



# **Lernziel: Intelligentes Wissen**

**Elsbeth Stern und Ralph Schumacher**

Sonderdruck

UNIVERSITAS 2/2004, S. 121–134

Warum finden wir zwischen Schülern mit vergleichbarem sozialem Hintergrund, die über Jahre die gleichen Schulklassen besuchten, am Ende große Leistungsunterschiede in allen Fächern? Warum können manche Schüler zwar Aufgaben lösen, die in einem ihnen bekannten Format gestellt wurden, scheitern aber an neuen Aufgaben? Warum können jüngere Kinder komplexe Anforderungen weniger gut bewältigen als ältere Kinder? Was für Konsequenzen müssen aus der Beantwortung dieser Fragen für den schulischen Alltag und das Lernen im Allgemeinen gezogen werden?

## Lernziel: Intelligentes Wissen

Elsbeth Stern und Ralph Schumacher

### Wissen als der Schlüssel zum Können

Eine elegante wissenschaftliche Erklärung würde darin bestehen, zur Beantwortung der oben genannten Fragen auf ein einziges Konstrukt zurückzugreifen, wie zum Beispiel auf Intelligenz als bereichsübergreifender Fähigkeit. Nach diesem Modell würden intelligentere Schüler schneller lernen und könnten besser in die Tiefe gehen, weil sie Lernangebote effizienter nutzen. Überdurchschnittliche Intelligenz wäre demnach außerdem mit geistiger Flexibilität verbunden, die die Bewältigung neuer Anforderungen erleichtert. Zudem würde die mit einer höheren Intelligenz einhergehende Abstraktionsfähigkeit und Fähigkeit zum logischen Schlussfolgern im Laufe der Kindheit zunehmen. Alle drei Antworten klingen so plausibel, dass sie fast schon trivial wirken. Allerdings ist das theoretische Konstrukt einer allgemeinen Intelligenz nicht in einem wissenschaftlich befriedigenden Maße durch empirische Ergebnisse abgedeckt. Vielmehr sprechen diese Ergebnisse dafür, dass für die oben genannten Leistungsunterschiede in erster Linie Differenzen in der Nutzung bereichsspezifischen Wissens verantwortlich sind. Zwar gibt es Zusammenhänge zwischen dem Intelligenzquotienten und der Schulleistung in unterschiedlichen Fächern. Auch wird man finden, dass der durchschnittliche Intel-

Intelligenzquotient der Gruppe von Schülern, die eine neuartige Aufgabe lösen konnten, höher ist als der durchschnittliche Intelligenzquotient der Schüler, die diese Aufgabe nicht lösen konnten. Aber es gibt eben auch mit dem Konstrukt einer bereichsübergreifenden Intelligenz unvereinbare Belege dafür, dass eine Reihe von Personen, die eine bestimmte Aufgabe nicht lösen konnten, einen höheren IQ haben als die Personen, die zur Lösung dieser Aufgabe in der Lage waren.

Die Bedeutung des bereichsspezifischen Wissens für das Zustandekommen geistiger Leistungen zeigt sich auch in der Forschung zur kognitiven Entwicklung im Kindesalter. Hingegen hat sich der Ansatz des bekannten Schweizer Entwicklungspsychologen Jean Piaget, das geistige Wachstum im Kindesalter als Zunahme der generellen Abstraktionsfähigkeit zu beschreiben, nicht bewährt. Gegen diese Theorie sprechen unter anderem Befunde, die zeigen, dass ein und dasselbe Kind in manchen Inhaltsgebieten schon anspruchsvolle geistige Operationen vollziehen kann, während sein Denken in anderen Gebieten noch sehr unflexibel ist. Da viele der von Piaget beschriebenen stadientypischen Defizite nicht bestehen und zudem zahlreiche Belege gegen die von ihm vertretene bereichsübergreifende Entwicklung sprechen, legen neuere Theorien zur geistigen Entwicklung ihren Schwerpunkt auf den Erwerb und die Veränderung von Wissen. Die kognitiven Defizite von Kindern müssen demnach nicht mit Bezug auf bereichsübergreifende Fähigkeiten, sondern mit Unterschieden im bereichsspezifischen Wissen erklärt werden. Bei Kindern handelt es sich aus dieser Sicht um „universelle Novizen“, die Erwachsenen primär aus dem Grund kognitiv unterlegen sind, weil sie einfach noch nicht genügend Zeit hatten, um in den verschiedenen Inhaltsgebieten Wissen zu erwerben.

