

Günter Haffelder, Institut für Kommunikation und Gehirnforschung, Stuttgart

## **Museumspädagogik im Licht der aktuellen Gehirnforschung – Außerschulische Lernorte als Wirkungsfelder der Neurogenese**

Das Gehirn ist lebenslang zur plastischen Reorganisation in der Lage, d.h. es baut ständig seine Nervennetze Schritt für Schritt um. Dazu sind beide Faktoren Neurogenese, das Bilden neuer Nervenzellen, und Synaptogenese, das Eingehen neuer synaptischer Verbindungen, notwendig. Dieser dynamische Prozess der Reorganisation ist aktivitätsgesteuert. Das Gehirn ist dadurch zu lebenslangem Lernen fähig.

In der Schule können Lehrer durch ein entsprechendes methodisches Vorgehen beim Lernen, das Wecken von Interesse und das Setzen von intellektuellen Anforderungen sowie eine Beziehungsgestaltung der gegenseitigen Achtung und Akzeptanz die Bereitschaft des Gehirns zur Plastizität erhöhen. Im Institut für Kommunikation und Gehirnforschung in Stuttgart wurden Methoden entwickelt, diese Lernbereitschaft des Gehirns zu erhöhen und auch außerhalb der sogenannten sensiblen Phasen neue Zeitfenster für Lernprozesse zu eröffnen. So können Lernstörungen überwunden werden und das Lernen kann in jeder Lebenslage intensiviert und beschleunigt werden. Dazu wird für den Einzelnen auf der Grundlage einer standardisierten EEG-spectralanalytischen Messung eine neuroaktive Musik erstellt, die er dann begleitend zum Lernen hört.

### Plastizität des Gehirns und Lernen

Neurogenese und Synaptogenese sind die der Plastizität zu Grunde liegenden Faktoren.

Im Hippocampus und im Riechepithel werden nach neuesten Forschungsergebnissen auch nach der Pubertät im menschlichen Gehirn Nervenzellen aus Stammzellen neu gebildet. In der Synaptogenese bilden sich dann entsprechend der Nutzung neue Zellkontakte aus und es werden funktionelle Synapsen zwischen Nervenzellen erzeugt. So ist das Gehirn zu lebenslangem Lernen und zur ständigen plastischen Reorganisation in der Lage, das heißt es baut seine Nervenzellen Schritt für Schritt um und neu auf. Dieser Prozess kann auch im schulischen Lernen durch vielfältige Faktoren beeinflusst und intensiviert werden.

Da dieser Prozess aktivitätsgesteuert ist, kommen alle methodischen Verfahren zur Verstärkung des Lernens in Frage, die über Bewegung, Handlungsorientierung und das Erleben neuer Erfahrungen an neuen Orten den Schüler erreichen. Dies ermöglicht die Museumspädagogik in ihrer Kon-

zeption, indem sie den Schülern Erfahrungen mit anderen Orten, anderen Kulturen, anderen Riten, anderen Bräuchen, anderen Zeiten und anderen Lebensweisen an einem Ort außerhalb der Schule handelnd ermöglicht.

Zu jedem Lernen gehört die intellektuelle Verarbeitung und Verankerung des Lerninhaltes in dem jeweiligen entsprechenden Wissenskontext. Durch intellektuelle Anforderungen und Herausforderungen, durch die Darbietung von Lerninhalten in komplexen Sachverhalten, die sich auf verschiedenen Ebenen erschließen lassen, vertieft sich das Lernen.

Der wichtigste Einflussfaktor, der Lernen jedoch zu jeder Lebenszeit immer und überall ermöglicht, sind die Gefühle, die im limbischen System als gemachte Erfahrungen von Beziehungen, als Erfahrung von Bindung und von Sicherheit abgelegt sind.

