

Erwin Rauscher (Hg.)

Pädagogik  
*für*  
Niederösterreich

Festschrift zur  
Gründung der



Eigentümer und Medieninhaber:  
Pädagogische Hochschule Niederösterreich  
Mühlgasse 67, A 2500 Baden

Alle Rechte vorbehalten

Printed in Austria – 2007  
Redaktion: Erwin Rauscher  
Text, Gestaltung und Layout: Erwin Rauscher  
Druck: Druckerei Philipp GmbH, Grabengasse 27, A 2500 Baden

ISBN: 978-3-9519897-0-9

Petra Gössinger

# Neuronale Netzwerke, gefangen in schulischen Konstrukten der Gegenwart

Denkanstöße zur Unterrichts- und Schulentwicklung aus dem Bereich der Neurowissenschaften

*Der vorliegende Artikel beleuchtet die Notwendigkeit einer umfassenden Schul- und Unterrichtsreform aus neurowissenschaftlicher Sicht. Vor allem die Themenbereiche Arbeits- und Langzeitgedächtnis, Exekutive Funktionen des Planens und Handelns, Aspekte der Ausprägung der Synapsenstärke durch vernetztes Denken sowie Lernen im positiven emotionalen Kontext werden angesprochen und anhand von Beispielen erläutert.*

*„Nicht weil die Dinge schwierig sind, wagen wir sie nicht, sondern weil wir sie nicht wagen, sind sie schwierig!“  
(Seneca)*

## 1 Ist und Soll in der gegenwärtigen Schullandschaft

Im Zeitalter der neuen Medien, der Globalisierung, eines multikulturellen Gesellschaftssystems und unterschiedlichster Vorbildung von Kindern im Kindergarten- und Vorschulalter wachsen die Anforderungen an das System Schule exponentiell und scheinen Monat für Monat an Komplexität zuzunehmen. PädagogInnen sehen sich mit einer Flut grundlegender Herausforderungen konfrontiert:

- ⇒ Wie gelingt es, den heterogenen Lernvoraussetzungen, den unterschiedlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten aller SchülerInnen gerecht zu werden?
- ⇒ Wie wird allen Kindern unseres Landes das größtmögliche Ausmaß an Förderung zuteil?
- ⇒ Wie muss Lernen und Lehren gestaltet sein, um Heranwachsende zu kritischem Denken, selbstständigem Urteilen und Entscheiden zu befähigen und sie so bestmöglich auf die Anforderungen des lebenslangen Lernens in der Berufs- und Arbeitswelt vorzubereiten, dabei jedoch zu frühe Stigmatisierung und Vergabe von Bildungschancen weitgehend zu verhindern?

Antworten auf diese Fragen können nur durch stringente Überlegungen im Rahmen von Unterrichts- und Schulentwicklungsprozessen gefunden werden. Sämtliche Aktivitäten in den Klassen sowie in der Schule im Allgemeinen müssen sich den Aufbau einer lernenden Gemeinschaft zum übergeordneten Ziel setzen.

Persönliche Erfahrungen der Autorin zeigen, dass LehrerInnen diese Verantwortung höchst unterschiedlich wahrnehmen. Generell fließen Wagnis und Mut zu Neuem in den alten, verkrusteten Schulstrukturen nur spärlich in den Alltag ein. Die dadurch auftretenden Schwierigkeiten werden immer größer und scheinen oft kaum bewältigbar. In Gesprächen mit LehrerInnen zeigen sich sehr unterschiedliche Bilder der Schulwirklichkeit und differente Zugänge zu den gegenwärtigen Herausforderungen:

- ⇒ Einige KollegInnen arbeiten durch überlegte Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen zielstrebig an der Verwirklichung konstruktiver Lösungsansätze.
- ⇒ Andere wiederum erproben wahllos unterschiedlichste Konzepte und Programme, was nicht selten in unkontrolliertem Aktionismus endet. Lehren und Lernen in seiner Gesamtheit wird von der Mächtigkeit einzelner Schwerpunkte überlagert.
- ⇒ Ein weiterer Teil klammert sich an neuartige Unterrichtskonzepte wie ein Ertrinkender an einen rettenden Strohhalm und erhofft sich von rezeptartigen Vorgaben die Lösung aller Probleme.
- ⇒ Etliche halten strikt an alten Methoden fest, verwerfen jede neue Strömung und verteidigen ihre LehrerInnenrolle als die des autoritären Wissensvermittlers mit Heftigkeit.

Die Begleitung junger Menschen auf ihrem Weg ins Erwachsenenalter ist eine großartige Aufgabe. Sie kann nicht bewältigt werden, wenn sie von starren Grundeinstellungen in einem trägen System geprägt ist, in dem sich die Tiefenstrukturen von Wissensvermittlung und erzieherischem Handeln kaum ändern.

Die Neurowissenschaften können einen Beitrag leisten, wenn es darum geht, die derzeitigen schulischen Konstrukte zu hinterfragen, die Zielsetzungen von Lehren, Lernen und Erziehung zu überdenken und Änderungen herbeizuführen. Im Hinblick auf den Ablauf neuronaler Prozesse kommen die gegenwärtigen Schulstrukturen eher einem Gefängnis gleich, statt eine Entfaltung in Freiheit zu fördern.