Im Rahmen dieser Theorien wird hervorgehoben, dass Kinder nicht nur weniger als Erwachsene wissen, sondern dass ihr Wissen auch anders organisiert ist. Diese Unterschiede in der Wissensorganisation können zur Erklärung vieler Leistungsunterschiede herangezogen werden. Zwischen Erwachsenen und Kindern bestehen also keine prinzipiellen Unterschiede in der Art des Denkens. Vielmehr haben sie unterschiedliche Schwerpunkte in der Organisation ihres Wissens. So ist das Begriffswissen von Kindern zunächst von charakte-

ristischen Oberflächenmerkmalen und nicht von theoriegeleiteten definitiven Merkmalen bestimmt, weil sie sich bei der Bildung von Begriffen in erster Linie von ihren Wahrnehmungen leiten lassen. Jüngere Grundschul Kinder bejahen zum Beispiel die Frage, ob ein Haufen Reis etwas wiege, verneinen aber die Frage, ob ein einzelnes Reiskorn etwas wiege. Diese zunächst unverständliche Antwort wird nachvollziehbar, wenn man berücksichtigt, dass jüngere Kinder „Gewicht“ und „sich schwer anfühlen“ noch miteinander gleichsetzen. Auch dass der Wal ein Säugetier und kein Fisch ist, ist für Kinder schwer zu verstehen, weil sie Tiere zunächst nach ihrem Lebensraum einteilen. Dass die Art der Fortpflanzung – die man im Allgemeinen nicht zu sehen bekommt – ein sinnvolles Kriterium bei der Klassifikation von Tieren sein kann, versteht man erst im Zusammenhang mit zusätzlichem und tiefer gehendem biologischem Wissen. Erst wenn ein Verständnis für den theoretischen Hintergrund vorliegt, der die Unterteilung in Säugetiere und Fische notwendig macht, werden nicht mehr charakteristische (lebt im Wasser, hat Flossen), sondern definitiven Merkmale (Nachwuchs wird lebend geboren und mit Muttermilch ernährt) zur Unterscheidung herangezogen.

Zwar muss man nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung aufgrund der unabgeschlossenen Entwicklung im Frontalhirn auch von generellen kognitiven Beeinträchtigungen im Kindesalter ausgehen, die vor allem die Handlungs- und Planungskompetenz sowie den Umgang mit Komplexität betreffen. Diese Beeinträchtigungen halten Kinder jedoch nicht prinzipiell vom Wissenserwerb ab, sondern sie können den Lernprozess lediglich verlangsamen und erfordern eine Aufgliederung in kleinere Lernschritte. Festzuhalten bleibt also, dass nach dem jetzigen Forschungsstand altersbedingte Leistungsunterschiede sich nicht im „besser denken“, sondern im „anders wissen“ zeigen.

Auch die Forschung zum Lerntransfer zeigt, dass nicht unspezifische kognitive Mechanismen wie zum Beispiel die Abstraktionsfähigkeit, sondern bereichsspezifisches Wissen die Grundlage menschlicher Kognition ist. Der bloße Umstand, dass zwei Aufgaben in struktureller Hinsicht übereinstimmen, ist nämlich für sich genommen noch nicht hinreichend um zu garantieren, dass eine Person, die die eine Aufgabe lösen kann, auch imstande ist, die andere

Aufgabe zu bewältigen: Aufgaben aus unterschiedlichen Inhaltsgebieten können sich trotz isomorpher Struktur deutlich in ihrer Schwierigkeit unterscheiden. Zahlreiche Experimente zeigen, dass es zur Übertragung bekannter Lö-

**Es ist nicht möglich, Menschen unspezifisch darin zu trainieren, besser zu denken, sondern man kann sie lediglich beim Erwerb und der Anwendung von Wissen unterstützen.**

sungsstrategien auf neue Inhaltsbereiche nur dann kommt, wenn bei der Transferaufgabe die gleichen Wissensselemente genutzt werden können wie bei den Aufgaben, mit denen diese Strategien eingeübt wurden. Es gehört mittlerweile zu den am häufigsten replizierten Befunden in der kognitiven Psychologie, dass ein Lerntransfer ausbleibt, wenn diese Übereinstimmung der Wissensselemente fehlt. Da das für den Lerntransfer erforderliche Wissen spezifisch auf die Anforderungssituation zugeschnitten ist, spricht man in diesem Zusammenhang auch von der Situalertheit der Kognition.