Jegliches Lernen funktioniert nur in der Wechselwirkung mit Emotionen. Hier ermöglicht die Museumspädagogik durch die gefühlsmäßige Erfahrung und das Erleben von Zusammenhängen anderer Kulturen eine emotionale Begegnung mit dem Lerninhalt und in der Interaktion mit den Fachkräften im Museum vor Ort neue zwischenmenschliche Erfahrungen, Begegnungen und Interaktionen. Diese Emotionen verbunden mit dem Beteiligtsein an den Geschehnissen vor Ort ermöglichen eine neue Motivation im Lernen, ein neues Interesse für den Lerninhalt und ein interdisziplinäres Lernen von komplexen Sachverhalten in ihren Gesamtzusammenhang.

Durch eine derartige Gestaltung und Nutzung dieser Faktoren beim Lernen aktivieren wir gleichzeitig auf der intellektuellen Ebene den präfrontalen Schaltkreis, auf der Bewegungsebene den motorischen Schaltkreis und auf der Gefühlsebene den limbischen Schaltkreis. Da alle diese Schaltkreise miteinander verbunden sind und über Rückkopplungsschleifen Einwegkommunikationsprozesse ausschließen, ermöglichen sie so ein vertieftes, langanhaltendes Lernen.

Das Wissen der alten Reformpädagogen „Lernen mit Kopf, Herz und Hand“ erhält hier seine neurobiologische Bestätigung.

Im Institut für Kommunikation und Gehirnforschung nutzen wir diese Faktoren um Lernprozesse zu beschleunigen und zu intensivieren.

Über ein spectralanalytisches Messverfahren kann die Lernausgangslage des Schülers erhoben werden. Auf dieser diagnostischen Grundlage wird für den Einzelnen eine individuelle neuroaktive Musik erstellt, die beim Hören auf der Gefühlsebene für den Lernprozess öffnet. Durch die Kopplung mit entsprechenden Bewegungsstimuli und mit neuen Lernkonzepten zur Überwindung vorhandener Probleme ergibt sich ein stark beschleunigtes Lernen. Dieser spürbare Lernerfolg und die damit verbundenen Veränderungen und Erfolge haben schon viele Schüler aus ihrer Resignation und Ablehnung im Lernen geholt und zu eigenaktiven, selbstbewussten, erfolgszuversichtlichen, selbstgesteuerten Lernern werden lassen.

Die Arbeit des Instituts zur Überwindung von Lernstörungen

Die Funktion des Gehirns wird in vielfältiger Weise von seiner Entwicklung geprägt. Umweltfaktoren, Lebensbedingungen, Beziehungen wirken auf das Kind ein und steuern über gemachte Erfahrungen die Strukturbildung des Gehirns. Aus diesem Grund ist jedes Gehirn einzigartig, sein Aufbau und seine Funktion sind nur aus seiner individuellen Entwick-

lung heraus zu verstehen. Wir müssen Probleme, Krankheiten, Störungen, Blockierungen als Symptome unserer Zeit sehen lernen. Das Gehirn baut sich in seiner nutzungsabhängigen Plastizität genau zu dem Gehirn, das die Umwelt auf Grund der entsprechenden Lebensbedingungen, Inputs und Stimuli von ihm fordert und das seine in seinem sozialen Kontext gemachten Erfahrungen ihm ermöglichen. Die Entwicklung des Gehirns und seiner funktionellen Leistungen wird durch die Abfolge vieler ineinandergreifender Schritte bestimmt. Verpasste, gestörte oder verhinderte Entwicklungsschritte sowie durch Krankheit, Unfall oder Traumatisierungen veränderte Verarbeitungsmuster lassen sich mit herkömmlichen Konzepten nur schwer aufholen oder wiederherstellen.

Während der kindlichen Entwicklung treten einander ablösende Reflexe auf. Traumatische Ereignisse während der Schwangerschaft oder während der Geburt zum Beispiel können diese Reflexkaskaden unterbrechen. Störungen im Reflexgeschehen überlagern und blockieren später andere Strukturen und ziehen sich als chronische Störmuster durch den weiteren Entwicklungsprozess und bleiben mitunter lebenslang erhalten.

