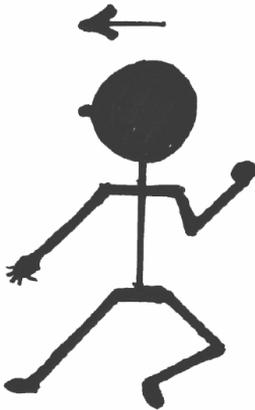


1.2.2 Asymmetrisch Tonischer Nackenreflex (ATNR)



Bei seitlicher Kopfdrehung strecken sich Arm und Bein der Gesichtsseite. Gleichzeitig kommt es bei Arm und Bein der Hinterhauptseite zu einer Beugung

Der ATNR

- wird zwischen der 16.–18. Schwangerschaftswoche im Mutterleib aktiv
- wird durch Kopfdrehung des Kindes ausgelöst (reflexhaftes Strecken von Arm und Bein auf der Gesichtsseite, Beugung der Glieder auf der Hinterhauptseite)
- verhilft vorgeburtlich zum Aufbau des Muskeltonus
- unterstützt den aktiven Geburtsvorgang
- ermöglicht nachgeburtlich die erste Auge-Hand-Koordination
- wird um den 4.–6. Monat durch das beginnende alternierende Kriechen auf dem Bauch allmählich integriert
- unterstützt durch seine fortschreitende Integration den Aufbau eines angemessenen Tonus, die Haltung, die unabhängige Augen- und Armbewegung und die bilaterale Integration (Zusammenarbeit der beiden Körperseiten)

Restreaktionen des ATNR, die nach dem 1. Lebensjahr auftreten, werden als Unreife angesehen, die sich in mangelnder Entwicklung der Lateralität (wechselnde Bevorzugung einer Hand, eines Beins, eines Auges, eines Ohres) zeigen können. Das Verwechseln von rechts und links, das spiegelbildliche Schreiben und Lesen (b–d; p–q), das Nichtausbilden des Richtungssinns, können davon betroffen sein.

Unausgebildete Seitigkeit kann zu wechselseitigem Führen der Augen (nicht festgelegtes Führungsauge) und damit zu beeinträchtigter oder verwirrender visueller Wahrnehmung führen.

Fehlende Festlegung der Ohrigkeit (Wechsel des bevorzugten Ohres beim Hören) kann zu Problemen bei der Lautverarbeitung, zu auditiven Reihenfolgeproble-

men, Verwechseln und Auslassen von Buchstaben, Zahlen und Rechenzeichen führen.

Durch die beschriebenen veränderten Wahrnehmungseindrücke, die besonders unter Stress (lange Arbeitszeit, Benotung) entstehen, kommt es bei vielen Schülern zu Problemen beim Lesen, Schreiben und Rechtschreiben. Die häufig diagnostizierte Lese-Rechtschreibschwäche, (LRS), die als Ergebnis von Teilleistungsschwächen der Wahrnehmung, Motorik oder mangelnder sensorischer Integration gilt, kann auftreten.

Eine englische Studie⁴³ bestätigt den engen Zusammenhang zwischen einer Unreife bei Integration des ATNR und Lese-Rechtschreibschwierigkeiten.

Es ist daher wichtig, motorischer Unreife entwicklungsgerecht über gezielte Bewegung zu begegnen, um Grundlagen schulischer Anforderungen zu unterstützen.

Schule hat die tägliche Gelegenheit, dies im Sinne einer bewussten Förderung zu tun (zur Unterstützung einer unreifen Integration des ATNR bieten sich z. B. alle Überkreuzbewegungen an).

In schulischen Situationen sind Unreifen in Form von Restreaktionen des ATNR auch in anstrengender Sitz- und Schreibhaltung des Schülers zu sehen. Oft liegt der Schüler beim Schreiben auf dem Tisch.

Unterbrechungen – bewegte Kurzpausen – durch Bewegungsangebote verhindern eine chronische Überforderung des Körpers und treten Sekundärscheinungen wie Konzentrationsstörungen, Schulangst, psychosomatischen Symptomen, Motivationsverlust, Aggressionsbereitschaft und emotionalem Rückzug entgegen.