Ungeachtet dieser empirischen Befunde beeinflusst die Idee der formalen Bildung, die auf der Vorstellung vom unspezifischen Lerntransfer beruht, weiterhin unsere Schulkultur. Manchen Schulfächern wie zum Beispiel dem Lateinunterricht wird daher eine unspezifische Verbesserung des logischen Denkens und der allgemeinen Lernfähigkeit nachgesagt. Diese Vorstellung kommt bei dem preußischen Schulreformer Friedrich Gedike (1754–1803) zum Ausdruck: „Im Falle Du Dein Griechisch und selbst Dein Latein vergissegst, so sei versichert, dass dennoch der Vorteil Dir bleibt, durch beides Deinem Geiste jene Bildung, jene Geschmeidigkeit verschafft zu haben, die auch in Deinem Geschäfte mit übergeht.“ Hingegen wird die Bereichsspezifität des Wissens von dem Philosophen und Pädagogen Johann Friedrich Herbart (1776–1841) hervorgehoben: „Der Verstand der Grammatik bleibt in der Grammatik, der Verstand der Mathematik bleibt in der Mathematik. Die Lobeserhebungen der formellen Bildung durch lateinische Grammatik könnte man sparen.“ Dass es keine unspezifischen Transfereffekte durch das Lernen von Latein gibt, sondern dass lediglich sprachspezifisches Wissen übertragen wird, konnte in Untersuchun-

gen von Ludwig Haag und Elisabeth Stern gezeigt werden. Auch andere Versuche, die allgemeine Lern- und Denkfähigkeit zu trainieren, müssen als gescheitert betrachtet werden. So wurde in Israel ein Programm entwickelt, das die Lernfähigkeit von Einwandererkindern mit bildungsfernem Hintergrund verbessern sollte. Trainiert wurden Aufgaben, die Intelligenztests ähnelten. Zwar konnte die Intelligenztestleistung verbessert werden, aber das Trainingsprogramm blieb ohne Einfluss auf die Schulleistung.

Es ist also nicht möglich, Menschen unspezifisch darin zu trainieren, besser zu denken, sondern man kann sie lediglich beim Erwerb und der Anwendung von Wissen unterstützen. Aus diesem Grund muss die Untersuchung der Organisationsweise intelligenten Wissens bei der Diskussion um die Gestaltung unseres Bildungssystems eine zentrale Rolle einnehmen. Angesichts der Situiertheit der menschlichen Kognition und der damit verbundenen Bedeutung des bereichsspezifischen Wissens für das Lernen müssen die in der Schule und anderen institutionellen Lerngelegenheiten behandelten Inhaltsbereiche sehr sorgfältig ausgewählt sein.

#### **Die Repräsentation von Wissen und seine Veränderungen durch Lernen**

Unsere Gedächtniskapazität, also die Fähigkeit, eine bestimmte Menge an Information in einer bestimmten Zeit aufzunehmen, ist grundsätzlich begrenzt. Es handelt sich bei ihr aber nicht um eine starre naturgegebene Größe, sondern sie hängt wesentlich davon ab, ob wir über bereichsspezifisches Wissen verfügen und ob dieses Wissen in einer Weise organisiert ist, die es uns ermöglicht, Informationen zu bündeln. Die Bildung von Einheiten (der wissenschaftliche Fachausdruck für diese kognitive Leistung ist „chunking“) versetzt uns nämlich in die Lage, Informationen zu komprimieren und so die Gedächtniskapazität zu vergrößern. Diese Abhängigkeit unserer Gedächtniskapazität von der Wissensorganisation lässt sich an folgendem Beispiel gut veranschaulichen: Werden wir mit der Anforderung konfrontiert, uns eine Buchstabenreihe wie „lsiftgvsazbtdk“, die uns für kurze Zeit präsentiert wurde, exakt wiederzugeben, so werden die meisten von uns scheitern. Hingegen werden die meisten Leser die Buchstabenreihe „hamburgberlinfrankfurtmünchenvenedigflorenzrom“ auch