Vielfältige Bewegungserfahrungen, die uneingeschränkte Fähigkeit zum motorischen Lernen, die Beherrschung verschiedener Bewegungsabläufe und die Verfügbarkeit hirneigener Bewegungsprogramme sind eine unabdingbare Voraussetzung für Lernen und Entwicklung. Das Gehirn ist besonders in der nachgeburtlichen Reifung auf intensive und vielfältige Bewegungsimpulse angewiesen. In der Krabbelphase werden die beiden Hemisphären vernetzt und gleichzeitig wird der räumliche dreidimensionale Bezug zur Welt angebahnt. Je nach Intensität der Krabbelphase werden die beiden Gehirnhälften unterschiedlich stark vernetzt und somit Unterschiede in der Lateralisierung Grund gelegt. In der mangelnden Hemisphärenvernetzung liegt ein großes Potential für spätere Lernstörungen, da diese Lateralisierungsprozesse nicht nur für die spätere Raum-Zeit-Verrechnung sondern auch für den Aufbau für Sprache und Schrift zuständig sind.

Die Stirnhirnreifung ist bis zum 21. Lebensjahr noch nicht abgeschlossen und über diese ganze Entwicklungszeit sind wir als Erzieher und Bezugspersonen gefordert, für die Kinder und Jugendlichen als Vorbild und Gesprächspartner im Gedankenaustausch präsent zu sein, um Werte, Normen und Verhaltensmuster zur Orientierung zu prägen und mit auf den Weg zu geben. Wir dürfen die Jugendlichen nicht mit Beginn der Pubertät an ihre Peergroups abgeben und somit die Übernahme derer Wertesysteme akzeptieren und tolerieren. Jeder Erziehungsprozess ist anstrengend und wird auch von den Jugendlichen durch Provokationen vehement eingefordert. Da wir für unsere Jugend Verantwortung tragen, sollten sie uns diese Anstrengung wert sein.

Nun müssen alle diese Prozesse in bestimmten sensiblen Phasen durchlaufen werden und können zu guten Lern- und Entwicklungsvoraussetzungen führen oder durch nicht gelungene Reifung dem Kind Probleme mit auf seinen Lebensweg gehen, die gerade später dann das schulische Lernen behindern.

Gut ausgebildete und erfahrene Lehrer und Erzieher sehen in ihrer täglichen Arbeitswelt auf Grund ihrer intensiven Beobachtung der Kinder und ihrer professionell geschulten Wahrnehmung die ganze Bandbreite der individuellen Entwicklungsverläufe, sehen die Chancen und Möglichkeiten, aber auch alle Lernstörungen, Blockaden, Entwicklungspro-

bleme und Schwierigkeiten ihrer Schüler. Sie haben zur Unterstützung und zur Entwicklungsförderung vielfältige Lernkonzepte, musikalische Förderung, rhythmische Frühförderkonzepte entwickelt. Dennoch berichten sie häufig von ihrer bei bestimmten Entwicklungsverläufen auftretenden Hilflosigkeit, von dem Stress im Alltag, von den Ohnmachtsgefühlen, nicht allen Kindern gleichermaßen gerecht werden zu können, und von dem Alleingelassensein mit den Problemen, die durch unsere gesellschaftlichen Entwicklungen hervorgerufen sind.

Wir müssen Kinder als Symptomträger unserer Zeit sehen und verstehen lernen. Neben der Verantwortung durch präventive Maßnahmen Schädigungen in der Entwicklung zu minimieren, ist es notwendig, bei vorhandenen Schwierigkeiten, Entwicklungsverzögerungen und Problemen durch lern- und therapiebeschleunigende Maßnahmen dem Kind gezielte Unterstützung zu geben.

Das Messverfahren zur Diagnose von Lernstörungen

Die Forschungsarbeit des Instituts für Kommunikation und Gehirnforschung hat sich zum Ziel gesetzt, die Lernstörungen der Kinder ursächlich anzugehen.