Hinweise auf unreife Bewegungsmuster in Bezug zum ATNR können z. B. sein (es treten in der Regel mehrere der Anzeichen gleichzeitig auf)

- Schreiben in Spiegelschrift
- Langsames Schreiben
- Krakelige oder sehr enge, kleine Schrift
- Wechselnde Lateralität (z. B. unentschlossene Händigkeit)
- Schwierigkeiten Linien einzuhalten
- Drehen des Blattes beim Schreiben
- Lese-Rechtschreib-Schwierigkeit
- Unsicherheit in der Rechts-Links-Unterscheidung
- Homolaterale (gleichseitige) Bewegungsmuster
- Mangelnde Augenfolgebewegung
- Auffälligkeiten in der akustischen und/oder visuellen Wahrnehmung
- Liegende Sitzhaltung⁴⁴

Schüler mit ATNR-Restreaktionen können unterstützt werden, indem ihre Sitzposition bedacht wird (genügend Platz am Tisch und ein Sitzen frontal zur Tafel), auf



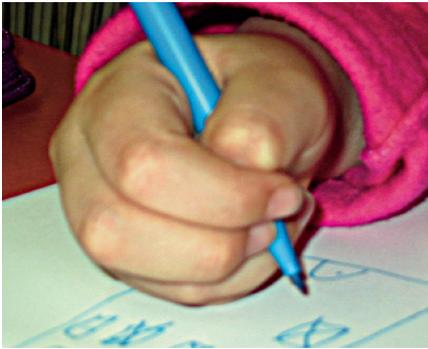
Der Schüler dreht sein Arbeitsbuch um 90 Grad, um das Überkreuzen der Mittellinie zu vermeiden

die deutliche Linierung auf dem Arbeitsblatt und auf das Benutzen des „Lesefingers“ oder der Leseschablone geachtet wird.⁴⁵

Bewegungssequenzen, bei denen die Körpermittellinie überkreuzt wird, sind fördernd:

- Fingerspiele
- Klatschspiele
- Fadenspiele
- Brain-Gym“-Übungen
- Spiele zur Unterstützung der Auge-Hand-Koordination
- Mal- und Schreibspiele in Partnerarbeit
- Überkreuzbewegungen beim Spielen, Tanzen, Musizieren, sportlichen Betätigen ...
- Gezielte Gleichgewichtsübungen⁴⁶

An der menschlichen Schreib- und Sprechmotorik ist eine Vielzahl von verschiedenen Muskeln beteiligt, deren einzelne Aktionen genau koordiniert werden müssen. Die Schreibmotorik ist sowohl eng mit der Entwicklung des ATNR als auch mit der Greifmotorik (Palmar-Reflex = Handgreifreflex)⁴⁷ verbunden. Eine Unreife der Hand- und Fingermotorik steht in engem Zusammenhang mit dem Sprechen und der Mundmotorik des Schülers (Saug-Suchreflex⁴⁸). Es ist bekannt, dass manuelle Ungeschicklichkeit und Sprachschwierigkeiten häufig korrelieren. Schüler mit Sprachschwierigkeiten können somit nicht nur durch mundmotorische Übungen, sondern auch durch feinmotorische Bewegungsangebote unterstützt werden. Graphomotorische Geschicklichkeit kann durch Übung der Finger-, Hand-, Ganzkörper- und Mundmotorik gefördert werden.