nach Stunden noch reproduzieren können, selbst wenn sie nur wenige Sekunden dargeboten wurde. Denn spätestens, nachdem „Hamburg“ erkannt wurde, wird im Gedächtnis die Kategorie „Städtenamen“ aktiviert. Die einzige Herausforderung besteht nun lediglich noch darin, sich die Reihenfolge der Städte zu merken. Dabei reichen durchschnittliche Geographiekennntnisse aus, um zu bemerken, dass wichtige deutsche und italienische Städte in Nord-Süd-Richtung aufgeführt werden. All dieses Wissen wurde aktiviert, ohne dass der Aufgabenstellung selbst ein Hinweis darauf zu entnehmen war. Während sich niemand auf Anhieb die 14 zufällig angeordneten Buchstaben merken kann, weil sich in diesem Fall nicht auf Wissen zurückgreifen lässt, das die Bündelung einzelner Buchstaben zu größeren Einheiten erlaubt, kann man sich die 46 Buchstaben durchaus merken, weil man sie zunächst zu sieben Städtenamen-Einheiten zusammenfasst, für die es bereits Gedächtniseinträge gibt. Weitere Gedächtniseinträge über die geographische Lage der einzelnen Städte erlauben eine zusätzliche Verdichtung der Information.

Im Alltag spricht man zwar von einem guten oder schlechten Gedächtnis häufig wie von einer Persönlichkeitseigenschaft – der eine hat es, der andere eben nicht. Tatsächlich zeigen sich aber Einschränkungen in der generellen Gedächtnisleistung nur als Folge von kortikalen Störungen. Ansonsten hängt es vor allem von der zur Verfügung stehenden Wissensrepräsentation ab, in welchem Umfang man sich Information merken kann.

Die Abhängigkeit der Merkfähigkeit von der bereichsspezifischen Wissensstruktur wurde auch mit dem folgenden, inzwischen klassisch gewordenen Experiment der kognitiven Psychologie eindrucksvoll nachgewiesen: Schachexperten und Schachnovizen (also keine Laien, sondern Personen, die das Schachspiel beherrschen, wenn auch nicht auf professionellem Niveau) wurden für eine begrenzte Zeit Bilder mit Schachbrettern und Schachfiguren gezeigt. Die Versuchsteilnehmer hatten die Aufgabe, die Schachstellungen zu reproduzieren. Handelte es sich dabei um Schachstellungen, die sich aus einem sinnvollen Spielverlauf ergeben, zeigten die Experten eine sehr viel bessere Gedächtnisleistung als die Novizen. Kein Unterschied hingegen trat auf, wenn die Schachfiguren zufällig auf dem Brett angeordnet wurden. Man geht davon

aus, dass Schachexperten tausende von Schachstellungen als Einheiten gespeichert haben. Dieses Wissen, das ihnen im Spielverlauf ertaubt, über mehrere Züge hinweg die möglichen Konsequenzen bestimmter Züge abzuschätzen, erleichtert ihnen auch den Abruf der im Gedächtnis gespeicherten Information.

Auch die Strategien von Gedächtniskünstlern, die sich bis zu 80 Ziffern merken können (und nicht nur 7, wie die meisten von uns), sprechen für die Bedeutung der Wissensorganisation für die Gedächtniskapazität. Sie erweitern ihre Merkfähigkeit nämlich dadurch, dass sie sich ein zahlenintensives Wissensgebiet wie zum Beispiel Geschichtszahlen, Sportdaten oder Telefonnummern auswählen und es systematisch derart organisieren, dass sie jede längere Zahlenkombination auf ein Ereignis abbilden können wie beispielsweise die Zahlenfolge „15101844“ auf das Geburtsdatum des Philosophen Friedrich Nietzsche. Ob eine Person über Wissen verfügt, ist nicht direkt beobachtbar, sondern kann nur aus der Bewältigung von Anforderungen erschlossen werden. Der psychologische Wissensbegriff ist daher ein theoretisches Konstrukt, das erst im Rahmen von Modellen zur Beschreibung und Vorhersage von Verhalten an Bedeutung gewinnt. Zudem ergibt sich aus dieser Betrachtungsweise, dass Wissen grundsätzlich auf das Lösen von Problemen bezogen ist. Anders als in der Philosophie, in der der Begriff des Wissens traditionell als wahre und gerechtfertigte Überzeugung bestimmt wird, wird der Wissensbegriff in kognitionswissenschaftlichen Zusammenhängen eher in dem von dem amerikanischen Pragmatisten Charles S. Peirce etablierten Sinne verstanden, dass es sich dabei um Überzeugungen handelt, die uns befähigen, Aufgaben und Probleme erfolgreich zu bewältigen. Der Unterschied zwischen beiden Wissensbegriffen lässt sich mit folgendem Beispiel verdeutlichen: Angenommen eine Person hat die Überzeugung, dass London die Hauptstadt von Frankreich ist. Zusammen mit der zusätzlichen Überzeugung, dass Frankreich in Europa liegt, versetzt die erste Überzeugung diese Person in die Lage, die Aufforderung „Nenne eine europäische Hauptstadt“ korrekt mit „London“ zu beantworten. In Bezug auf diese spezifische Anforderung verfügt diese Person aus psychologischer Sicht mit der ersten Überzeugung also über Wissen, während dies aus der

Perspektive der Philosophie nicht zutrifft, weil die betreffende Überzeugung nicht wahr ist.

