

# **Kurzfassung**

## **Wie funktioniert das Gehirn? Auf dem Weg zu einer neuen Lernwissenschaft**

### **Overview**

**Understanding the Brain – Towards a new learning science**

**German translation**

Die Kurzfassungen enthalten auszugsweise Übersetzungen von OECD-Publikationen. Sie sind unentgeltlich beim Online-Bookshop der OECD erhältlich

[www.oecd.org/bookshop](http://www.oecd.org/bookshop)

Diese Kurzfassung ist keine amtliche OECD-Übersetzung.



ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

ORGANISATION FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG

## Einführung

Dieses Buch zu schreiben hätte sich vor 25 Jahren nicht gelohnt – und es dürfte sich auch in 25 Jahren nicht mehr lohnen, darauf zurückzugreifen. Heute jedoch ist es zeitgemäß und relevant. Die Menschen der heutigen Zeit haben das Privileg mitzuerleben, wie rasch sich die Gehirnforschung weiterentwickelt und das Wissen über den menschlichen Lernprozess voranschreitet. Diese Veröffentlichung ist eine Art „Sachstandsbericht“ zu einem Thema, oder besser gesagt einem Themenkomplex, bei dem sich der Erkenntnisstand ständig ändert. Mit der Vorlage eines in Zusammenarbeit erstellten, transdisziplinären Berichts zum Thema „Welche Rolle spielt das Gehirn beim Lernprozess?“ sucht die Initiative der OECD-Abteilung CERI mehrere Fachbereiche zusammenzubringen, um festzustellen, was sie sich gegenseitig bieten und wie sie sich gegenseitig bereichern können.

Diese Veröffentlichung dient dreierlei Zielen:

- über einen kreativen Dialog zwischen mehreren Fach- und Interessenbereichen (kognitive Neurowissenschaft, Psychologie, Pädagogik, Gesundheitswesen und politische Entscheidungsfindung) zu berichten und diesen weiterzuentwickeln;
- aufzudecken, welche Erkenntnisse die kognitive Neurowissenschaft für die Pädagogik und die Bildungspolitik liefern kann und umgekehrt; und
- Fragen und Probleme zu identifizieren, die sich beim Verständnis des menschlichen Lernprozesses stellen und bei denen die Pädagogik auf die Unterstützung anderer Fachbereiche angewiesen ist.

Die Pädagogik ist keine eigenständige Disziplin. Wie die Medizin oder die Architektur ist sie von anderen Disziplinen abhängig, die ihr die theoretischen Grundlagen liefern. Aber anders als die Architektur oder die Medizin befindet sich die Pädagogik noch in einem frühen Stadium der Entwicklung. Sie ist eher eine Kunst als eine Wissenschaft.

Hierzu folgende Aussage:

„Charakteristisch für die medizinische Ausbildung von heute ist die systematische Verbindung von theoretischen und wissenschaftlichen Kenntnissen mit den Erfahrungen aus der medizinischen und pflegerischen Praxis ...“ Lässt sich dasselbe im Hinblick auf die Lehrerbildung sagen? Die Erfahrungen aus der Unterrichtspraxis mit jungen Menschen oder mit Erwachsenen zeigen die grundlegende Bedeutung von Motivation, Vertrauen und guten Vorbildern. Sind diese Anlagen gegeben, kommt es selten zu Lernversagen; ohne sie werden selten Lernerfolge erzielt. Diese und ähnliche einfache Beobachtungen aus der pädagogischen Praxis werden noch nicht durch ein solides Fundament wissenschaftlicher und theoretischer Kenntnisse gestützt. Die Wissenschaft des Lernens, ein Zweig der Humanpsychologie, steckt noch in den Kinderschuhen. Die Theorie des Lernens befindet sich in einem vorwissenschaftlichen Stadium, in dem Sinne, dass sie weder Voraussage- noch Erklärungskraft besitzt. Wir wissen noch nicht genügend darüber, wie Kinder und Erwachsene lernen, um eine Bildungs- oder Ausbildungsgarantie anbieten zu können. Die Wissenschaft vom Lernen ist in

ihrer ‚Linnéischen Phase‘, sie kann nur Listen von Beispielen für erfolgreiches Lernen zusammenstellen, effektive Lehrmethoden erläutern und klassifizieren; sie wartet noch auf einen Darwin, der eine überzeugende Erklärungstheorie des Lernens aufstellt.“<sup>1</sup>