Die Erkenntnisse der Neurowissenschaften werden von vielen LehrerInnen noch aus skeptischer Distanz betrachtet. Bei einigen regt sich die Hoffnung, endlich den Schlüssel zur Lösung der gegenwärtigen Probleme in der Schule finden zu können.

Tatsächlich bedeutet jedoch gehirngerechtes Lehren und Lernen kein neues didaktisches Konzept, kein Modell zur Umgestaltung des Unterrichts. Vielmehr liefert diese Art, Lernprozesse zu unterstützen, die biologischen Argumente für einen erfolgreichen schülerInnenorientierten Unterricht. Neurowissenschaftliche Konzepte zeigen auf, dass die biologisch fundierte Entwicklung des kindlichen Gehirns und damit des kindlichen Denkens durch entsprechende Inhalte altersadäquat unterstützt werden soll und schaffen so eine solide Basis für eine systematische, wissenschaftlich begründete und sinnvolle Schulentwicklung.

Wenn auch die Erkenntnisse der Neurowissenschaften keine direkt umsetzbaren Rezepte für Schule und Unterricht anbieten, so kann dennoch ein innovatives Schulkonzept das Wissen um die Art und die Bedingungen des Lernens nicht ignorieren.

## 2 Neurobiologische und -psychologische Abläufe als Grundlage der Schul- und Unterrichtsentwicklung

Auf welchen neuropsychologischen Funktionsbereichen basiert erfolgreicher Wissenserwerb? In der Fachliteratur werden dafür unterschiedliche Dispositionen aufgezeigt, die übereinstimmend in ...

- ⇒ Aufmerksamkeit
  - ⇒ Lernen und Gedächtnis
  - ⇒ Wahrnehmung
  - ⇒ Räumliche Leistungen
  - ⇒ Sprache
  - ⇒ Planen und Handeln
- gesplittet werden.<sup>1</sup>

Wenn es auch verlockend wäre, den Stellenwert jeder einzelnen neuropsychologischen Funktion für den Wissenserwerb zu diskutieren und daraus Konsequenzen für Lehrende und Lernende abzuleiten, wird in diesem Artikel schwerpunktmäßig auf Lernen und Gedächtnis sowie Planen und Handeln eingegangen. Darüber hinaus erfolgen Reflexionen über die Bedeutung der Nutzung neuronaler Netzwerke und des angstfreien Lernens.

### 2.1 Lernen und Gedächtnis

In den 70er Jahren beschreiben GedächtnisforscherInnen das Kurzzeitgedächtnis (KZG) als ein einheitliches, areales System, das über eine begrenzte Speicher- und Verarbeitungskapazität verfügt. Überlegungen, wie umfangreiche Wissensinhalte sinnvoll strukturiert werden müssen, damit sie in den Kurzzeitspeicher gelangen, dominieren fast alle Lernratgeber.

Anfang der 80er Jahre wird in Experimenten festgestellt, dass das KZG auch verarbeitende Funktion erfüllt, die Annahme eines eindimensionalen Arbeits- und Kurzzeitgedächtnisses ist nicht mehr zu halten. Neue Prämissen werden generiert, die Konzeption eines mehrsystemischen Arbeitsgedächtnisses entsteht:

- ⇒ Das Arbeitsgedächtnis (AG) ist ein komplexes und flexibles System
- ⇒ Neben dem kurzfristigen Behalten übernimmt es auch die Aufgabe des längerfristigen Haltens und Manipulierens von Informationen
- ⇒ Es gibt ein zentrales Steuersystem zur Verwaltung der Vorgänge im AG
- ⇒ Hilfssysteme unterstützen diese Leitzentrale

Das ‚Urmodell‘ von Baddeley stellt die zentrale Exekutive ins Zentrum der Betrachtungen<sup>2</sup> und definiert als Elemente des AG die zentrale Exekutive, den räumlich-visuellen Notizblock und die artikulatorische Schleife.

- ❖ Die zentrale Exekutive ist eine Kontrolleinheit, der das Speichermanagement sowie die Verbreitung und Integration von Informationen über Hilfssysteme unterliegen und die für den Abruf der Inhalte aus dem Langzeitgedächtnis (LZG) zuständig ist.
- ❖ Der räumlich-visuelle Notizblock ist für das Erstellen, Speichern und Verarbeiten von visuell-räumlichen Informationen zuständig, die entweder direkt aus der Wahrnehmung

oder indirekt aus der Erinnerung erzeugt werden.

- ❖ Die artikulatorische Schleife beinhaltet einen phonologischen Kurzzeitspeicher für sprachbasierte Informationen mit einer zeitlichen Beschränkung von 2s sowie den artikulatorischen Kontrollprozess. Dieser steuert inneres Sprechen und bewahrt eine begrenzte Menge an sprachlichen Informationen durch inneres oder hörbares Sprechen kurzfristig vor dem Zerfall.

2001 modifiziert Baddeley sein Modell und erweitert es um die Komponente des episodischen Speichers. Dieser arbeitet multimodal und verarbeitet episodisches Material einschließlich räumlicher und zeitlicher Komponenten.