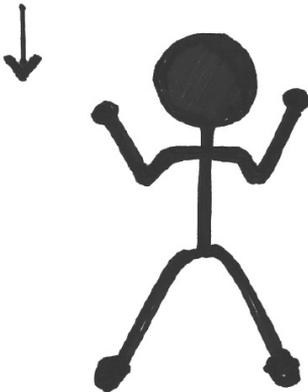
Unreife Schreibhaltung



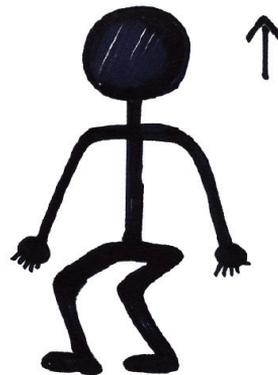
Mögliche Unterstützung durch verschiedene Schreibhilfen⁴⁹

1.2.3 Symmetrisch Tonischer Nackenreflex (STNR)

- entwickelt sich aus dem Tonischen Labyrinthreflex (TLR), der vorgeburtlich schon um die 9. Schwangerschaftswoche im Mutterleib zu sehen ist
- ist besonders zwischen dem 6. und 11. Monat nach der Geburt aktiv
- wird durch eine Kopfbewegung (nach vorn oder nach hinten) ausgelöst und bewirkt, dass die obere Körperhälfte eine Gegenbewegung zur unteren Körperhälfte ausführt (obere Körperhälfte streckt sich, untere Körperhälfte beugt sich und umgekehrt)
- steht in engem Zusammenhang mit dem Vestibularsystem
- ist eine wichtige Übergangsphase zum Krabbeln



Bei Kopfbeugung nach vorn beugen sich die Arme, die Beine gehen in die Streckung



Bei Kopfbeugung nach hinten strecken sich die Arme, die Beine gehen in die Beugung

- hilft dem Kind, sich vom Boden zu erheben
- unterstützt das visuelle Training der Akkommodation (das Einstellen der Augen auf verschiedene Entfernungen)⁵⁰

Motorische Unreife, die sich in Bewegungsmustern mit Restreaktionen des STNR zeigt, steht häufig mit Hyperaktivität, Aufmerksamkeitsstörungen und Konzentrationsstörungen in Verbindung. Der unausgereifte Reflex erschwert nicht nur rhythmisch koordinierte Bewegungen, sondern wirkt sich auch störend und hemmend auf die herkömmliche Lese- und Schreibhaltung aus.⁵¹ Da Restreaktionen des STNR bei Lageveränderung des Kopfes (z. B. Anheben und Senken des Kopfes beim Abschreiben von der Tafel) Streck- oder Beugetendenzen der Muskulatur initiieren, versuchen viele der Kinder zur inneren Ruhe zu gelangen, indem sie ihre Sitzhaltung „festzurren“. Sie schieben ihre Füße beim Sitzen unter das Gesäß, schlingen sie um die Stuhlbeine oder ziehen es vor, halb stehend zu schreiben. Dies ermöglicht es ihnen, ihren Körper besser unter Kontrolle zu halten. Ein hoher Prozentsatz der Schüler zeigt mündlich bessere Noten als schriftlich. Beim Abschreiben von der Tafel benötigen sie wegen der starken Anforderung besonders viel Zeit und Energie. Das Ergebnis entspricht jedoch meist nicht den Anforderungen. Zusätzlich zur Auswirkung der veränderten Kopfhaltung gestaltet sich der Versuch, einer senkrechten Linie mit den Augen zu folgen, als anstrengend.

Im Sportunterricht fallen ihnen Bewegungen schwer, die eine gute Koordination von Ober- und Unterkörper erfordern, wie z. B. Schwimmen, Rolle vor- und rückwärts. Liegestütze sind auch für ältere Schüler schwer möglich, weil das Durchstrecken der Arme ein Einknicken der Beine veranlassen möchte. Das Fangen von Bällen ist durch mangelnde Auge-Hand-Koordination (bei Bewegungen zum Körper/vom Körper weg) und durch Schwierigkeiten, Entfernung und Zeit einzuschätzen, erschwert.

