzipien*, d. h. von *Möglichkeiten* und *Einschränkungen*.

Der Gebrauch der *natürlichen* Sprache unterliegt Einschränkungen, die durch Syntax, Semantik und Pragmatik vorgegeben sind, die Schriftsprache unterliegt zusätzlich den Regeln der Graphemik. Die Syntax bietet gleichzeitig die Möglichkeit der Wortneuschöpfung. Funktionswörter, wie z. B. Präpositionen können zu Bedeutungsträgern werden, z. B. in dem Satz „Das Leben ist ein Auf und Ab“. Die Syntax der Sprache bietet die Möglichkeit, mit Hilfe von Präfixen und Suffixen Inhaltswörter in unterschiedliche Wortformen zu verwandeln, z. B. schön, Schönheit, verschönern. Durch die Vorsilbe „un“ kann jeder Begriff in sein Gegenteil verwandelt werden. Inhaltswörter können durch die Bildung von Metaphern zur Beschreibung nicht direkt wahrnehmbarer (was immer das ist) Ereignisse und Situationen herangezogen werden.

*Formal-mathematische* Sprachen können zur Modellierung von externen Ereignissen, Situationen und Handlungen herangezogen werden. So können natürliche Zahlen zur Bezeichnung diskreter Mengen genutzt werden, weil die Nutzung der Zahlen und die Manipulationsmöglichkeiten an konkreten Objekten gleichen Möglichkeiten und Einschränkungen unterliegen. Für jede quantitative Manipulation an konkreten Mengen, d. h. für jede Vergrößerung und Verkleinerung von Mengen, gibt es eine Entsprechung in der verbalen Handlung, da für jede hergestellte Menge ein Zahlsymbol zur Verfügung steht. Entsprechungen zwischen mathematischen Handlungen und einigen Handlungen in der konkreten Welt bestehen auch bezüglich des Prinzips der Kommutativität. Die Addition zweier Zahlen unterliegt diesem Prinzip ebenso wie die konkrete Handlung der Kombination zweier Mengen, z. B. bei der Herstellung von Milchkaffee.

Neben formalen und natürlichen Sprachen können graphische Darstellungen als mentale Werkzeuge genutzt werden. So können sich Unterschiede in der Mächtigkeit von Mengen in Unterschieden in der Höhe von Säulendiagrammen widerspiegeln. Die Linien und Winkel eines Stadtplans oder einer Landkarte korrespondieren mit Möglichkeiten und Einschränkungen bei der Bewegung im realen Raum. Die Veranschaulichung von Zusammenhängen zwischen Variablen in Vierfeldertafeln

unterliegt ähnlichen Möglichkeiten und Einschränkungen wie die konkrete Zuordnung von Gegenständen nach bestimmten Merkmalen.

Die beschriebenen Parallelen zwischen Handeln und Denken werden in einflußreichen Kognitionstheorien, wie z. B. der Piagets, gerichtet interpretiert. Danach ist Handeln die Grundlage des Denkens und geht diesem voraus. In dem hier dargestellten theoretischen Rahmen wird diese einseitige Beziehung zwischen Handeln und Denken nicht angenommen, vielmehr wird in Übereinstimmung mit neueren Ergebnissen aus der Infancy-Forschung vorausgesetzt, daß angeborenes konzeptuelles Wissen die Wahrnehmung und die Manipulation der externen Welt beeinflußt (Karmiloff-Smith, 1992)

### 3. Bedingungen für Wissenstransfer

Die Bewältigung einer kognitiven Anforderungssituation, also das Lösen eines Problems, erfordert die mentale Modellierung potentieller Handlungsfolgen. Mentale Werkzeuge werden genutzt, um unter Berücksichtigung der für das Handlungsziel relevanten Aspekte der externen Umgebung Situationsmodelle zu konstruieren. *Es kann zum Wissenstransfer zwischen Anforderungssituationen kommen; wenn der Umgang mit mentalen Werkzeugen zur Konstruktion von Situationsmodellen gleichen Möglichkeiten und Einschränkungen unterliegt.* Unterschiede in Details der Anforderungssituationen können Lerntransfer verhindern. So wird z. B. die Beschleunigungsformel aus der Physik selten spontan auf die Zinseszinsrechnung angewendet, weil Geschwindigkeit eine kontinuierliche und Geld eine diskrete Größe ist. Die Nutzung natürlicher Zahlen zur Abbildung diskreter Mengen impliziert eher eine Vorstellung von Multiplikation als wiederholter Addition und kann damit andere Lösungsstrategien aktivieren als Aufgaben mit kontinuierlichen Größen. Die häufig nachgewiesenen Schwierigkeiten der Kinder mit dem Verstehen des quantitativen Vergleichs lassen sich damit erklären, daß zur Modellierung dieser Situationen die Nutzung mathematischer Symbole anderen Prinzipien unterliegt als zur Modellierung dynamischer Austausch- und Kombinationshandlungen (Stern, 1993, Stern & Lehrndorfer, 1992). So verstehen z. B. viele Grundschul Kinder noch nicht, daß man aus den Sätzen „Hans hat 3 Murmeln mehr als Peter“ und „Susanne hat 6 Murmeln weniger als Monika“ keine Information über die Differenz zwischen Peters und Susannes Murmeln ableiten kann. Stern (1994) zeigte, daß ein Training im flexiblen Umgang mit Zahlen und mathematischen Operationen sich positiv auf das Lösen von Textaufgaben auswirkte. Durch das Training wurden neue Prinzipien im Umgang mit mathematischen Symbolen vermittelt, die bei der Situationsmodellierung genutzt werden können.