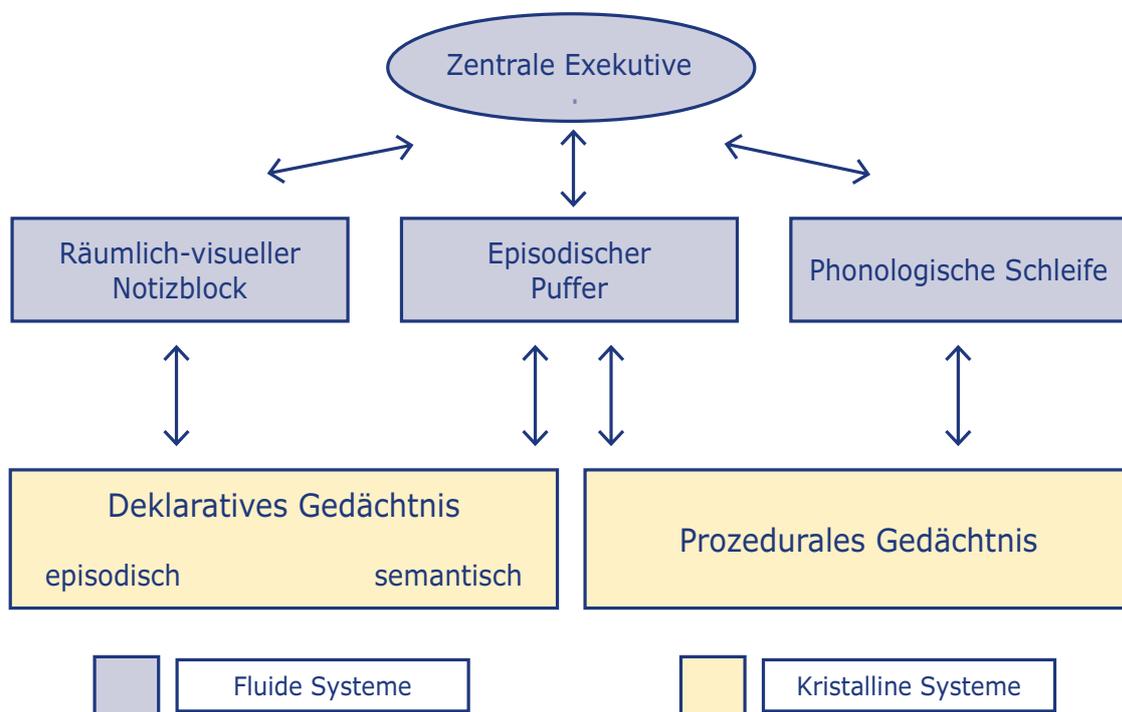


Abb: Schematische Darstellung des Gedächtnisses nach G. Repovs/A. Baddeley<sup>4</sup>

Wenn Informationen nicht als bedeutungslos beurteilt oder sofort verworfen werden, gehen sie mittels Lernprozessen vom KZG in das LZG über. Dieses wird in zwei Subsysteme (deklarativ und prozedural) unterteilt, von denen sich wiederum beide in jeweils zwei weitere Untersysteme gliedern.

- ⇒ Das deklarative Gedächtnis subsumiert ein episodisches und ein semantisches Gedächtnis.<sup>3</sup>
- ⇒ Das episodische Gedächtnis enthält räumlich-zeitlich gebundene Informationen, z.B. die Erinnerung an Ereignisse.
- ⇒ Das autobiographische Gedächtnis – als Sonderform des episodischen – speichert individuelle Ereignisse und Erfahrungen.
- ⇒ Das semantische Gedächtnis birgt nicht räumlich-zeitlich gebundenes Faktenwissen.
- ⇒ Das prozedurale Gedächtnis umfasst Inhalte, deren Aneignung auf Lernvorgängen oder Konditionierungsprozessen beruhen.

Erinnerungen können frei abgerufen oder wieder erkannt werden, gespeicherte Informationen aus dem LZG ins Arbeitgedächtnis übertragen und verfügbar gemacht werden.

Was lässt sich von diesem Wissen über Gedächtnis für effiziente Unterrichtsentwicklung ableiten?

Eine typische Aufgabe der Primarstufe, bei der die Beteiligung des AG von zentraler Bedeutung ist, stellt das Lösen einer Kopfrechenaufgabe dar. Hierbei ist zum einen die Aufgabenstellung selbst, zum anderen der Lösungsweg im Auge zu behalten, während die Zwischenergebnisse kurzzeitig gespeichert werden müssen.

Die Schnittstelle zwischen Gedächtnis und Aufmerksamkeit bildet die zentrale Exekutive, die eine fortlaufende Plausibilitätsbegründung der jeweiligen Zwischenergebnisse vornimmt bzw. den Rechenprozess unterbricht, wenn unwahrscheinliche Ergebnisse erzielt werden.<sup>5</sup>

Eine Durchsicht der Mathematikbücher und viele Unterrichtsbeobachtungen meinerseits resultieren in der Erkenntnis, dass im traditionellen Mathematikunterricht statisches Faktenwissen und Fertigkeiten unreflektiert vermittelt und trainiert werden.

Eine bestimmte Anzahl gelöster Rechnungen in einer vorgegebenen Zeiteinheit dient in der Primarstufe häufig als Beurteilungsgrundlage, aber auch in weiterführenden Schulen stützt man sich auf die Überprüfbarkeit von Rechenfertigkeiten. SchülerInnen werden mit mathematischen Knobelien, Denkaufgaben, Problemen nur dann konfrontiert, wenn am Ende des Schuljahres Zeitlöcher zu füllen sind.

