

## Das Dreieck von Begabung, Wissen und Lernen

H. Gruber, A. Renkl & M. R. Waldmann

### *Einführung*

Die Beziehungen zwischen Begabung, Wissen und Lernen haben Franz Weinert von Beginn seiner beruflichen Laufbahn interessiert. Dabei war bemerkenswert, dass er immer der Überzeugung war, dass diese drei Komponenten zusammengehören. Er hat auch dann an dem Dreieck von Begabung, Wissen und Lernen festgehalten, wenn in der Forschung versucht wurde, einzelne dieser Komponenten zu leugnen. Begabungsforschern hat er etwa Untersuchungen zur Bedeutung von Wissen entgegeng gehalten, genauso wie er an der kognitionspsychologischen Expertise-Forschung die Vernachlässigung von Begabung kritisiert hat. Ganz ähnliche Defizite sah er auch bei den aktuellen Theorien des Lernens, die seiner Meinung nach die Bedeutung von Begabung, aber zum Teil auch von komplexem Wissen nicht hinreichend berücksichtigt haben.

[Wir drei waren Doktoranden von Franz Weinert und jeder von uns kann sich an Diskussionen erinnern, in denen wir mit ihm eine uns faszinierende Theorie diskutiert haben, die wir gerade in der neuesten Ausgabe einer Fachzeitschrift entdeckt hatten. Nicht nur, dass Franz Weinert diesen Artikel bereits schon kannte, er wies uns sofort auf dessen Defizite hin, und entließ uns nicht selten frustriert aus der Sprechstunde. Oft haben wir erst lange Zeit später, wenn sich neue Forschungsparadigmen herausgebildet hatten, erkannt, wie zutreffend seine Kritik damals doch war.]

Ziel unseres Beitrags ist es, Argumente für das von Weinert immer wieder betonte Dreieck von Begabung, Wissen und Lernen herauszuarbeiten. Dabei werden wir teilweise unsere eigenen von Weinert inspirierte Forschungen als auch andere Arbeiten als Stützung heranziehen. Dabei kann es sich natürlich nur um ein vorläufiges Resumé handeln. Manche der Beziehungen in diesem Dreieck sind nur bruchstückhaft erforscht. Es wird sich dennoch

zeigen, dass Versuche, die zirkuläre Struktur des Dreiecks zu durchbrechen, indem man eine Komponente auf Kosten der anderen in den Vordergrund stellt, verfehlt sind.

Im Folgenden werden wir versuchen, dem Dreieck von Begabung, Wissen und Lernen näher zu kommen, indem wir die Bedeutung der einzelnen Komponenten herausarbeiten. Dabei wird, ganz in der Tradition von Weinerts Kritik, der Fokus darin bestehen, die Defizite aktueller Theorien herauszuarbeiten, die sich häufig dadurch ergeben, dass die anderen Komponenten vernachlässigt wurden.

### *1. Die Rolle des Lernens*

Die Beschäftigung mit der Frage, wie Individuen Wissen und Expertise in bestimmten Bereichen erlangen, führt unweigerlich zu der Frage, wie wir lernen. Die dominierende Sicht in der Kognitionspsychologie geht von einer Arbeitsteilung zwischen der Erforschung des Wissens und der Erforschung des Lernens aus. Um Lernen besser von Wissen isolieren zu können, stehen in der lerntheoretischen Forschung Untersuchungen zum Erwerb von *neuem* Wissen, also die Anfangsphase des Lernens, im Vordergrund. Wissen wird als Produkt der Anwendung von *bereichsunspezifischen* Lernmechanismen und Strategien angesehen. Ein klares Beispiel für das Postulat bereichsunspezifischer Lernmechanismen sind Assoziationstheorien, wie sie in jüngster Zeit vor allem in Form von neuronalen Netzwerkmodellen wieder in Mode gekommen sind. Der Paradefall für solche Theorien sind Konditionierungsprozesse, die Lernen über statistische Beziehungen zwischen Reizen, Reaktionen und Konsequenzen beinhalten. In den letzten Jahren hat man allerdings versucht, solche Theorien auch für komplexere Lernprozesse wie begriffliches Lernen oder Lernen über Kausalität heranzuziehen. Welche Probleme ergeben sich bei diesen Ansätzen für die Erklärung von Leistungen in inhaltlich anspruchsvollen Domänen?