Mit der Theorie der mentalen Werkzeuge läßt sich auch das häufig replizierte Ergebnis erklären, wonach die in einen inhaltlichen Kontext eingebetteten deduktiven Schlußfolgerungen auf anderen Strategien beruhen können als Schlußfolgerungen, die auf der Basis formaler Symbole erfolgen (Johnson-Laird, 1983). Aus der Aussage „Wenn A gegeben ist, muß B folgen“ wird mit größerer Wahrscheinlichkeit eine falsche Schlußfolgerung abgeleitet als aus der Aussage „Wenn man in der Öffentlichkeit Bier trinkt, muß man mindestens 16 Jahre alt sein.“ Während durch den inhaltlichen Kontext Einschränkungen, z. B. beim Vertauschen von Begriffen, zu beachten sind – die Aussage „Wenn man mindestens 16 Jahre alt ist, muß man in der Öffentlichkeit Bier trinken“ ist wenig sinnvoll – unterliegt der Gebrauch von Symbolen keinen prinzipiellen Einschränkungen, und deshalb ist die Aussage „Wenn B gegeben ist, dann muß A folgen“ ebenfalls sinnvoll. Die Möglichkeit des flexibleren Gebrauchs von Symbolen kann jedoch zu Verwechslungen bei der Konstruktion mentaler Modelle und damit zu falschen Schlußfolgerungen führen.

### **Mentale Werkzeuge als Grundlage abstrakter Konzepte.**

Eine theoretische Fortführung von Greenos Ansatz stellt die Integration der u. a. auf Vygotsky zurückgehenden Idee dar, wonach Symbole nicht nur die externe Welt abbilden, sondern selbst zu Objekten der Repräsentation und damit der geistigen Reflexion werden können. *Der Umgang mit Objekten der konkreten Welt unterliegt teilweise anderen Einschränkungen als der Umgang mit mentalen Werkzeugen. Abstrakte Konzepte können gebildet werden, indem Möglichkeiten genutzt werden, die mentale Werkzeuge, nicht aber Objekte der konkreten Welt, bieten.* So sind wir aus dem Umgang mit der konkreten Welt mit der Endlichkeit der Ressourcen vertraut. Zahlen hingegen können beliebig vermehrt werden, ohne daß Ressourcen verbraucht werden. Damit können Zahlen die Grundlage für die Bildung des Konzeptes der Unendlichkeit bilden. Graphisch-visuelle Repräsentationen ermöglichen die Darstellung von Regelmäßigkeiten, wie sie in der Natur nicht vorkommen. Physikalische Konzepte, wie z. B. Schall und Licht, basieren auf mentalen Modellen, die Sinuswellen beinhalten. Die Anwendung des Wellenmodells auf die externe Welt erlaubt die Erklärung beobachtbarer Phänomene in der Welt.

Abstrakte Konzepte, wie sie z. B. in der Physik gebildet werden, können auf der Möglichkeit basieren, Subjekte und Prädikate losgelöst von anderen Bedeutungskontexten zu kombinieren. Im Alltagskontext wird die Umwandlung von fossilen Brennstoffen durch die Kombination des Substantivs „Energie“ mit dem Prädikat „verbrauchen“ beschrieben. Aus der Sicht der Physik ist dies ein Fehler, Energie wird umgewandelt, aber nicht verbraucht. In der Physik wird „Energie“ mit „fließen“ kombiniert, um z. B. Elektronenbewegungen zu beschreiben, obwohl dieses Prädikat seine ursprüngliche Bedeutung aus der Beschreibung flüssiger Materie erhielt.

#### **4. Mentale Werkzeuge als Instrumente der Analyse von Lehr-Lern-Settings**

Mentale Werkzeuge können als Instrumente der Aufgabenanalyse dienen, da mit ihrer Hilfe kognitive Anforderungen bestimmt werden können, die an die Bewältigung von Problemsituationen gestellt werden. Auch können mentale Werkzeuge zur Erklärung von Kommunikationsbarrieren zwischen Lehrenden und Lernenden herangezogen werden. Treten diese auf, muß herausgefunden werden, über welche Möglichkeiten in der Nutzung mentaler Werkzeuge die Lehrenden, nicht aber die Lernenden, verfügen. Ob Beispiele und Analogien zur Verdeutlichung inhaltlicher Zusammenhänge beitragen, oder ob diese zu neuen Mißverständnissen führen, kann mit der Nutzung mentaler Werkzeuge erklärt werden. Müssen bei der Repräsentation der Beispiele andere Prinzipien beachtet werden als dies zur Repräsentation der Zielinhalte erforderlich ist, können die Beispiele kontraproduktiv sein.