Hinweise auf Unreifen, die in Bezug zum STNR stehen, können z. B. sein:

- Gleichgewichtsprobleme
- Schlechte Körperhaltung
- Schwacher Muskeltonus
- Versteifter Muskeltonus
- Hyperaktives Verhalten
- Visuelle Wahrnehmungsschwierigkeiten
- Schwache Organisationsfähigkeit
- Schwach ausgebildetes Zeitgefühl
- Räumliche Wahrnehmungsprobleme
- Reihenfolgeprobleme (bei täglichen praktischen Anforderungen, bei komplexeren Arbeitsanweisungen, im Aufsatz, in Mathematik ...)

Zur gehirnfrendlichen Lernunterstützung der Schüler mit STNR-Restreaktionen gehören Möglichkeiten zur Veränderung der Sitzpositionen (knien, hocken, ste-



Der Schüler bevorzugt eine Sitzhaltung bei der er seine Beine „festzurren“ kann. Dies verschafft ihm ein ruhigeres Arbeiten

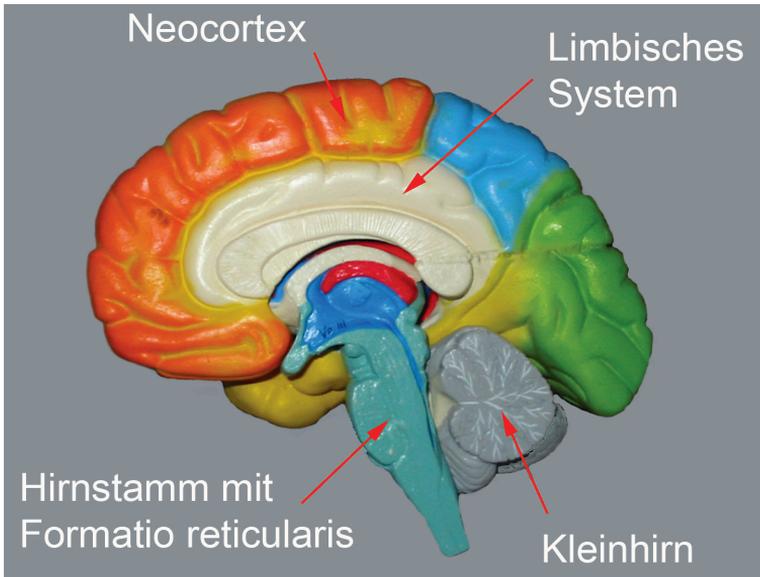
hen ...), zahlreiche Möglichkeiten zum Aufstehen, die Einteilung der Arbeitsblätter in einzelne Abschnitte⁵² und Spiele zur Bewegung und Entspannung:

- Gehen und Bewegen im Raum
- Hüpfen, Drehen, Krabbeln
- Bewegen am Platz
- Brain-Gym®-Übungen
- Spiele zum Überkreuzen der Mittellinie
- Spiele, die das Koordinieren von Kopf und Körper erfordern
- Tänze
- Gezielte Gleichgewichtsangebote⁵³

1.3 Das Gehirn

Das Gehirn ist ein Organ, das nur 2 % unseres Körpergewichts ausmacht und trotzdem etwa 20 % der Energie des Körpers verbraucht.⁵⁴ Es besteht aus ungefähr 120 Milliarden Nervenzellen, die mit rund 10.000 anderen Neuronen verbunden sind.

Bei der Geburt sind schon alle Nervenzellen vorhanden, aber vorerst lose miteinander verknüpft. Es besteht noch keine Ordnung, keine Gewichtung oder Hierarchie unter ihnen. Durch Lernen verstärken sich die Verbindungen. Aus dünnen In-



formationsmöglichkeiten entsteht breiter und vielfacher Informationsaustausch zwischen den Nervenzellen.

Beim Erwachsenen sind die Verbindungsfasern dicker als beim Kind, und die Impulse können 30- bis 40-mal schneller übertragen werden.⁵⁵

Der Ablauf der Gehirnentwicklung ist genetisch festgelegt, er ist ein kontinuierlicher Prozess, der ständig mit Verfeinerung, Anpassung und Organisation einhergeht.