### *Die Bereichsspezifität von Lernen*

Eine wichtige Debatte im Bereich der kognitionspsychologischen Lerntheorie beschäftigt sich mit der Frage, ob die Annahme plausibel ist, dass Lernprozesse bereichsübergreifend gleichartig operieren. Diese Frage hat Weinert immer sehr interessiert. Ist es wirklich plausibel, dass wir Wissen über Wissen über Physik, Kunst oder Sprache auf ähnliche Weise lernen, wie der Pawlowsche Hund Wissen über die Beziehung zwischen der Glocke und dem Futter gelernt hat? In der kognitiven Entwicklungspsychologie liegt eine Reihe von Studien vor, die eher dafür sprechen, dass Säuglinge mit basalem Weltwissen über unterschiedliche Bereiche wie Physik auf die Welt kommen. Auch Theoretiker aus dem Bereich der Evolutionspsychologie finden es plausibler, von bereichsspezifischen Lernmechanismen auszugehen, als von allgemeinen Lernprinzipien. So wurde etwa von Pinker die Annahme formuliert, dass unser Gehirn von Geburt an mit Lern- und Denkroutinen ausgestattet ist, die spezialisiert sind auf Bereiche wie Spracherwerb, Partnerschaftswahl oder Nahrungssuche.

Ein Grundproblem mit dem Postulat bereichsspezifischer Module ist, dass sich einfach zu viele postulieren lassen. Die Existenz von bereichsspezifischem Wissen in einem Bereich wie Schach, der häufig in der Expertiseforschung untersucht wurde, bedeutet natürlich nicht, dass es ein korrespondierendes Schachmodul im Gehirn gibt. Eine zentrale Forschungsfrage im Zusammenhang mit wissensbasierten Lernprozessen beschäftigt sich deshalb damit, welche kognitiv abgrenzbaren Domänen es gibt und wie konkret oder wie abstrakt die wissensbasierten Lernmechanismen operieren.

[Ein Beispiel für diese Forschung sind Michael Waldmanns Studien zum Erwerb von Kausalwissen. So konnte er zeigen, dass Lernen über kausale Beziehungen durch vergleichsweise abstraktes Vorwissen über Kausalität gesteuert wird, wie etwa Wissen darüber, dass Ursachen Effekte produzieren, aber nicht umgekehrt. Dieses Wissen ist nicht bereichsübergreifend, weil es sich ja auf Kausalität bezieht, es ist aber auch nicht vollkommen

spezifisch, weil immerhin alle Lernbereiche angesprochen sind, in denen es um Kausalität geht.]

### *Basale Lernprozesse vs. akademisches Wissen*

Eine zweite, bislang nur ansatzweise geklärte Frage betrifft die Unterscheidung zwischen Wissen, das man in akademischen oder schulischen Kontexten erwirbt, wie etwa Wissen über Medizin, Physik oder Fremdsprachen, und fundamentalen Lernprozessen, wie etwa Spracherwerb oder Wissen über Kausalität.

Diese Grenzziehung sieht man auch den Theorien an, die häufig nebeneinander entwickelt wurden, ohne dass man sich über den Geltungsbereich der Theorien immer im klaren war. Die bereits erwähnten Assoziationstheorien und verwandte Ansätze sind eindeutig mit dem Ziel entwickelt worden, basale Lernprozesse zu modellieren, bei denen die Rolle bewussten, intentionalen Lernens eher klein ist. Im Gegensatz dazu steht beispielsweise Andersons bekannte Theorie des Fertigkeitserwerbs, die davon ausgeht, dass am Anfang des Lernprozesses bewusstes, deklaratives Wissen beispielsweise über die Elemente und Regeln von Programmiersprachen stehen. Dieses Wissen wird dann in einer anschließenden Prozeduralisierungsphase automatisiert, bis es nahezu automatisch und hocheffizient angewendet werden kann. Es ist klar, dass dies eine Theorie ist, die akademisches Lernen im Fokus hat.

Aber auch hier dürfte sich eine klare Grenzziehung zwischen diesen beiden Lernformen als letztlich zu einfach erweisen. Es gibt auch Lernbereiche, die komplexer sind als basales Lernen, aber auch nicht auf einer Prozeduralisierung von zunächst deklarativem Wissen beruhen. So haben beispielsweise Sun et al. (2001) argumentiert, dass viele komplexe Fertigkeiten wie die Steuerung komplexer Systeme mit Hilfe von Online-Informationen oder komplizierte Navigationsaufgaben eher durch ein Modell adäquat beschrieben werden, bei dem sich prozedurales Wissen als erstes und erst später deklaratives Wissen herausbildet.

## *2. Die Rolle des Wissens*

Zu den wichtigsten und anfangs überraschendsten Entdeckungen der Kognitionspsychologie gehört die Bedeutung des Wissens bei der Erklärung kognitiver Kompetenzen. Angefangen mit DeGroots Studien zu Schachexperten zeigte sich immer wieder, dass Expertise mehr auf Bereichswissen beruht als auf überlegene abstrakte Problemlöse- oder Denkfertigkeiten. Die Rolle des Wissens wurde in so unterschiedlichen Expertise-Bereichen wie Physik, Medizin, Informatik oder Sozialwissenschaften nachgewiesen.