Dazu wurde das medizinische EEG mit Hilfe der Fourier-Transformation zur EEG – Spectralanalyse weiterentwickelt. Durch die Aufschlüsselung der im medizinischen EEG gemessenen Summen in ihr gesamtes Frequenzspektrum und die getrennte Darstellung der Ableitungen in den beiden Hemisphären hat sich diese Messmethode als sehr aussagekräftig erwiesen.

Durch ein standardisiertes Testverfahren wurde die Methode empirisch abgesichert. So ist eine präzise Interpretation der gemessenen akustisch evozierten Potenziale möglich, die durch die genaue zeitliche Zuordnung zu den explorierten Fragen differenzierte Aussagen ermöglicht. Untersuchungen zu spezifischen Fragenstellungen wie zum Beispiel nach den Ursachen von Lernstörungen oder der Auswirkung gezielter Stimuli auf die Gehirnaktivitäten sind so möglich.

Alle Messungen sind individuell verschieden, denn sie zeigen die gelernten Muster, Erfahrungen, Strukturen, Verarbeitungsweisen, sowie die Gefühle des jeweiligen Menschen.

Durch eine Verlagerung der Ableitungspunkte werden bewegungsartefaktfreie Messungen möglich, so dass nun auch Bewegungen, Gespräche, Interaktionen, Lernprozesse untersucht werden können. Nun können Kinder während des Lernens beim Lösen von Aufgaben, beim Lesen oder Schreiben, bei motorischen Übungen gemessen werden und die das Lernen behindernden Faktoren zeigen sich in den Messkurven. Da das Messverfahren im Gegensatz zu anderen bildgebenden Verfahren ohne zeitliche Unterbrechungen Daten über einen längeren Zeitraum liefert, ermöglicht es Aussagen über Verarbeitungsprozesse, deren Blockierungen und die Möglichkeiten zur Effektivierung von Lernen.

Durch die neuen Ableitungspunkte werden subcorticale Signale im Bereich des limbischen Systems und des frontalen Cortex erfasst. So kommen den Potenzialen der einzelnen Frequenzbereiche zum Teil veränderte Bedeutungen zu. Hier ist vor allem die modifizierte Interpretation des Delta- und Theta-Bereichs zu nennen.

Aktivierungen in diesem Frequenzbereich korrelieren mit einer nonverbalen zwischenmenschlichen

Kommunikation und intuitiven Wahrnehmungsprozessen in der Interaktion. Forschungsergebnisse aus Untersuchungen im Institut über die Interaktion zwischen Lehrer und Schüler, zwischen Arzt und Patient, zwischen Therapeut und Klient belegen eindrücklich die Bedeutung der Beziehungsgestaltung. Eine liebevolle, empathische Interaktion, eine von gegenseitigem Respekt, gegenseitiger Achtung und Akzeptanz getragene Beziehung und eine verlässliche, sichere, vertrauensvolle Bindung sind Voraussetzungen für jeglichen Lernprozess.

Die grafische Aufbereitung im Chronospectrogramm ermöglicht die gesamte Darstellung der erhobenen Daten einer länger dauernden Messsequenz. Auf der Grundlage der empirischen Forschungsarbeit des Instituts lassen sich aus dem Vergleich der Gehirnstrombilder Hinweise auf Funktionsstörungen sowie effiziente Verarbeitungsweisen gewinnen. Lernstörungen werden so nicht mehr definiert als bestimmte festgeschriebene Defizite sondern als Lösungskonzepte des Gehirns im Umgang mit verschiedenen Beeinträchtigungen. Diese gilt es zu erkennen und aufzulösen.

Dann ist das Gehirn auf Grund seiner Plastizität in der Lage, neue effizientere Verarbeitungsmuster aufzubauen. Beide Prozesse werden durch die neuroaktive CD angeregt, unterstützt und beschleunigt. Gleichzeitig öffnet die neuroaktive Musik neue Zeitfenster für Lernprozesse und initiiert dadurch Veränderungen.