Das Gehirn lässt sich in drei Abschnitte gliedern:

- Reptiliengehirn
- Limbisches System (Zwischenhirn)
- Neocortex (Großhirnrinde)

1.3.1 Das Reptiliengehirn

Das Reptiliengehirn, der entwicklungsgeschichtlich älteste Teil des menschlichen Gehirns, besteht aus Hirnstamm und Kleinhirn.

Es befinden sich lebenswichtige Steuerungszentren für Atmung, Blutdruck, Herzfrequenz und Verdauungsfunktionen in diesem Gehirnteil.

Die Formatio reticularis, eine netzförmige, wenig gegliederte Nervenmasse, stellt den Hauptkontrollmechanismus des Zentralnervensystems dar. Sie erhält die

sensorischen Informationen aus allen Sinnesgebieten mit Ausnahme des Geruchs.

Einlaufende Informationen, besonders taktile, propriozeptive, vestibulare Reize, werden hier miteinander verknüpft und für die Verarbeitung auf höherer Ebene vorbereitet.

Die Hauptfunktion der *Formatio reticularis* besteht darin, die Großhirnrinde zu wecken.

Ihre Aufgabe ist es, den Wachheitszustand und den Grad der Aufmerksamkeit zu steuern. Durch Aktivierung der Sinnesorgane kann die *Formatio reticularis* unterstützt werden, mehr Impulse an die Großhirnrinde weiterzuleiten um damit den Aufmerksamkeitsgrad der Person zu erhöhen.

Eine weitere Funktion der *Formatio reticularis* ist die Hemmung sensorischer Reize. So schützt sie das Gehirn vor Reizüberflutung. Auf diese Weise ist es möglich, unwichtige Sinneseindrücke zeitweise zu unterdrücken, um volle Aufmerksamkeit für bestimmte Sinneseindrücke – z. B. Lesen von Texten auch in Klassenzimmern mit erhöhtem Geräuschpegel – zu ermöglichen.

Die bereits angesprochenen frühkindlichen Reflexe werden auf der Hirnstammebene ausgelöst.

Nach Kautzmann „betätigt der Hirnstamm eine Art Schalter für das Licht, das den Aufmerksamkeitsraum beleuchtet“⁵⁶.

1.3.2 Das Limbische System

Das Limbische System (Zwischenhirn), zu dem die ältesten und tiefsten Teile der Großhirnrinde (Cortex) gehören, beherrscht das reptilienhafte Gehirn.

Halte- und Stellreaktion (z. B. Gleichgewichtsreaktionen, Schutz- und Kippreaktionen), die sich etwa bis zum 3. Lebensjahr aufbauend auf den frühkindlichen Reflexen entwickeln und ein Leben lang vorherrschen, werden auf dieser Ebene (und der des Kleinhirns) kontrolliert.

Das Limbische System spielt sowohl bei der Steuerung menschlichen Verhaltens durch Gefühle als auch beim Lernen und bei der Gedächtnisbildung eine bedeutende Rolle.

Im Zwischenhirn entstehen unsere Emotionen, werden Erinnerungen abgelegt und wieder hervorgeholt. Wichtige Steuerungszentralen und Drüsen für unbewusste Körperfunktionen des Körpers befinden sich hier.

„Das Limbische System, das Affekte, Gefühle und Motivation vermittelt, ist der eigentliche Kontrolleur des Lernerfolgs.“⁵⁷

Hippocampus

Das Zwischenhirn ist eng mit einer subkortikalen Region, dem Hippocampus, verbunden, der sich jeweils rechts und links an der Innenseite des Schläfenlappens

der Großhirnrinde befindet.

Der Hippocampus ist an Gedächtnisleistungen beteiligt und besonders für das Lernen einzelner neuer Inhalte wichtig. Er scheint für den Prozess des Speicherns von Informationen als eine Art Zwischenspeicher für Gedächtnisinhalte von entscheidender Bedeutung zu sein. Da es sehr unterschiedliche Arten von Lernen gibt, ist die Abhängigkeit verschiedener Lernvorgänge vom Hippocampus nicht einheitlich. Er gilt als eminent wichtig für das Kurzzeitgedächtnis und die Orientierung.