### *Lernen und Expertise*

Vergegenwärtigt man sich die Bedeutung von Wissen bei der Erklärung anspruchsvoller kognitiver Kompetenzen, dann fällt auf, dass es nur sehr wenige Theorien gibt, die sich mit Lernprozessen befassen, die auf komplexem Bereichswissen operieren. Die meisten Lerntheorien beschäftigen sich mit basalen Prozessen und selbst die an komplexeren Domänen orientierten Theorien wie die von Anderson interessieren sich mehr für die Automatisierung und Routinisierung von Fertigkeiten als für die Erklärung komplexer kognitiver Leistungen, die mit Kreativität und Flexibilität einhergehen. In diesem Bereich besteht sicherlich ein Defizit, das natürlich mit der Komplexität des Gegenstandsbereichs zu tun hat.

### *Die Bereichsspezifität von Expertise*

Wer nach bereichsübergreifenden Merkmalen von Expertise sucht, wird enttäuscht sein. Wenngleich man sicher festhalten kann, dass sich Experten durch ein überlegenes Wissen und effizientere Problemlösestrategien in ihrem Expertisebereich auszeichnen, gibt es doch auf einer spezifischeren Beschreibungsebene eine Reihe von Unterschieden, die sich nicht aus der unterschiedlichen Architektur des kognitiven Systems von Experten im Vergleich zu Laien erklären lassen. So findet man beispielsweise, dass Physikexperten beim Problemlösen dazu tendieren, sich von den Ausgangsbedingungen vorwärts in Richtung Lösung vorzuarbeiten, während erfahrene Programmierer eher von dem Zielzustand zurückgehen bei der Suche nach

einem optimalen Programm. Dies hängt aber weniger mit unterschiedlichen Denkstilen von Physikern im Vergleich zu Programmieren zusammen, sondern lässt sich durch Unterschiede in Eigenschaften der inhaltlichen Domäne erklären. Expertise ist nicht zuletzt deshalb möglich, weil sich das kognitive System an je spezifische Aufgabenanforderungen der Domäne anpassen kann, so dass sich eine Vielzahl der Forschungsergebnisse eher auf der Basis detaillierter Domänen- und Aufgabenanalysen und weniger auf der Basis allgemeiner Merkmale des kognitiven Systems vorhersagen lässt. Diese Anpassungsleistung des kognitiven Systems erschwert aber die Suche nach inhaltsunabhängigen Faktoren von Höchstleistungen. Dies dürfte auch mit ein Grund dafür sein, warum die statistischen Zusammenhänge zwischen IQ und Expertise in anspruchsvollen Domänen so gering ausfallen.

### *3. Die Rolle der Begabung*

Die Entdeckung der großen Bedeutung von Bereichswissen für Expertise hat zu der mittlerweile dominierenden Sicht geführt, dass Faktoren wie Begabung bei der Erklärung von Kompetenzen keine wichtige Rolle spielen (vgl. Howe et al., 19..). An die Stelle von Begabung treten nun motivationale Faktoren wie Ausdauer und Durchhaltevermögen, da allgemein angenommen wird, dass für Expertise in anspruchsvollen Domänen mindestens 10 Jahre Übungszeit anzusetzen ist. Dies wurde besonders überzeugend in Studien über Hochleistungssportler und professionelle Musiker gezeigt, zwei Bereiche, die man traditionell besonders stark mit Begabung in Verbindung gebracht hat. In beiden Bereichen konnte gezeigt werden, dass Personen mit höherer Kompetenz diejenigen waren, die sich ausdauernder und länger mit ihrem Bereich befasst hatten. Dies schließt zwar Begabung als zusätzlichen Faktor nicht aus, ist aber dennoch überraschend, weil man mit höherer Begabung in der Regel eine geringere Anstrengung verband, die in die Kompetenz investiert werden musste.

Die Vernachlässigung des Aspekts der Begabung gehört zu den Kritikpunkten an der aktuellen Forschung, auf die Franz Weinert besonders stark beharrt hat. Dass man mit Anstrengung alles erreichen kann, eine typische amerikanische Sichtweise, schien ihm nicht plausibel. Sicherlich hat er nicht geleugnet, dass Übung, Wissen und Motivation außerordentlich wichtige Faktoren sind. Ebenso unplausibel erschien ihm aber auch die Sicht, dass jeder mit genügend Übung ein Mozart oder ein Einstein werden könne. Sein Interesse an der Durchführung einer Zwillingsstudie mag nicht zuletzt durch diese Sichtweise begründet sein, und die in den letzten Jahren immer populäreren biopsychologischen Ansätze scheinen ihm darin Recht zu geben, dass die traditionelle Kognitionionspsychologie biologische und insbesondere genetische Faktoren zu stark vernachlässigt hat.