In den letzten Jahrzehnten wurden zahlreiche kognitive Architekturen entwickelt, um die Repräsentation von Wissen zu modellieren. Bei diesen Ansätzen wird davon ausgegangen, dass sich die geistige Wissensrepräsentation anhand von Netzwerken beschreiben lässt, die sich aus so genannten „Knoten“ zusammensetzen, zwischen denen Verbindungen mit unterschiedlichen Aktivierungsstärken bestehen. Während diese Knoten für verschiedene Wissensinhalte stehen, modellieren die unterschiedlich ausgeprägten Verbindungen zwischen ihnen die verschiedenen Assoziationsstärken zwischen verschiedenen Inhaltsbereichen. Wer zum Beispiel die Aufforderung „Nenne drei Hauptstädte europäischer Staaten“ mit „Berlin, Paris, London“ beantwortet, dem wird nach diesem Modell ein Wissensnetzwerk unterstellt, in dem es Knoten für „Europa“, „Hauptstadt“ sowie für die drei genannten Städte gibt, die miteinander verbunden sind. Jeder dieser Knoten ist natürlich noch mit weiteren Knoten verbunden. Nur um die Komplexität zu skizzieren, mit der Wissen repräsentiert ist, stelle man sich den Knoten „Berlin“ vor. Dieser wird nicht nur Verbindungen zu jedem der Knoten der an dem Wort beteiligten Buchstaben herstellen, sondern auch zu Knoten, die für „Berliner Philharmoniker“, „Pergamon-Museum“ und „Berliner Weiße“ stehen.

Jede Aktivierung hat Einfluss auf die Verbindungsstärke zwischen den Knoten und entsprechend auf die Assoziationsstärke zwischen den einzelnen Inhalten: Je häufiger eine Verbindung zwischen zwei Knoten aktiviert wird, desto größer wird die Assoziationsstärke zwischen den betreffenden Inhalten. Beim Lernen verändern sich demnach die Aktivierungsmuster innerhalb eines kognitiven Netzwerkes. Auf diese Weise ist es möglich, Lernen als Veränderung in der Wissensorganisation zu beschreiben. Ist man also mit Anforderungen konfrontiert, die bereits mehrfach bewältigt wurden, dann haben sich Verbindungen mit hoher Assoziationsstärke zwischen den beteiligten Wissensknoten herausgebildet. Diese aktivieren sich gegenseitig, so dass das benötigte Wissen bereitgestellt wird, ohne dass bewusst gesteuerte Entscheidungs- und Auswahlprozesse erforderlich sind. Dabei handelt es sich also um einen Fall von Auto-

matisierung. Wird man hingegen mit einer neuen Anforderung konfrontiert, muss das benötigte Wissen erst zusammengestellt werden. Wie gut dies gelingt, hängt davon ab, ob das Wissen nach problemlösungsrelevanten Kriterien organisiert ist, so dass zum Beispiel bestimmte Schlüsselwörter in der Beschreibung der Problemstellung die Aktivierung der erforderlichen Wissens-knoten steuern. Mit dem Netzwerkmodell des Wissens lässt sich daher auch dem Umstand Rechnung tragen, dass die Effizienz des Zugriffs mit der Menge des gespeicherten Wissens nicht ab-, sondern zunimmt, wenn der Wissens-zuwachs mit besserer Organisation nach zugriffsrelevanten Kriterien einhergeht.

Das Netzwerkmodell eignet sich zudem besonders gut, um die Situiertheit der Kognition zu modellieren: Auch wenn der Buchstabe „A“ im ersten Lernschritt nur mit dem Wort „Apfel“ vernetzt ist, an dem er gelernt wurde, werden bei entsprechenden Lerngelegenheiten sehr schnell Assoziationen zu anderen Wörtern hergestellt. Der Buchstabe „A“ bekommt dadurch einen eigenen Eintrag im Netzwerk und kann schließlich auch in unbekanntem Wörtern entdeckt werden. Haben die anderen in dem Wort vorkommenden Buchstaben ebenfalls Einträge mit hoher Assoziationsstärke, dann kann dieses Wort gelesen werden. Auf diese Weise wird das Erkennen von Buchstaben und Silben automatisiert. Eine unzureichende Automatisierung hingegen belastet den Arbeitsspeicher und erschwert das Verstehen selbst einfacher Texte. Aus diesem Grund unterstützt die gezielte Übung im Erkennen von Lautfolgen und deren Abbildung in Buchstabenfolgen – und nicht das wahllose Schreiben von Diktaten – die Kinder beim Lesenlernen.