Die Aktivierung der zentralen Exekutive durch Kopfrechenübungen, Aufgabenstellungen, die Problemlösekompetenz bzw. Reflexionsfähigkeit fordern, stellen Schwerpunkte in einem neuwissenschaftlich orientierten Mathematikunterricht der Gegenwart dar und sollen nicht in Randbereiche gedrängt werden.

Die simultane Verarbeitungs- und Speicherfunktion des AG erweist sich bei Sprachverständnisprozessen als bedeutsam. Beim Zuhören müssen sowohl der aktuelle Gesprächsinhalt als auch die vorausgegangene Information präsent sein. Ein Wort, eine Formulierung kann unterschiedliche Bedeutung besitzen, die erst im Gesamtzusammenhang eines Satzes sowie der vorausgegangenen oder nachfolgenden Information verständlich wird. Verstehen verlangt aber auch, die syntaktische Struktur der Sätze zu beachten.<sup>6</sup>

Die Schulung des Sprachverständnisses durch Diskussions- und Argumentationsrunden, der Wissenserwerb durch mündliche Auseinandersetzung mit fachspezifischen Inhalten in Peer Groups, mit ExpertInnen, auch mit Eltern, muss zentrales Anliegen im Unterrichtsprozess sein und darf keinesfalls zu einem einmaligen Highlight innerhalb eines Schuljahres werden.

Inneres oder hörbares Sprechen als Grundlage des artikulatorischen Kontrollprozesses ist unumgänglich, um sprachliche Informationen kurzfristig vor dem Zerfall zu bewahren. Beschränkt sich der Einsatz neuer Medien im Bereich der Sekundarstufen I und II auf das Vorführen exzellent gestalteter PowerPoint-Präsentationen, kann die Information im AG nicht verarbeitet und somit auch nicht im LZG gespeichert werden. Den Sinn solcher einmaligen Darbietungen möge der/die LeserIn selbst beurteilen.

Ab dem fünften Lebensjahr wird das langfristige Behalten von Ereignissen durch den Einsatz von Sprache ermöglicht. Während des Erzählens wird dafür ein kognitiver Rahmen aus Kontexten, Zeiten und Orten geschaffen.

Kognitiv orientierte GedächtnisforscherInnen betonen, dass Kinder ab dem sechsten Lebens-

jahr beginnen, Speicher- und Erinnerungsstrategien gezielt einzusetzen. Der Gebrauch geeigneter Gedächtnisstrategien lässt die Einspeicherung der Inhalte unter Berücksichtigung möglichst vieler wichtiger Stimulusmerkmale vollständiger erfolgen und erleichtert ihre Reproduktion.<sup>7</sup>

Die Empfehlung, gezielte Gedächtnisstrategien bereits in der Primarstufe zu vermitteln, würde in weiten Teilen der LehrerInnenschaft auf Erstaunen stoßen oder bis hin zur Ablehnung führen. ‚Lernen lernen‘ als unverbindliche Übung wird zumeist erst in der Sekundarstufe I angeboten – viel zu spät für eine Reihe von SchülerInnen, die bereits an den extrem hohen Quantitätsanforderungen einiger Schulfächer gescheitert sind.

Im Zuge der Änderung von Schul- und Unterrichtsstrukturen gilt es daher, die Vermittlung neuer Gedächtnisstrategien als Grundlage des Lernens auf der Basis neurobiologisch fundierter Erkenntnisse in den Gestaltungsprozess mit einzubeziehen und die Modalitäten für ihre Realisierung im Unterricht zu schaffen.

Anhand der exemplarisch ausgewählten Beispiele soll aufgezeigt werden, dass Unterricht mehr sein muss als rezeptives Aufnehmen der Wissensinhalte vergangener Jahrhunderte. Neurowissenschaftlich basiertes Lehren und Lernen ermöglicht es, alle funktionellen Systeme unseres Gedächtnisses zu nutzen!

Lernen als Voraussetzung für Fortschritt und gesellschaftliche Weiterentwicklung darf nicht in traditionellen, veralteten Unterrichtskonzepten erfolgen, der Slogan ‚Unterricht neu denken‘ soll keine leere Worthülse bleiben, sondern zentrale Prämisse der LehrerInnenausbildung und -fortbildung werden.

Es ist Pflicht aller Lehrenden im 21. Jh., dynamische Kompetenzen zu vermitteln, Nachhaltigkeit als zentrales Prinzip der Unterrichtsgestaltung zu begreifen und für jede Unterrichtseinheit zu definieren und zu realisieren. Dieser Verantwortung darf sich kein/e LehrerIn, kein Mitglied der Schulaufsicht, kein/e BildungsexpertIn entziehen.

## 2.2 Planen und Handeln

Seit einigen Jahren machen WissenschaftlerInnen vermehrt auf die zunehmende Alltagsrelevanz höherer Denk- und Planungsprozesse aufmerksam und beschreiben diese durch das Konstrukt der exekutiven Funktionen.

❖ Unter den exekutiven Funktionen (EF) werden Metaprozesse verstanden, die kognitive Abläufe durch Informationsselektion, Fokussierung auf bestimmte Inhalte und Zuteilung kognitiver Ressourcen steuern, optimieren und in enger Verbindung mit dem AG stehen.