Mit dem mentalen Werkzeugkonstrukt wird es möglich, vage Begriffe wie „Inhaltsdomäne“ und „domänenspezifisch“ zu spezifizieren: Ein Maximum an gleichen Möglichkeiten und Einschränkungen in der Nutzung mentaler Werkzeuge kann eine Inhaltsdomäne charakterisieren. Mathematik und Physik lassen sich auf diese Weise abgrenzen: Sätze der Physik können in der mathematischen Sprache abgebildet werden, sind jedoch nicht auf diese reduzierbar, da auch kausale Beziehungen zwischen den Variablen beachtet werden müssen, die sich mit sprachlichen oder graphischen mentalen Werkzeugen abbilden lassen. Obwohl die in der Mathematikdidaktik vorgenommene Unterscheidung zwischen Arithmetik und Algebra aus einer formal-mathematischen Sicht nicht gerechtfertigt ist, wird sie zur Abgrenzung der Grundschulmathematik von höherer Mathematik vorgenommen. Wie weiter vorn diskutiert, kann diese Unterscheidung gerechtfertigt werden durch Unterschiede im

Gebrauch von mathematischen Symbolen als mentale Werkzeuge. Geographisches und biologisches Wissen wird vor allem über bildlich-graphische Werkzeuge erstellt.

Setzt man voraus, daß mentale Werkzeuge die Grundlagen des Wissenstransfers bilden, ergeben sich Konsequenzen für das schulische Lernen, die zwischen den Forderungen eines formalen Bildungsansatzes und eines extremen Ansatzes der situierten Kognition anzusiedeln sind. Die zentrale Aussage dieses Positionsreferates ist, daß mit der Vermittlung von Kompetenzen in der Nutzung mentaler Werkzeuge Lernende auf noch unbekannte geistige Anforderungen des späteren Lebens vorbereitet werden können. Zu Recht wird man fragen, was an dieser Forderung neu ist. Die Vermittlung von Kulturtechniken war schon immer das zentrale Anliegen der Schule, und Kulturtechniken können als mentale Werkzeuge verstanden werden. Die kühne Behauptung dieses Positionsreferates ist jedoch, daß die Schule ihr zentrales Anliegen nicht immer mit der nötigen Konsequenz verfolgt hat. So wird Mathematik von den Schülern weitgehend als Selbstzweck erlebt. Von der Möglichkeit, mathematische Symbole in flexibler Weise zur Modellierung von Situationen zu nutzen, wird in allen Klassenstufen nur selten Gebrauch gemacht. Welche Prinzipien bei der Neukombination von sprachlichen Elementen zu beachten sind, wird nur selten im Deutschunterricht thematisiert. Der Umgang mit graphischen Darstellungsformen wird in der Schule so gut wie nie geübt.

Während Vertreter eines formalen Bildungsansatzes davon ausgehen, daß die Beschäftigung mit „abstrakten“ Inhaltsbereichen, wie z. B. Mathematik oder Latein, inhaltsunabhängige Kompetenzen fördert, fordern Vertreter der situierten Kognition einen an Inhalten ausgerichteten Schulunterricht. Legt man, wie in diesem Positionsreferat geschehen, allen kognitiven Aktivitäten mentale Werkzeuge zugrunde, wird die Trennung von Inhalten und formalen Strukturen aufgegeben, da Inhalte nur über Werkzeuge aufgenommen, gespeichert und genutzt werden können. Deshalb stellt sich nicht die Frage, ob Inhalte oder formale Strukturen Gegenstand schulischen Unterrichtes sein sollten, sondern es stellt sich die Frage, in welchen Anforderungssituationen die Nutzung mentaler Werkzeuge in einer Weise erworben wird, die maximalen Transfer erlaubt.

### Literatur

- Anderson, J. R., Reder, L., Simon, H. (1996). Situated Learning and Education. *Educational Researcher*, 25, 5–11.
- Brown, A. L. & Kane, M. J. (1988). Preschool children can learn to transfer: Learning to learn and learning from examples. *Cognitive Psychology*, 20, 493–523.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity. A developmental perspective on cognitive science*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life*. New York: Cambridge University Press.
- Greeno, J. G., Smith, D. R. & Moore, J. L. (1993). Transfer of situated learning. In D.K. Detterman & R.J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction* (pp. 99–167). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corp.
- Stern, E. (1993). What makes certain arithmetic word problems involving the comparison of sets so hard for children? *Journal of Educational Psychology*, 85, 7–23.
- Stern, E. & Lehrndorfer, A. (1992). The role of situational context in solving word problems. *Cognitive Development*, 7, 259–268.
- Stern, E. (1994). A Microgenetic Longitudinal Study on the acquisition of word problem solving skills. In J. van Luit (Ed.), *Research in learning and instruction of mathematics in Kindergarten and Primary School* (pp. 229–242). Doetinchem/Rapallo: Graviant Publishing Company.