#### **Wissen – verderbliche Ware oder Grundlage unseres Denkens?**

Aus den dargestellten Überlegungen zur Bedeutung bereichsspezifischen Wissens für das Zustandekommen geistiger Leistungen ergibt sich, dass ein zentrales Ziel des Unterrichts darin bestehen sollte, Schülern gerade diese Art von Wissen zu vermitteln. Allerdings unterliegt unser Wissen einem beständigen Wandel, und zahlreiche Inhalte, die noch vor wenigen Jahrzehnten als wichtige Bestandteile unserer Bildung betrachtet wurden, gelten mittlerweile als ver-

altet. Es mag daher fraglich erscheinen, ob man Kinder tatsächlich dadurch optimal auf die Bewältigung zukünftiger Anforderungen vorbereitet, indem man ihnen Wissen vermittelt, das möglicherweise dann, wenn sie es brauchen, bereits wieder veraltet ist. Vielmehr scheint es vor diesem Hintergrund angemessener zu sein, dass sie anstelle bereichsspezifischen Wissens direkt durch ein allgemeines Training formale Kompetenzen wie bereichsübergreifende Lernstrategien erwerben, die sie zur Lösung von Problemen in ganz

**Wenn man über eine gut fundierte Wissensbasis verfügt, dann besitzt man damit auch eine geeignete Grundlage für die Erweiterung sowie für die Revision seines Wissens.**

unterschiedlichen Inhaltsgebieten befähigen. Dagegen spricht aber, dass solche Kompetenzen nicht durch Übungen direkt vermittelbar sind, sondern sich nur im Zuge des Erwerbs bereichsspezifischen Wissens entwickeln. Hat man diese Kompetenzen auf diese Weise erst einmal erworben, dann lassen sie sich ebenfalls auf andere Inhaltsgebiete übertragen. Wenn man also über eine gut fundierte Wissensbasis verfügt, dann besitzt man damit auch eine geeignete Grundlage für die Erweiterung sowie für die Revision seines Wissens.

Wenn eine Person zum Beispiel über Wissen im Bereich der Elektronik verfügt und die Funktionsweise von Verstärkern kennt, dann wird es ihr keine Schwierigkeiten bereiten, ihr Faktenwissen in dem Punkt zu erweitern, dass diese Funktion nicht nur von Transistorröhren, sondern auch von bestimmten Mikrochips übernommen werden kann. Ihre Kompetenz, Schaltpläne mit Verstärkern zu verstehen und zu entwerfen, wird von diesem Wissenszuwachs nicht berührt, weil ihr Wissen von Verstärkern in erster Linie durch deren Funktionsweise und nicht durch die technischen Mittel, die diese Funktion realisieren, bestimmt ist. Auch die Erweiterung konzeptuellen Wissens muss nicht dazu führen, dass die in einem Inhaltsbereich erworbenen Kompetenzen beeinträchtigt werden. Vielmehr ist für eine solche Erweiterung eine fundierte Wissensbasis geradezu unentbehrlich. Will man jemandem verständlich machen, was in der Mechanik mit dem Begriff des Drehmomentes gemeint ist, dann muss die betreffende Person

130

unter anderem bereits wissen, dass Kräfte vektorielle Größen sind und was man unter einem Hebelarm versteht. Ausgestattet mit diesem neuen Wissen kann sie nun ihre bereits vorhandene Kompetenz zur Berechnung von Kräften auf die Berechnung von Drehmomenten übertragen.