Der jeweiligen situativen Bedingung entsprechend werden Teilkomponenten der EF aktiviert:

- ⇒ *Attention and Inhibition* als eine Teilkomponente der EF ermöglicht die Fokussierung der Aufmerksamkeit auf aufgabenrelevante Informationen sowie die Hemmung irrelevanter Anteile.
- ⇒ Das *Task Management* ist für die Erstellung eines Ablaufschemas für komplexe Handlungen verantwortlich.
- ⇒ Die mentale Konfiguration von Teilprozessen und Subsystemen zur übergeordneten Zielerreichung erfolgt über *Planning*.

- ⇒ *Monitoring* macht die Aufrechterhaltung des Handlungs bogens (flow) durch die handlungsbegleitende Prüfung und Überwachung der Durchführung möglich. Es schafft die Voraussetzungen für die Aktualisierung der Inhalte im AG sowie die Bestimmung des jeweils folgenden Schrittes einer Handlungssequenz.
- ⇒ Die Bewertung und Protokollierung der externen Ereignisse und internen Parameter im AG und Schaffung einer Grundlage im prospektiven Gedächtnis für nachfolgende Handlungen obliegt dem *Coding*.<sup>8</sup>

Die funktionellen Systeme der Handlungsplanung entwickeln sich in der späten Kindheit. Erst um das sechste Lebensjahr bildet sich das Quellengedächtnis, eine einfache Form des Metagedächtnisses, aus.

Der Abschluss der Entwicklung der neuroanatomischen Korrelate der EF im Frontallappen – die vollständige Ausbildung des präfrontalen Cortex und des Hippocampus als Basis für höhere kognitive Leistungen in Denk- und Planungsprozessen – wird einem Entwicklungsalter von 12 bis 14 Jahren zugeschrieben.

Aus diesen Vorgaben darf jedoch keinesfalls abgeleitet werden, dass die Fähigkeit zum Planen erst ab dem 12. Lebensjahr genutzt werden kann. Bereits in der Primarstufe sollen SchülerInnen mit einfachen Aufgaben konfrontiert werden, die strukturiertes Denken und den Einsatz von EF erfordern.

Planungs- und Handlungsfähigkeit lassen sich anhand von Alltagsaufgaben entwickeln, indem die Lernenden aufgefordert werden, z.B. den Ablauf eines Einkaufs zu dokumentieren, die Zubereitung einer Speise zu beschreiben oder eine Bahnreise ins Inland zu planen. Der Phantasie der LehrerInnen ist bei der Suche nach geeigneten Beispielen keine Grenze gesetzt.

Aber auch schulspezifische Aufgabenstellungen, die nicht dem direkten Erfahrungsbereich der Kinder entstammen – z.B. vorbereitende Schritte zur Lösung einer Textaufgabe sowie Vorüberlegungen zur Durchführung von Experimenten im Sachunterricht – sind mit Hilfe kleiner Denkanstöße durch den Lehrenden bewältigbar und heben sich qualitativ deutlich von unreflektierten Abschreibübungen ab. Ob die Lösungswege aufgezeichnet, geschrieben oder jemandem erzählt werden, ist nebensächlich, weil in jedem Fall die einzelnen Teilschritte geplant und hinterfragt werden müssen.

SchülerInnen der Sekundarstufe sind fähig, sich von Vorgaben zu lösen und selbstständig Planungen zu generieren. Projekte, Experimente können geplant und von den Jugendlichen ausgeführt werden, im Unterricht lässt sich Wissen durch Anwendung in alltagsnahen Aufgabenstellungen vertiefen. Das Aufstellen eines Finanzierungsplans für die Zukunft unter Berücksichtigung der Ausbildungskosten für die Kinder, Kosten für die Beschaffung von gewünschten Wirtschafts- oder Konsumgütern und Rücklagen für den Ruhestand wird für manche SchülerInnen eine herausfordernde und motivierende Aufgabenstellung bedeuten. Darüber hinaus ist es unerlässlich, in den Unterricht Transformationsaufgaben einzubauen, die eine interne Programmierung neu auszuführender Verhaltensabläufe verlangen.<sup>9</sup>

Die gezielte Aktivierung der EF ist zentraler Bestandteil moderner Wissensvermittlung und -anwendung. Sie verlangt eine adäquate Auswahl geeigneter Themenbereiche aus dem weiten Feld aller Lehrplaninhalte. Eine unverzichtbare Aufgabe, die nicht dem Argument einer damit verbundenen Reduzierung der Stoffquantität zum Opfer fallen darf.

## 2.3 Neuronale Netzwerke

Das Gehirn besteht aus Nervenzellen, den Neuronen, und aus Faserverbindungen zwischen ihnen. Die Übertragung der Nervenimpulse von einem Neuron zum anderen geschieht an der Synapse. Beim Eintreffen eines Impulses verschmelzen kleine Bläschen, die Neurotransmitterstoffe enthalten, mit der Synapsenwand, wodurch der Neurotransmitter freigesetzt wird und seinerseits die nachfolgende Zelle erregt.

Die Stärke der Übertragung – ob ein Impuls einen großen oder kleinen Effekt auf die Erregung des nachfolgenden Neurons hat – ist von der Stärke der synaptischen Verbindung abhängig. Der gleiche Impuls kann an verschiedenen Synapsen unterschiedlich wirken – starke synaptische Verbindungen rufen eine starke Erregung hervor, bei schwacher Verbindung werden nur wenige Transmitterstoffe freigesetzt, durch die geringe Erregung generiert das Neuron selbst keinen Impuls, die Weiterleitung unterbleibt.