Die Pädagogik ist heute eine vorwissenschaftliche Disziplin, die ihre theoretischen Grundlagen aus der Psychologie (Philosophie, Soziologie usw.) bezieht. Die vorliegende Veröffentlichung befasst sich mit der Möglichkeit, dass die kognitiven Neurowissenschaften zur gegebenen Zeit eine solidere Grundlage für das Verständnis des Lern- und des Lehrprozesses liefern könnten. Manche halten diese Vision zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch für zu weit entfernt<sup>2</sup>. Für die Vergangenheit traf dies sicherlich zu, wie wird es aber in der Zukunft aussehen? Es bleibt abzuwarten. In jedem Fall dürfte es besser sein, das Risiko einer verfrühten Hypothese auf sich zu nehmen, als sich dem Vorwurf der Untätigkeit auszusetzen.

Es ist ein Gemeinplatz zu behaupten, das Verständnis des menschlichen Gehirns sei die letzte Grenze, die es der Wissenschaft noch nicht zu überschreiten gelang. Zweifellos werden sich der Wissenschaft mit unserem geistigen Fortschritt immer neue Perspektiven auftun. Dennoch wird die Entschlüsselung der Komplexität des menschlichen Gehirns ein entscheidender Schritt auf diesem Weg sein. Offenbar steht die Wissenschaft derzeit vor erheblichen Fortschritten beim Verständnis der Funktionsweise des Gehirns. Diese Veröffentlichung soll eine zusammenfassende Einführung in das bieten, was heute bekannt ist, was wir aller Wahrscheinlichkeit in Bälde wissen werden und was letztlich noch entdeckt werden könnte. Sie kann jedoch nicht mehr darstellen als eine Standaufnahme aus einem schnell laufenden Film.

Die Wissenschaft des Lehrens und Lernens mag tatsächlich noch in den Kinderschuhen stecken, aber auch sie entwickelt sich rasch weiter. Mehrere Faktoren sprechen dafür, dass der Status quo nicht aufrechtzuerhalten ist, darunter das bedingte Scheitern des großen Bildungsprojekts des ausgehenden 19. und des 20. Jahrhunderts, die sich unmittelbar abzeichnenden Auswirkungen der neuen Lerntechnologien und – natürlich – die Fortschritte der kognitiven Neurowissenschaft. Seit über einem Jahrhundert erklärt jedes sechste Kind<sup>3</sup> (und jeder sechste Erwachsene, wenn er von seiner Kindheit spricht), die Schule „zu hassen“ (oder „gehasst zu haben“). Ein ähnlicher Prozentsatz schafft es nicht, sich hinreichende Grundqualifikationen in Lesen und Rechnen anzueignen, um seine Beschäftigungsfähigkeit zu sichern; ähnlich hoch ist auch der Prozentsatz derjenigen, die die Schule schwänzen, im Unterricht stören oder ganz einfach abschalten. Die aufeinander folgenden Regierungen zahlreicher Länder haben immer wieder neue Versuche unternommen, um die Situation zu verbessern. Aber vielleicht handelt es sich hier um ein unlösbares Problem? Vielleicht ruft das traditionelle Bildungswesen, so wie wir es kennen, zwangsläufig bei einem von sechs Schülern Feindseligkeit hervor? Vielleicht ist das Unterrichtsmodell im Klassenverband einfach nicht „gehirnfreundlich“?