Das Gleiche gilt für die Revision von Wissen: Kennt man die politische Geographie Europas, dann verfügt man damit über eine besser geeignete Wissensbasis, um zum Beispiel sein Faktenwissen über die Anzahl der Staaten Europas den aktuellen politischen Entwicklungen anzupassen, als jemand, der diese Staaten lediglich in alphabetischer Reihenfolge auswendig gelernt hat. Auch die Revision konzeptuellen Wissens erfordert eine gut organisierte Wissensbasis. Kommt man beispielsweise im Zuge der Verbesserung seiner Messmethoden zu dem Ergebnis, dass bei der Verbrennung Stoffe nicht den Wärmestoff „Phlogiston“ abgeben, sondern sich mit Sauerstoff verbinden, dann muss man seinen Begriff der Verbrennung neu bestimmen. Diese begriffliche Neubestimmung hat zur Folge, dass die bereits vorhandenen Kompetenzen im Bereich des chemikalischen Wissens auch auf andere Oxidationsprozesse ausgedehnt werden können. Eine gut organisierte Wissensbasis zeichnet sich also dadurch aus, dass sie flexibel genug ist für Modifikationen und dass die entwickelten Kompetenzen auf neue Bereiche übertragbar sind.

#### **Wie wird Wissen intelligent?**

Wenn wir vor dem Hintergrund neuerer kognitionswissenschaftlicher Erkenntnisse akzeptieren, dass der Erwerb und die Umstrukturierung von Wissen die Grundlage geistiger Aktivitäten ist und dass Wissen zunächst einmal nur auf die Situation zugeschnitten ist, in der es erworben wurde, dann lautet die zentrale Frage bei der Gestaltung schulischer Lerngelegenheiten: Welche Arten von Wissen bereiten auf die noch unbekanntten Anforderungen des späteren Lebens vor, und wie kann eine Wissensbasis erworben werden, auf deren Grundlage neue Anforderungen bewältigt werden können? Dazu muss das Rad keineswegs neu erfunden werden, denn schulische Kernfächer bieten im Prinzip ausreichend Gelegenheiten zum Erwerb von breit und flexibel einsetzbarem – und damit intelligentem – Wissen. An erster Stelle steht die Vermittlung des

kompetenten Umgangs mit Symbolsystemen wie Sprache, Schrift, Mathematik und graphisch-visuelle Veranschaulichungen, denn diese bilden die gemeinsame Wissensgrundlage unterschiedlicher Inhaltsbereiche. Intelligentes Wissen zeichnet sich nämlich dadurch aus, dass es den Transfer von Wissen auf neue Inhaltsbereiche begünstigt, und die Voraussetzung für diesen Transfer besteht in der Kompetenz zum flexiblen Umgang mit sprachlichen, mathematischen und graphisch-visuellen Repräsentationssystemen.

Wenn es beispielsweise gelingt, einen komplexen kausalen Sachverhalt in einem Inhaltsgebiet eloquent darzustellen, der kann bei der Beschreibung von vergleichbaren Zusammenhängen in anderen Gebieten auf bestimmte Redewendungen zurückgreifen und hat damit einen Startvorteil. Als Ergebnis einer häufigen und intensiven Auseinandersetzung mit schriftlichem Material in bestimmten Inhaltsbereichen kann sich Strategiewissen zum Lesen von Texten entwickeln, das bei der Einarbeitung in neue Gebiete Vorteile bringt. Dazu bedarf es nicht eines direkten Strategietrainings, sondern der Vorgabe einer Vielzahl von Texten unter verschiedensten Aufgabestellungen.

Symbolsysteme dienen nicht nur der Kommunikation von Wissen, sondern sie bilden darüber hinaus die Grundlage für die Konstruktion von neuen Inhalten. So ist beispielsweise das physikalische Konzept der Dichte daran gebunden, die Beziehung zwischen Masse und Volumen mithilfe mathematischer Werkzeuge modellieren zu können. Dieselben mathematischen Symbole können genutzt werden, um Geschwindigkeit oder Stückpreise zu modellieren. Diesen Größen ist gemeinsam, dass sie sich durch die Steigung des Graphen einer linearen Funktion in einem Koordinatensystem darstellen lassen. Hat man verstanden, dass die Steigung des Graphen einer linearen Funktion als die Rate der Veränderung der auf der Y-Achse abgetragenen Variablen in Abhängigkeit von der auf der X-Achse abgetragenen Variablen interpretiert werden kann, dann ist man auch dazu in der Lage, diese Form graphisch-visueller Veranschaulichung zur

132 Strukturierung neuer Inhalte heranzuziehen. Ein zentrales Lernziel im Mathematikunterricht sollte daher darin bestehen, zum flexiblen Umgang mit diesen Repräsentationswerkzeugen zu befähigen. Im deutschen Unterricht werden jedoch lineare Funktionen zu spät, zu abstrakt und zu kurz eingeführt, so dass die