Lernen geschieht durch Modifikation der synaptischen Übertragungsstärke. Je mehr Synapsen im neuronalen Gewebe der Gehirnrinde aktiviert werden können, desto eher findet eine Veränderung der Synapsenstärke und damit Lernen statt. Für das Abrufen von Informationen sind die Vernetzung der Neuronen und insbesondere die Stärke der synaptischen Verbindungen zwischen Neuronen entscheidend.

Eine Vergrößerung der Stärke der synaptischen Verbindungen kann durch oftmaliges Üben, Wiederholen bzw. Memorieren erfolgen. Das Gehirn braucht dazu eine Vielzahl von Beispielen anhand derer die Inhalte immer wieder angewendet werden können, um vom AG ins LZG überzugehen und von dort aktualisiert zu werden.<sup>10</sup>

Das Lernen von einzelnen Fakten, das Wissen von Einzelheiten ist nicht nur aufwändig, es ist auch unnötig, weil das Gehirn auf das Lernen allgemeiner Kenntnisse spezialisiert ist, die in spezifischen Situationen umgesetzt werden können. Dies geschieht durch Verarbeitung unzähliger Beispiele, aus denen Eigenschaften und Strukturmerkmale abgeleitet werden.<sup>11</sup>

Demnach erschöpft sich Lernen nicht im diskontinuierlichen Memorieren von Einzelfakten. Diese stellen nur die Basis für das Erkunden und Erfragen von Kausalzusammenhängen und Verstehen von Gesetzmäßigkeiten der Umwelt dar. Lernen, das die neurobiologischen Gegebenheiten nützt, schult das Denkvermögen und befähigt, begründbare Entscheidungen zu treffen und argumentativ zu urteilen.

Dynamischer Unterricht, der gehirngerechtes Lehren und Lernen zulässt, indem Inhalte in Beziehung gesetzt und durch sinnvolles Wiederholen vertieft werden, verstärkt neuronale Netzwerke. Eine Schule, in der im 50-Minuten-Korsett fachspezifische Inhalte unterschiedlichster Art weitgehend zusammenhangslos dargeboten werden, kann diesem Anspruch nicht gerecht werden.

## 2.4 Angstfreies Lernen als Motor schulischer Lernkultur

Zur Klärung der Ursache von Ängsten im Lern- und Leistungsbereich werden vor allem kognitive Theorien herangezogen. Bei der Entstehung und Aufrechterhaltung von Emotionen wirkt nicht so sehr ein mögliches negatives Ereignis angstinduzierend, die Angst wird vielmehr durch die subjektive Einschätzung einer Situation ausgelöst. Inadäquate kognitive Strukturen und fehlerhafte Informationsverarbeitungsprozesse erhalten die Angst aufrecht, wiederholte Misserfolge sind vorprogrammiert. Es entwickeln sich handlungsirrelevante Kog-

nitionen, die um die vergangenen negativen Erlebnisse kreisen und negative Emotionen wie Angst, Depression und Resignation auslösen. Eine reziproke Beeinflussung von Emotionen und Leistungsminderung ist wahrscheinlich.

Positive Emotionen – Lernfreude, leistungsbezogene Hoffnung, Stolz – können gepaart mit motivationalen Maßnahmen positive Effekte auf die Lernleistung ausüben, negative Emotionen – Angst, Ärger – beeinträchtigen oder hemmen.<sup>12</sup>

Eine Vielzahl von Studien befasst sich mit inhaltlich bedingten Verzerrungen in der Informationsverarbeitung bei Angsteinflüssen. Als gesichert gilt die ablenkende Wirkung angstbesetzter Reize, die Verschiebung von Verarbeitungsprozessen zugunsten bedrohlichen Materials im Sinne einer verstärkten Aufmerksamkeitsfokussierung bzw. einer erhöhten Ablenkbarkeit.

Blockaden von Aufmerksamkeits- und Informationsverarbeitungsprozessen sind ebenfalls nachgewiesen. Angst beeinträchtigt alle Leistungen, welche die Kapazität des AG und LZG beanspruchen. Nach Lautenbacher und Kundermann scheinen in bestimmten angstbesetzten Situationen die Leistungen im Arbeitsgedächtnis überdurchschnittlich gut zu sein, was jedoch auf Kosten der Enkodierung konkurrierender Gedächtniselemente gehen kann.<sup>13</sup>

Auch Spitzer macht den Zusammenhang zwischen Emotionen und Kognitionen deutlich. In einem Experiment weist er nach, dass der emotionale Kontext, in dem die Einspeicherung der Wörter geschieht, modulierenden Einfluss auf die spätere Erinnerungsleistung besitzt: Wörter, die in einem positiv erlebten Umfeld gelernt werden, können anschließend fehlerfreier reproduziert werden. Mit Hilfe bildgebender Verfahren wird deutlich, dass der Prozess der Einspeicherung im positiven emotionalen Kontext Aktivität im Bereich des Hippocampus und Parahippocampus auslöst, währenddessen das Einspeichern im negativen emotionalen Kontext Aktivität im Bereich der Amygdala hervorruft. Erfolgreiches Einspeichern im neutralen Kontext aktiviert den frontalen Kortex.<sup>14</sup>

Besonders interessant sind die nachgewiesenen neuropsychologischen Auffälligkeiten bei SchülerInnen mit Depressionen in den Bereichen ...