Fragen wie diese, zu denen die neue Rolle des Computers in unserer Gesellschaft, die wachsenden Zweifel an der Effizienz der staatlich gesteuerten Bereitstellung von Dienstleistungen und die sich abzeichnenden Erkenntnisse der kognitiven Neurowissenschaften hinzukommen, stellen einige der Grundpfeiler unseres traditionellen Bildungssystems auf den Prüfstand: Schule, Schulklasse, Lehrer (so wie wir diesen Beruf heute verstehen) oder sogar die Lehrinhalte und selbst Konzepte wie Intelligenz und Begabung.

---

1. C. Ball (1991), *Learning Pays*, RSA, London.

2. Wie Dr. John Bruer überzeugend dargelegt hat. Vgl. Kapitel 4.

3. Diese Zahlen stammen aus dem Vereinigten Königreich; den ersten Ergebnissen der von der OECD durchgeführten PISA-Studie zufolge könnte die Lage in der Gesamtheit der Industrieländer sogar noch besorgniserregender sein (vgl. [www.pisa.oecd.org](http://www.pisa.oecd.org) sowie OECD, 2001, *Lernen für das Leben – Erste Ergebnisse von PISA 2000*, Tabellen 4.1, S. 309, und 4.2, S. 310).

Obwohl die meisten Menschen hinsichtlich dieser Fragen unsicherer sind als vor zwanzig Jahren, besteht doch kein Zweifel daran, dass diejenigen, die die „Kunst der Pädagogik“ praktizieren, Einblicke in den menschlichen Lernprozess gewinnen dürften, aus denen die Wissenschaft wiederum überprüfbare Hypothesen ableiten kann. Der Informationsfluss zwischen den kognitiven Neurowissenschaften (die Psychologie eingeschlossen) und dem Bereich der Pädagogik kann und darf nicht eingleisig sein. Aus den Beobachtungen und Erfahrungen der Pädagogen ergeben sich häufig Fragen, die nach wissenschaftlicher Untersuchung und Erklärung verlangen. Klare Beispiele hierfür sind die Bedeutung des frühkindlichen Lernens, des Selbstbewusstseins und der Motivation.

Der folgende Text richtet sich an ein breites, aber mit den angesprochenen Problemen vertrautes Publikum. Er soll auch für Nichtfachleute verständlich sein. Er sucht, Insiderjargon, Fachdispute und territoriale Abgrenzungsgefechte zu vermeiden. Der Leser sollte jedoch nicht glauben, wir würden alle dieselbe Sprache sprechen und von einem gemeinsamen konzeptuellen Rahmen ausgehen. Begriffe wie *Plastizität* – die in der Neurowissenschaft eine zentrale Rolle spielt, in der Pädagogik jedoch kein Thema ist – oder *Intelligenz* – wo sich beinahe das Gegenteil feststellen ließe – machen deutlich, dass unterschiedliche Ansätze zu unterschiedlichen Standpunkten führen. Dies ist aber nicht der entscheidende Punkt. Schließlich wird bei der Kartographierung neuer Landstriche auch stets die Methode der Triangulation aus mehreren Blickwinkeln angewandt. Gefährlicher sind Begriffe wie *Stimulation*, die beiden Disziplinen gemeinsam sind, dort jedoch nicht zwangsläufig die gleiche Bedeutung haben. Daher muss behutsam vorgegangen, sorgfältig überlegt und abgeschätzt werden, wie weit ein in Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Disziplinen erstellter Bericht über die Rolle des Gehirns beim Lernprozess zum gegenwärtigen Zeitpunkt gehen kann.

Nachstehend sind zehn Fragen betreffend den menschlichen Lernprozess aufgeführt, die von grundlegender Bedeutung scheinen und die eine Untersuchung wie diese erhellen sollten. Jede dieser Frage befasst sich mit Themen, die mit der Förderung eines erfolgreichen Lernprozesses in Zusammenhang stehen – ob dieser Erfolg nun am Bildungs- oder Berufsabschluss, der sozialen oder beruflichen Stellung oder der persönlichen Zufriedenheit gemessen wird.