Tausende von Eindrücken nimmt der Mensch pro Minute wahr. Die Sinneseindrücke werden für Sekunden aufbewahrt, danach wird die Information entweder gelöscht oder an das Kurzzeitgedächtnis weitergegeben.

Im Kurzzeitgedächtnis wird die Information verschlüsselt und für etwa eine halbe Minute festgehalten. Maximal sieben Informationen können gleichzeitig aufgenommen werden. Nach einer begrenzten Zeit wird die Information entweder gelöscht oder in das Langzeitgedächtnis weitergeleitet.

„Wann immer wir etwas Besonderes lernen, ist der Hippocampus beteiligt. Er wird daher zuweilen auch als Neuigkeitsdetektor bezeichnet ...“⁵⁸

Es wird angenommen, dass der linke Hippocampus für die symbolische Verarbeitung und das auditive Kurzzeitgedächtnis zuständig ist und der rechte überwiegend für die visuell-räumliche Verarbeitung und das visuelle Kurzzeitgedächtnis.

Damit der rechte und der linke Hippocampus optimal miteinander arbeiten können, sind sie durch Integrationsbahnen, sogenannte Kommissurfasern, verbunden. Kommissurfasern verlaufen im Gehirn zur Verbindung der beiden Hemisphären von rechts nach links und umgekehrt. Bricht die Kommunikation zwischen dem linken und rechten Hippocampus zusammen, so kann es z. B. passieren, dass man ein Gesicht sieht (visuell-räumliche Information), aber den Namen (auditive Funktion) dazu im Moment nicht abrufen kann.

Amygdala

An den Hippocampus schließt sich die kleine Amygdala an. Sie ist für die tiefsten Emotionen des Menschen zuständig. Sie spielt eine entscheidende Rolle beim Speichern emotionaler Erinnerungen und bei der Wahrnehmung von Emotionen anderer Menschen.

Ist die Amygdala geschädigt, kann der Gesichtsausdruck von Mitmenschen nicht mehr gedeutet werden.

Der Amygdala ist es zu verdanken, dass der Mensch sich an alles, was mit positiven oder mit negativen Gefühlen verbunden ist, länger und genauer erinnert. Je positiver das Gefühl bei einem Ereignis ist, umso nachhaltiger wird sich das Erlebte einprägen und in das Langzeitgedächtnis übertragen werden. Wenn Lernen Freude bereitet, schüttet das Gehirn Endorphine (körpereigene Opiate, die für

Wohlgefühl sorgen) aus. Freude und Interesse beim schulischen Lernen unterstützen das Gedächtnis und die Erinnerung des Schülers maßgeblich – und lassen Schule zu einem „Ort des Lernens und Lebens“ werden.

Erinnerungen an negative Erlebnisse sind ebenfalls stark mit Gefühlen verbunden, dadurch reagiert der Mensch häufig in gleicher Weise auf ein ähnliches Erlebnis.

Ein Kind, das erfahren hat, wie es durch stockendes Aufsagen eines Gedichts beschämt wurde, wird später auf ähnliche Situation eher mit Vermeidung oder körperlichen Symptomen der Angst (Schweißausbruch, Kniezittern) reagieren.

Dies ist auch der Grund, warum man z. B. Turner auffordert, nach einem Sturz sofort wieder ans Gerät zu gehen.

Was und wie im Gehirn gespeichert wird, hängt von unseren Gefühlen ab und von der Art, wie Informationen dargeboten werden.

Lernen mit Bildern, Tönen, Gerüchen, Ereignissen und eigenem Handeln und Bewegen unterstützt die Speicherung. Je vielschichtiger eine Information vermittelt wird, desto besser haftet sie im Langzeitgedächtnis, d. h. es lernt sich leichter, wenn mehrere Sinnesorgane beteiligt sind.