- ⇒ Gedächtnisfunktionen,
- ⇒ Aufmerksamkeitsbeeinträchtigungen,
- ⇒ Exekutivfunktionen.

Die meisten Studien verweisen auf Beeinträchtigungen des deklarativen Gedächtnisses depressiver Patienten.

Sehr konsistent nachgewiesen sind Einschränkungen exekutiver Funktionen, insbesondere der kognitiven Flexibilität und der Fluency-Leistungen. Kognitive Flexibilität äußert sich in der Fähigkeit, Denk- und Verhaltensweisen auf der Basis von Wahrnehmungen, Denkprozessen oder Situationsanforderungen umzustellen.

*Fluency* – überprüft durch semantische und formallexikalische Wortflüssigkeitsaufgaben – setzt Produktivität voraus, erfordert die Fähigkeit, über übliche Routinen hinauszugehen und unterschiedlichste Verhaltens- und Reaktionsmöglichkeiten zu entwerfen.<sup>15</sup> Außer reduzierten Flexibilitätsleistungen werden Dysfunktionen im Exekutivbereich des Planens und Problemlösens beschrieben.

Neben kognitiven Theorien zur und neuropsychologischen Erklärungen von Leistungsminde- rung erforschen verschiedene AutorInnen Korrelationen zwischen Selbstkonzept und Lernleistung. Die Ergebnisse lassen sich dahingehend zusammenfassen, dass insbesondere das

Fähigkeitskonzept und leistungsrelevante Erwartungen positiv mit der Leistung korrelieren. Nach erlebtem Misserfolg leisten Personen mit niedrigem Begabungskonzept deutlich weniger als Personen mit hohem Begabungskonzept.<sup>16</sup>

Positive Wirkungen haben vor allem fähigkeitsorientierte Anstrengungskognitionen, also internal/variable Ursachenzuschreibungen von Erfolg oder Misserfolg. Werden demgegenüber Misserfolge auf Kompetenzmängel, d.h. internal/stabil attribuiert, so resultiert daraus leistungsbezogene Hilflosigkeit.

Der Ausgangspunkt dieser Hilflosigkeit liegt in der Annahme, Ereignisse nicht kontrollieren zu können. Die Unkontrollierbarkeitserwartung generalisiert auf andere Situationen und löst Defizite wie nachlassendes Bemühen und emotionale Störungen aus.

Eltern und LehrerInnen sollte bewusst sein, dass wiederholte Bemerkungen und Kommentare über Persönlichkeitseigenschaften eines Kindes großen Einfluss darauf haben, welches Bild ein Schulkind von seinem Leistungspotential hat. Die Überbewertung der Begabung durch die Erwachsenen führt dazu, dass es eigenes Bemühen und persönliche Initiative gering schätzt und bei Versagen – aber auch bei Erfolg – internal attribuiert.

Kindern sollte das Gefühl vermittelt werden, dass sie ihre Fähigkeiten durch Anstrengung verbessern können, damit sie bei der Konfrontation mit herausfordernden Aufgaben nicht von Angst oder negativen Gedanken überwältigt werden.

Wenn LehrerInnen und ErzieherInnen ihre SchülerInnen ermutigend unterstützen und die Freude am Lernen höher bewerten als das Erreichen guter Noten, können sie sich mit hoher Wahrscheinlichkeit über leistungsorientierte SchülerInnen freuen.

In einer Studie mit 1600 Probanden vom dritten bis zum achten Schuljahr waren jene SchülerInnen fleißiger, die ihre LehrerInnen als positiv und unterstützend erlebten und die Lernatmosphäre als angenehm empfanden. Sie beteiligten sich aktiver am Unterricht, erbrachten höhere Lernleistungen. Für die Kinder waren die eigenen Bemühungen und Anstrengungen Erklärungsgründe für ihre guten Leistungen. Im Gegensatz dazu betrachteten SchülerInnen mit weniger unterstützenden LehrerInnen ihre Leistungen als von außen kontrolliert oder von Glück und Zufall abhängig. Rückzug von Lernaktivitäten und Leistungsabnahme folgten.<sup>17</sup>

In Hinblick auf diese Ergebnisse und eine sich ständig verändernde Arbeitswelt muss die momentan gängige Praxis einer fehler- und defizitorientierten, weitgehend internal attribuierenden Pädagogik überdacht und das Ziel angestrebt werden, durch Individualisierung und Differenzierung Freude am Tun und Schaffen zu vermitteln und damit leistungsrelevante Attributionen grundzulegen.

### 3 Visionen über die Schule der Zukunft

Wissen wird nicht als Konsumgut bereitgestellt, es ist Voraussetzung für das Verstehen komplexer Vorgänge, regt zum Denken an und befähigt, selbst denken zu lernen. Die Organisationsform der Schule bietet dafür die besten Bedingungen.

Fachbezogener Unterricht in zeitlich gegliederten Einheiten ist unverzichtbar. Unterrichtseinheiten beschränken sich jedoch nicht auf 50 Minuten. Der Regelunterricht wird aufgelöst und

zu flexiblen Unterrichtsblöcken zusammengefasst, Unterricht in Projektform oder Modulen ermöglicht klassenübergreifende Gruppenbildung.