## **1. Wo liegt das Gleichgewicht zwischen Angeborenem und Anerzogenem bei der Förderung eines erfolgreichen Lernprozesses?**

Ist der Ablauf unseres gesamten Lebens durch unsere Gene vorherbestimmt? Oder können wir beispielsweise lernen, schneller zu lernen? Wo liegt das richtige Gleichgewicht zwischen den beiden Extremen der genetischen Determination und der Annahme, „dass alles möglich ist, sofern das Kind ein gutes Elternhaus hat und eine gute Schule besucht“?

## **2. Wie wichtig sind die ersten Lebensjahre für ein erfolgreiches lebenslanges Lernen?**

Diejenigen, die glauben, dass die Erfahrungen der ersten Lebensjahre von entscheidender Bedeutung für die Förderung positiver Einstellungen, die Entwicklung wesentlicher Fähigkeiten und eines soliden Fundaments für die Bildung in Grund- und Sekundarschule wie auch die Erwachsenenbildung sind, sehen sich gelegentlich dem Vorwurf ausgesetzt, einem „Mythos der ersten

drei Jahre“ nachzuhängen. Welche Entwicklungsstadien durchläuft das frühkindliche Gehirn? Wie lässt sich ein gesunder Entwicklungsprozess am besten fördern?

### **3. Wie wichtig ist die Unterscheidung zwischen „natürlicher Entwicklung“ und „kultureller Erziehung“?**

Kinder lernen von Natur aus zu gehen und zu sprechen. Sofern sie nicht stark behindert sind oder schwer misshandelt werden, lernen sie es alle mehr oder weniger im gleichen Alter. Anders verhält es sich beim Lernen von Trigonometrie oder einem Tanz wie dem Tango: Hier handelt es sich nicht um einen natürlichen Prozess. Es gibt kein „normales“ Alter, ab dem man solche Fähigkeiten beherrscht – und sie sind bei weitem auch nicht jedem gegeben. Obwohl die Imitation sowohl bei der natürlichen Entwicklung als auch bei der kulturellen Erziehung eine Schlüsselrolle spielt, scheint es sich doch um zwei verschiedene Prozesse zu handeln. Trifft dies tatsächlich zu? Ist das Gehirn für natürliche Entwicklungen in bestimmter Weise programmiert – und darüber hinaus für Lernerfahrungen aus dem Bereich der „kulturellen Erziehung“ generell empfänglich (oder auch nicht)?

### **4. Wenn diese Unterscheidung wichtig ist, wie lassen sich diese beiden Formen des Lernens – „natürliche Entwicklung“ und „kulturelle Erziehung“ – dann am besten fördern?**

Wenn es wirklich einen „Mythos der drei ersten Jahre“<sup>4</sup> gibt, ist er die Folge einer nicht zu Ende geführten Analyse der Konsequenzen der obigen Unterscheidung. Die „natürliche Entwicklung“ scheint nicht mehr zu erfordern als normale Lebensbedingungen: „gute“ Eltern, ein angenehmes Heim, ausreichende Nahrung, Liebe, Anregung, Ernährung, Bewegung, Gespräche und ein gutes Umfeld sind wahrscheinlich alles, was ein Kleinkind für eine gesunde „natürliche Entwicklung“ benötigt. Mit der „kulturellen Erziehung“ verhält es sich anders: Schon allein deshalb, weil man fast immer einen Lehrer braucht, um lesen, tanzen oder Auto fahren zu lernen. Wie viel „kulturelle Erziehung“ ist in den ersten Lebensjahren angebracht und wie sollte sie am besten vermittelt werden?