#### *Begabung als biologische Constraints von Expertise*

Dennoch sind wir weit entfernt von einer Klärung der Beziehung zwischen genetischen Anlagen und komplexen Kompetenzen. Dies dürfte eine Reihe von Gründen haben:

##### *A. Top-Down-Einflüsse*

Als biologische Faktoren, die Expertise beeinflussen können, werden im Bereich des Sports häufig anatomische Merkmale oder im Bereich der Musik basale akustische Kompetenzen wie das absolute Gehör angeführt. Sicherlich ist nicht zu leugnen, dass man sich schwer einen Hochspringer vorstellen kann, der nicht eine bestimmte Mindestgröße hat. Auf der anderen Seite zeigt die Forschung aber auch, dass sich basale physiologische Merkmale häufig auch als *Folge* von Übung herausbilden. So gibt es Studien, die zeigen, dass man das absolute Gehör durch Training erlangen kann. Eine Studie, die unlängst in *Nature* (2002, Bd. 415, p.755) erschienen ist, belegt, dass Sportler, die sich auf eine Disziplin spezialisieren, bestimmte anatomische Merkmale entwickeln, die Höchstleistungen ermöglichen. Interessanterweise bilden sich diese Merkmale auf Kosten anderer anatomische Merkmale aus, die für die Spezialdisziplin nicht gebraucht werden.

Sprinter sind häufig schlechter in Langstreckenlauf als Sportler, die sich nicht auf eine von beiden Disziplinen spezialisiert haben.

### *B. Der Abstand zwischen kognitiven Mikro- und Makro-Strukturen*

Es gibt mittlerweile eine Reihe von Hinweisen auch aus der Zwillingstudie GOLD dafür, dass basale Fähigkeiten wie Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit oder räumliches Denken zum Teil genetische Grundlagen haben. Sehr wenig Hinweise liegen hingegen dafür vor, dass diese basalen Fähigkeiten auch auf die Ebene des komplexen Denkens durchschlagen. Anderson (2002) hat vor kurzem auf das Problem hingewiesen, dass zwischen Forschung zur Mikrostruktur und zur Makrostruktur des kognitiven Systems eine große Lücke besteht. Bisher liegen nur wenige empirische Hinweise dafür vor, dass etwa Reaktionszeitunterschiede in basalen Aufgaben Erklärungswert für komplexe Aufgaben haben. Waldmann und Weinert (1999) haben in ihrer Literaturanalyse ebenfalls gezeigt, dass die Korrelation zwischen einfachen Aufgabenkomponenten und komplexeren Aufgaben mit zunehmender Komplexität der zu erklärenden Aufgabe gegen Null tendiert. Dies konnte schon bei vergleichsweise einfache Aufgaben zum Zugriff auf semantisches Wissen gezeigt werden.

### *C. Die Dynamik und Flexibilität von Expertise*

Ein weiteres Problem für die Vorhersage von Expertise besteht darin, dass sich die relevanten Begabungsfaktoren mit zunehmender Expertise verändern können. So hat beispielsweise Ackerman gezeigt, dass der IQ ein besserer Prädiktor für die Anfangsphase beim Erwerb einer kognitiven Fertigkeit als für die Endphase ist, wo andere Faktoren in den Vordergrund kommen. Ein weiteres Problem besteht in der Flexibilität, die man insbesondere im Hochleistungsbereich findet, und die eine Vorhersage erschwert. So gibt es Beispiele im Sport, die zeigen, dass einzelne Athleten ihre Technik im Hinblick auf ihre Anatomie (etwa im Hochsprung) modifiziert haben. Auch im Bereich intellektueller Höchstleistungen findet man Beispiele dafür, wie einzelne Forscher ihren Denkstil an ihr

individuelles Begabungsmuster angepasst haben und vielleicht gerade dadurch zu neuen Entdeckungen kamen. Waldmann und Weinert haben deshalb die These aufgestellt, dass es aufgrund dieser Flexibilität schwieriger sein sollte, Höchstleistungen mit Hilfe elementarer Fähigkeitskonstrukte vorherzusagen als niedrige Lernleistungen, die zumindest in manchen Fällen auf Defiziten in lokalisierbaren, elementaren kognitiven Komponenten (z.B. Arbeitsgedächtnisdefiziten) basieren.