Schüler deren Potenzial als Denkwerkzeuge nicht wirklich kennen lernen. Werden Schüler hingegen in Aufgaben involviert, die es erfordern, Konzepte wie Dichte oder Geschwindigkeit mithilfe von Graphen zu repräsentieren, werden sie fast zwangsläufig zum Nachdenken über bestimmte Aspekte angeregt, wie zum Beispiel über die inhaltliche Bedeutung des Achsenabschnittes eines Graphen. Für „Geschwindigkeit“ lassen sich Situationen denken, in denen der Graph nicht im Nullpunkt beginnt, für das Konzept „Dichte“ hingegen nicht: Masse kann nicht ohne Volumen und umgekehrt auftreten. Auf diese Weise wird Wissen über Materie konstruiert, das im Physikunterricht von Nutzen sein kann. Dass der Erwerb von intelligentem Wissen in einem Lernklima gefördert werden kann, das auf eigenständige Lernaktivitäten vertraut, konnten Fritz Staub und Elsbeth Stern an Münchener Grundschulklassen zeigen. Den Mathematiklehrern wurde ein in den USA entwickelter Fragebogen vorgegeben, der ihre Grundhaltung zum Lernen von Textaufgaben erfasst. Eine konstruktivistische Grundhaltung geht einher mit der Annahme, dass Schüler das Lösen von Textaufgaben am besten lernen, indem sie selbst Lösungswege ausprobieren. Eine rezeptive Grundhaltung drückt aus, dass die Schüler die von

### **Intelligent wird Wissen erst durch seine Anwendung in unterschiedlichen Kontexten.**

der Lehrperson vorgeführten Lösungswege übernehmen sollten. Es zeigte sich ein überraschend hoher Zusammenhang zwischen dem Ausmaß an konstruktivistischer Grundhaltung der Lehrperson und dem Lernfortschritt der Schüler im Lösen von Textaufgaben. Dies war der Fall, obwohl Textaufgaben – leider – im deutschen Mathematikunterricht der Grundschule fast nicht vorgelesen sind. Unterrichtsbeobachtungen zeigten aber, dass Lehrpersonen mit einer konstruktivistischen Grundhaltung besonders häufig numerische Aufgaben behandelten, in denen mathematische Prinzipien verdeutlicht wurden. Auf das dabei erworbene Wissen konnten sich die Schüler offensichtlich beim Lösen von bis dahin unbekanntem Textaufgaben stützen.

Intelligentes Wissen erwirbt man weder durch das Abschreiben von Formeln und klugen Merksätzen noch durch das mechanische Üben von Aufgaben nach dem gleichen Schema. Intelligent wird Wissen erst durch seine Anwendung in unterschiedlichen Kontexten. Benötigt werden dazu Lerngelegenheiten, in denen nicht einfach nur das auf die Bewältigung einer Anforderung zugeschnittene Wissen abgerufen werden muss, sondern in denen bereits verfügbares Wissen umstrukturiert und an die neue Anforderung angepasst werden muss. Auf diese Weise wird Wissen vielfältig vernetzt und kann bei Bedarf zunehmend schneller und flexibler aktiviert werden.

**Leseempfehlungen der Autoren** Anderson, L.: Kognitive Psychologie. Heidelberg: Spektrum, 1995. – Stern, E.: Intelligenz, Wissen, Transfer und der Umgang mit Zeichensystemen. In: E. Stern & J. Guthke (Hrsg.), Perspektiven der Intelligenzforschung (S. 163-204), Pabst Publisher, 2001.



Prof. Dr. **Elisabeth Stern** studierte Psychologie in Marburg und Hamburg. 1986 Promotion in Hamburg. Danach wissenschaftliche Mitarbeiterin am Max-Planck-Institut für psychologische Forschung in München. 1994 Habilitation mit einer Arbeit zum mathematischen Denken im Kindesalter. Nach einer Professur für Pädagogische Psychologie an der Universität Leipzig seit 1997 Forschungsgruppenleiterin am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

**Kontakt**  
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Lentzeallee 94,  
14195 Berlin, E-mail: stern@mpib-berlin.mpg.de



PD Dr. **Ralph Schumacher**, geb. 1964, studierte Philosophie in Hamburg und München. 1994 Promotion in München. Danach wissenschaftlicher Assistent am Institut für Philosophie der Humboldt-Universität zu Berlin. 2001 Habilitation. Derzeit Lehrstuhlvertretung an der Universität Duisburg-Essen.

**Kontakt**  
Institut für Philosophie, Humboldt-Universität zu Berlin,  
Unter den Linden 6, 10099 Berlin,  
E-mail: Ralph.Schumacher@rz.hu-berlin.de