### **5. Inwieweit ist das erfolgreiche Erlernen bestimmter Verhaltensweisen, Fähigkeiten und Kenntnisse altersabhängig?**

Der entwicklungsbedingte Lernprozess (das „Heranreifen“) ist eindeutig altersabhängig. In der Pubertät z.B. entwickelt sich ein stärkeres Interesse am anderen Geschlecht und die Jugendlichen lernen auch zunehmend mit diesem umzugehen. Wie steht es mit den Verhaltensweisen, Fähigkeiten und Kenntnissen, die normaler Bestandteil der „kulturellen Erziehung“ sind? Entschlossenheit, Teamwork und Farben lernen wir beispielsweise im Kindergarten. Wie steht es mit dem Lesen, dem Erlernen einer zweiten (oder dritten) Sprache, dem Elternsein, mit Führungskompetenz, Toleranz, Windsurfen, Klavier- oder Schachspielen, Integralrechnung, erster Hilfe, Kochen, Problemlösung,

---

4. J.T. Bruer (Originalausgabe 1999), *Der Mythos der ersten drei Jahre: Warum wir lebenslang lernen*, Beltz, Weinheim.

Selbstbewusstsein, Tanzen usw.? Ist das menschliche Gehirn für einige dieser Bereiche in einem bestimmten Alter besonders empfänglich? Und wenn ja, warum und wie?

## 6. Warum ist es so schwer, versäumte Bildung nachzuholen?

Diese Frage ist vielleicht das Gegenstück zur vorangegangenen. Für Kinder, die Entwicklungsstadien verpassen – z.B. auf Grund einer Verletzung oder Misshandlung –, ist es schwer, sie später nachzuholen. Wer mit zehn Jahren nicht gehen oder sprechen kann, wird damit wohl immer Schwierigkeiten haben. Wird das Gehirn mit der Zeit auch weniger empfänglich für andere Formen des Lernens, insbesondere aus dem Bereich der „kulturellen Erziehung“?

## 7. Was kann über verschiedene „Lernstile“ gesagt werden?

Die Schlüsselfrage lautet offenbar, ob die unterschiedlichen Arten zu lernen angeboren sind oder ob sie während des Prozesses des Heranwachsenden entwickelt oder erlernt werden. Häufig wird gesagt, dass manche Menschen lieber über das optische oder das akustische Sensorium lernen, andere wiederum lieber durch Tasten und Fühlen. In Wirklichkeit ist es wohl eher so, dass wir alle jeweils einer unterschiedlichen Kombination dieser Lernstile den Vorzug geben<sup>5</sup>. Andere Theorien zur Idee der verschiedenen Lernstile unterscheiden zwischen schrittweise Lernenden, solchen, die mit dem Ende beginnen, den reflektierenden und den experimentellen Lernenden, solchen, die eine Vorliebe für einen oder mehrere Bereiche haben (z.B. für Sprachen, Zahlen, Musik), sozialen und individuellen Lernenden usw. Bislang gibt es noch keine kohärente Theorie der Lernstile<sup>6</sup>. Welche Antworten kann die Gehirnforschung auf diese Frage geben?

## 8. Was ist Intelligenz?

Die IQ-Theorie spielt seit einem Jahrhundert, wenn nicht schon länger, in der Pädagogik eine dominierende Rolle. In einer extremen, stark vereinfachten und populären Form scheint sie zu postulieren, dass unsere Intelligenz eine von Geburt an festgelegte Einheit ist, die unserem Lernpotential eine Art unsichtbare Grenze setzt. Dies ist sicherlich eine unangemessene und ungenaue Beschreibung der menschlichen Intelligenz. Dennoch scheinen manche Menschen in der Lage zu sein, schneller zu lernen als andere – oder vielleicht können sie *manche Dinge* schneller lernen als andere? Welcher Unterschied besteht zwischen den Gehirnen von Kindern, die wir etwas vorschnell als „dumm“ oder als „klug“ bezeichnen? Besitzen wir „multiple Intelligenzen“ oder nur eine?

- 
5. Der gesunde Menschenverstand sagt uns auch, dass der Lernstil nicht nur vom Subjekt (dem Lernenden), sondern auch vom Objekt (dem Lernstoff) und von der Art und Weise abhängt, wie der Lernende mit dem Lernstoff umgeht.
  6. Das OECD-Sekretariat möchte sich klar von jeglichen Interpretationen dieser Publikation distanzieren, die ausgehend von der Idee individueller Unterschiede in der Ausbildung des Gehirns und unterschiedlicher Lernstile womöglich eine Verbindung zwischen bestimmten Genen und dem IQ herzustellen suchen und damit auf eine rassistische Diskriminierung einzelner oder mehrerer Gruppen innerhalb der menschlichen Gemeinschaft hinauslaufen könnten. Derartige Auslegungen sind zu verwerfen, und die Autoren beabsichtigen in keiner Weise, auf solche Anschauungen einzugehen, weder in dieser Veröffentlichung noch in den weiteren Studien, die im Bereich der Gehirnforschung und der Lernwissenschaften durchgeführt werden sollen.