Ohne Not oder von außen kommender Intervention besteht für das Gehirn trotz vorhandener Lernblockaden keine Notwendigkeit zur Reorganisation oder zur Nutzung der Plastizität. Es hat Kompensationsstrategien entwickelt, mit den eigenen Problemen umzugehen. Die diesen Prozess begleitenden Strategien der Abwehr, der Lustlosigkeit, der Resignation, der Unmotiviertheit und sonstiger Vermeidungshaltung dem schulischen Lernen gegenüber werden von der Umgebung als Zeichen der Pubertät erklärt oder dem Charakter des jeweiligen Kindes zugeschrieben. Da das Gehirn mit seinen entwickelten Lösungskonzepten bereits über viel Erfahrung verfügt, haben sich diese Patterns fest verankert, sind gelernt und sind Handlungs- und Reaktionsmuster geworden. Hier ist eine gezielte Intervention nötig, um Veränderungsprozesse einzuleiten und zu ermöglichen.

#### Die neuroaktive Musik

Das messtechnische Erfassen von Problemen zur Diagnose ohne Bereitstellung von Lösungsmöglichkeiten für die Überwindung und ohne das Schaffen von Unterstützungssystemen zur autonomen zielorientierten Weiterentwicklung für die jeweiligen Personen hätte unserem Arbeitsansatz und unserem Menschenbild nicht genügt.

Die Erkenntnis, dass sich in der Arbeitsweise des Gehirns musikalische Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen, führte zu einem neuen weiteren Forschungsbereich: der Möglichkeiten musikalischer Interventionen auf das Gehirn. So wurde eine neuroaktive Musik entwickelt, die das Gehirn wieder in einem lernbereiten Zustand versetzt, die auch außerhalb der sensiblen Phasen Zeitfenster für Lernprozesse eröffnet und die die Bereitschaft des Gehirns zur Plastizität und zur Reorganisation neu initiiert.

Diese Plastizität des Gehirns ermöglicht es, lebenslang neue neuronale Vernetzungen aufzubauen, neue Bahnen anzulegen und bestehende Verschaltungsmuster zu komplexeren zu entwickeln. Diese Prozesse intensivieren sich, wenn das Gehirn zum

einen in einen entsprechenden für Lernprozesse angeregten Zustand versetzt wird und zum anderen in den Frequenzbereichen entsprechende Stimuli erhält, die für ein optimales Funktionieren unterentwickelt oder gestört sind.

Diese Interventionen erfolgen als Angebote für das Gehirn auf der Grundlage klassischer Musik. Durch gezielte Veränderungen in der Intonation und Stimmung der Instrumente, sowie in den gewählten Tempi und in der Zusammenstellung der Musikstücke wird die Ausschüttung bestimmter Neurotransmitter angeregt und das Gehirn so in einen extrem lernbereiten Zustand versetzt. Diese Grundmusik wird entsprechend der EEG-spectralanalytischen Messung bearbeitet, um das Gehirn in der individuellen Optimierung seiner Verarbeitungsmuster anzuregen, zu unterstützen und diesen Lernprozess zu beschleunigen.

Das häusliche Hören der neuroaktiven Musik soll begleitet werden von gezielten Tätigkeiten in den Bereichen, in denen eine Verbesserung oder Veränderung erwünscht wird.

So kann die neuroaktive Musik zum Beispiel zur Leistungsoptimierung (Spitzensport, Management, Studium), zur Lernförderung (Hausaufgaben, Fremdsprachenlernen, Vorbereitung auf Prüfungen), zur Überwindung von Lernstörungen (ADHS, LRS, Dyskalkulie), zur Arbeit an der Beseitigung cerebraler Schädigungen (Bewegungsstörungen, Bewegungsausfälle oder –einschränkungen wie zum Beispiel beim Schlaganfall oder beim Schädel-Hirn-Trauma) oder zur Verhinderung oder Verlangsamung von altersbedingten oder krankheitsbedingten Ausfällen (Alzheimer, Parkinson, MS) angewendet werden.