Die räumliche Organisation der Lernorte unterstützt vielfältige Formen des Lehrens und Lernens, stellt optimale Bedingungen für selbstorganisiertes Arbeiten in Einzel- oder Gruppenarbeit dar und gestaltet Klassenräume zur Lernwerkstatt. LehrerIntisch, SchülerIntische und Tafel haben keinen fixen Platz und können der jeweiligen Lernsituation angepasst werden. Diese Variabilität der Klassenräume ist unverzichtbar, wenn sich Lernende in Unterrichtsblöcken oder Epochen fachübergreifend mit bedeutungsvollen Fragen oder Themenfeldern beschäftigen.

Spezialisierung und Vernetzung findet in argumentierbarem Ausmaß statt, das Nebeneinander an Fachunterricht beschränkt sich auf ein notwendiges Minimum. Außerschulische Lernorte werden genutzt, geeignete Fachleute themenabhängig in den Unterricht einbezogen. Größere Handlungsspielräume und Elemente des selbstorganisierten eigenverantwortlichen Lernens prägen die schulische Landschaft.

Lernerfolge werden nicht durch einmalige Überprüfung verschiedener Wissensinhalte festgestellt, es erfolgt eine intensive Auseinandersetzung mit der Thematik durch Dokumentation und Präsentation, um eine Nutzbarmachung für weitere Aufgabenstellungen grundzulegen. Die Herstellung eines persönlichen Bezugs der SchülerInnen zu den einzelnen Themenbereichen ermöglicht die Verankerung nicht nur im prozeduralen, sondern auch im episodischen Gedächtnis.

Die positiv erlebte Lernumgebung trägt wesentlich zur Steigerung der Behaltensleistung bei. SchülerInnen erhalten die Möglichkeit, gewonnene Erkenntnisse in Vorträgen für Eltern, andere Interessierte und ihre Klassen- oder SchulkollegInnen zu erörtern. Die Anerkennung der ZuhörerInnen motiviert, sich neuen Inhalten und Fragestellungen zuzuwenden. Hausübungen werden nicht abgeschafft, jedoch individuell variiert, Ausführung alleine oder in der Gruppe erlaubt. Portfolios ersetzen die herkömmliche Form der Hausaufgaben.

Die Realisierung dieser Vision bedarf des Engagements aller Beteiligten und systematischer Veränderungen innerhalb der Schulen durch Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen wie flexible zeitliche Vorgaben für den Unterricht, konzentrale Bearbeitung der Lehrplaninhalte in Bildungseinheiten und ein gemeinsames Arbeiten der LehrerInnen im Team.

Die Erkenntnisse der Neurowissenschaften als Grundlage für die Schaffung einer vielfältigen, offenen, neuen Schulkultur sind keine Utopie.

Denken wir Schule nicht nur neu, erwecken wir sie zum Leben und leben wir sie!

## Anmerkungen

- 1 Ch.Bartl-Storck/D.Dörner: Der kognitive Kern der Neuropsychologie, in: S.Lautenbacher/S.Gauggel (Hg.): Neuropsychologie psychischer Störungen, Berlin/Heidelberg 2004, S.46
- 2 A.Baddeley: Human memory. Theory and practice, Hove 1997
- 3 A.Lepach/F.Petermann/S.Schmidt: Neuropsychologische Diagnostik von Merk- und Lernstörungen mit der MLT-C, in: Kindheit und Entwicklung 16 (1), 2007, S.17
- 4 Modifiziert von der Verfasserin nach G.Repovs/A.Baddeley, The multi-component model of working memory. Explorations in experimental cognitive psychology, in: Neuroscience, 139, 2006, S.5-21
- 5 C.Jacobs/D.Heubrock: Training für Kinder mit Aufmerksamkeitsstörungen, Göttingen 2005, S.16

- 6 Ebd.
- 7 A.Lepach/F.Petermann/S.Schmidt, 2007, S.18
- 8 Ch.Bartl-Storck/D.Dörner, a.a.O., S.59
- 9 A.Danke/T.Göhringer: Kognitive Neurologie und Neuropsychologie, in: H.Förstl: Frontalhirn, Heidelberg 2005, S.55
- 10 M.Spitzer: Lernen, Gehirnforschung und die Schule des Lebens, München 2007, S.42ff
- 11 A.a.O., S. 75ff
- 12 P.Gössinger: Verdachtsdiagnose Lese-Rechtschreibschwäche, in: heilpädagogik 50 (1), 2007, S.24ff
- 13 S.Lautenbacher/B.Kundermann: Neuropsychologie der Angststörungen, a.a.O., S.167ff
- 14 M.Spitzer, a.a.O., S.166
- 15 T.Beblo: Neuropsychologie depressiver Störungen. Abstractband zur 8. Jahrestagung der GNPÖ, Wien 2006
- 16 L.Berk: Entwicklungspsychologie, München 2005
- 17 P.Gössinger, a.a.O., S.27

---

*Petra Gössinger, Mag. Dr.,  
ist Gründungsvizerektorin der PH NÖ für Fort- und Weiterbildung; Arbeitsschwerpunkte sind Soziales Kompetenztraining zur Gewaltprävention, Psychoedukative Interventionen bei internalisierenden und externalisierenden Störungen, Legasthenie und Dyskalkulie*