## 9. Was ist emotionale Intelligenz?

Wenn das limbische System des Gehirns (unter anderem) der Sitz der Emotionen ist und das kortikale System der des Denkvermögens, was heißt es dann, von „emotionaler Intelligenz“ zu sprechen? Bezieht sich dieser Begriff auf den natürlichen Reifungsprozess unserer Emotionen oder handelt es sich um eine Frage ihrer Heranbildung oder ihres Erlernens? Wie verhält es sich mit dem Paradox, das darin besteht, dass die IQ-Theorie wenig plausibel erscheint, sich der IQ jedoch messen lässt, während die „emotionale Intelligenz“ nicht messbar ist, für uns aber eine wesentlich befriedigendere und passendere Idee darstellt?

## 10. Wie entsteht Motivation?

Was lehrt uns die Wissenschaft über unsere Vorlieben und Abneigungen? Warum unterscheiden sich die Menschen in Bezug auf das, was sie interessiert, sie aufregt, langweilt oder abstößt? Was macht im Gehirn den Unterschied zwischen „etwas wollen“ und „etwas wirklich wollen“? Was geschieht, wenn sich unsere Motivation ändert – oder wenn uns andere dazu anspornen, auf ein neues Ziel hinzuarbeiten?

So wichtig diese Fragen sind, könnten sie doch zu allgemein gehalten sein. Gewiss können Berichte wie dieser wertvolle Erkenntnisse bringen, man kann jedoch nicht erwarten, dass sie eine präzise abgesteckte „neue Kartographie“ des Lernprozesses liefern. Wovon man indessen ausgehen kann ist, dass sie den derzeitigen Status quo in Frage stellen werden. Je mehr wir über das menschliche Gehirn erfahren, und vor allem über die Entwicklung in den ersten Lebensjahren, umso weniger erscheint uns das herkömmliche Modell des Unterrichts im Klassenverband und der vorgeschriebenen Lehrpläne der formalen Bildung als eine befriedigende Lösung. In besonderem Maße empfinden wir dies z.B. wenn wir die jeweiligen Vorteile verschiedener Alternativen zu bewerten suchen: bei Säuglingen Betreuung durch die Mutter und durch institutionelle Einrichtungen, bei Kindern Hausunterricht und Teilnahme am regulären Bildungssystem, bei Heranwachsenden natürliche Interessen und die Zwänge eines nationalen Lehrplans. Es scheint fraglich, ob die gegenwärtigen Regelungen für die Bildung junger Menschen ideal sind, um Phantasie und Kreativität<sup>7</sup>, Selbständigkeit und Selbstvertrauen zu fördern. Für alle Altersgruppen – speziell aber für junge Menschen – ist es notwendig, die Bedeutung des Spiels, die Rolle von Stress (sowohl als Ansporn als auch als Bedrohung) und die Konsequenzen der menschlichen Diversität neu zu durchdenken. Diese Liste ließe sich noch weiter fortsetzen.

---

7. Während des Tokyo-Forums wies Dr. Akito Arima (mit Blick auf die Ergebnisse der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftlichen Studie – TIMSS) auf die Notwendigkeit hin, den Schülern schon in einem frühen Alter eine kreative Geisteshaltung zu vermitteln (vgl. Tokyo-Report auf der OECD-Website: [www.oecd.org/pdf/M00022000/M00022657.pdf](http://www.oecd.org/pdf/M00022000/M00022657.pdf)).

# Inhaltsverzeichnis

Dank

Einführung

## *Teil I* **Prämissen**

### *Kapitel 1* **Das Bildungsumfeld**

- 1.1 Warum und wer
- 1.2 Was und wann
- 1.3 Wie und wo

### *Kapitel 2* **Orientierungshilfen der kognitiven Neurowissenschaft für Bildungspolitik und -praxis**

- 2.1 Der Beitrag der kognitiven Neurowissenschaft
- 2.2 ... zur Bildungspolitik

## *Teil II* **Kognitive Neurowissenschaft und Bildung**

### *Kapitel 3* **Die drei Foren**

- 3.1 Gehirnmechanismen und Lernen in der Kindheit: das Forum von New York
- 3.2 Gehirnmechanismen und Lernen in der Jugend: das Forum von Granada
- 3.3 Gehirnmechanismen und Lernen im Alter: das Forum von Tokio

### *Kapitel 4* **Lernen aus neurowissenschaftlicher Sicht**

- 4.1 Grundsätze der Gehirnorganisation und neuronalen Informationsverarbeitung
  - 4.1.1 Neuronen, geistige Zustände, Wissen und Lernen
  - 4.1.2 Funktionale Organisation
- 4.2 Forschungsinstrumente, Methoden und Auswirkungen auf das Bildungswesen: die Effekte der Gehirntomographie
- 4.3 Sprache und Mathematik
  - 4.3.1 Spracherlernung
  - 4.3.2 Lesekompetenzen
  - 4.3.3 Mathematische Kompetenzen
- 4.4 Emotionen und Lernen
  - 4.4.1 Das emotionale Gehirn
  - 4.4.2 Emotionale Steuerung und bildgebende Verfahren
  - 4.4.3 „Bewusste Kontrolle“ (effortful control): eine Bildungsvariable
- 4.5 Das lebenslang lernende Gehirn
  - 4.5.1 Altern und Krankheit: Alzheimer-Krankheit und senile Depression
  - 4.5.2 Körperliche Fitness und kognitive Vitalität
  - 4.5.3 Plastizität und lebenslanges Lernen
- 4.6 Neuromythen
  - 4.6.1 Trennung von Wissenschaft und Spekulation
  - 4.6.2 Dominanz oder Spezialisierung der Hemisphären
  - 4.6.3 Synaptische Entwicklung, „bereichernde“ Umfeldler und „kritische“ Phasen

*Teil III*  
**Schlussbetrachtungen**

**Kapitel 5 Wie es weitergeht**

- 5.1 Der Weg hin zu einer neuen, auf einen transdisziplinären Ansatz gestützten „Wissenschaft des Lernens“
- 5.2 Die nächsten Etappen: Aufbau von Forschungsnetzwerken
  - 5.2.1 Forschungsarten und -methoden
  - 5.2.2 Drei Forschungsbereiche
  - 5.2.3 Drei Forschungsnetzwerke: Aufbau und erwartete Ergebnisse

**Anhang: Die Programme der drei Foren**

**Literaturverzeichnis**

**Glossar**

**Index**

**Die vorliegende Kurzfassung enthält die Übersetzung von Auszügen aus:  
Understanding the Brain – Towards a new learning science  
Comprendre le cerveau: Vers une nouvelle science de l'apprentissage  
© 2002, OECD.**

OECD-Publikationen und -Kurzfassungen (Overviews) sind verfügbar unter:

[www.oecd.org/bookshop/](http://www.oecd.org/bookshop/)

Geben Sie im Online-Buchladen im „Title Search“-Suchfeld „Overview“ oder den englischen Titel der Veröffentlichung ein (es besteht systematisch ein Link zwischen den Kurzfassungen und der englischen Originalfassung ).

Die Kurzfassungen werden von der Abteilung Rechte und Übersetzungen,  
Direktion Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation, ausgearbeitet.

E-Mail: [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org) / Fax: +33 1 45 24 13 91



© OECD, 2003

Die Wiedergabe dieser Kurzfassung ist unter Angabe der Urheberrechte der OECD  
sowie des Titels der Originalausgabe gestattet.