Das Fördern intellektueller Fähigkeiten hängt auch maßgeblich vom emotionalen Kontakt zur Beziehungsperson ab, da kognitive Vorgänge bei Kindern nicht von Gefühlen zu trennen sind. Emotional gefärbte Informationen finden zudem leichter den Weg ins Langzeitgedächtnis und bleiben abrufbereiter.

Ganz wichtig erscheint in diesem Zusammenhang, das gefühlsmäßig angenehme Lernumfeld zu erwähnen. Es fördert Neugier und Motivation der Schüler.

Werden Inhalte wiederholend erfahren, wird der Transfer ins Langzeitgedächtnis gefördert. Hausaufgaben sind zur Wiederholung des Lernstoffes also durchaus sinnvoll.

Eine ins Langzeitgedächtnis gelangte Information wird auf Dauer festgehalten und kann lebenslang der bewussten Erinnerung zugänglich bleiben. Diese Speicherung gilt als das eigentliche Gedächtnis.

Informationen, die aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden, können als wirklich Gelerntes betrachtet werden.

Die Aufnahmefähigkeit des Langzeitgedächtnisses ist fast unbegrenzt. Verankerte Informationen, die über längere Zeiträume nicht benötigt werden, können ins Unterbewusstsein absinken.⁵⁹

Forschungsergebnisse moderner Neurowissenschaften decken sich mit Erkenntnissen der Reformpädagogik:

„Alles, was beim Lernen Freude macht, unterstützt das Gedächtnis“ (J. A. Comenius).⁶⁰

Ergänzend sei auf verschiedene Forschungsergebnisse hingewiesen, die in der dauerhaft erhöhten Konzentration von Stresshormonen eine Gefahr für das Gehirn erkannten.

*„Der verlorenste aller Tage ist der,
an dem man nicht gelacht hat.“*

(Nicolas Champfort)

1.3.3 Der Cortex

Der Cortex, die Großhirnrinde, die aus zwei Hälften (Hemisphären) besteht, gilt als jüngster Teil des Gehirns beim Menschen und zeigt enorme Ausprägungen. In jedem einzelnen Kubikmillimeter des Cortex befinden sich etwa 40.000 Neuronen, die untereinander mit fünf Kilometern Nervenleitern verbunden sind.⁶¹

Damit die Großhirnrinde überhaupt in unseren Schädel passt, ist sie in vielen Windungen zusammengefaltet.

Die Großhirnrinde gilt als der Sitz des Bewusstseins und als Langzeitspeicher. Zusammen mit dem Hippocampus und der Amygdala spielt sie daher eine entscheidende Rolle für Lernen und Gedächtnis.

Der oberste Teil des Gehirns, den kein anderes Lebewesen als der Mensch hat, kontrolliert bewusst gesteuerte Bewegungen, ermöglicht Lernen, Denken und Sprechen.

In der Hirnrinde können in einer Sekunde bis zu 1000 verschiedene Signale ankommen.⁶²

Funktionen, die überwiegend vom Cortex gesteuert werden, können sich allerdings nur adäquat entwickeln, wenn alle subkortikalen Gehirnstrukturen (Zwischenhirn, Reptiliengehirn) optimal funktionieren.

Während der Mensch sich bewegt, etwas wahrnimmt, denkt, sich erinnert, körperlich oder geistig aktiv ist, werden ständig neue Dendriten und Synapsen (Schaltstellen im Gehirn) gebildet. Dadurch bilden sich vermehrt zusammenhängende neurale Netzwerke. Mit zunehmendem Alter werden diese Netze immer weiter verfeinert und ausgebaut.

Tägliche Bewegungs- und Wahrnehmungserfahrung in der Schule fördert das Schließen von Synapsen und das Myelinisieren und Ausbauen von Nervenbahnen im Gehirn.

Durch die Verknüpfung von verschiedenen Wahrnehmungskanälen kommt es zu einer Sicherung von vielfältigen Informationen, die als Wissensnetz für Lernen zur Verfügung stehen.

Die beiden Hemisphären des Cortex werden durch Nervenbahnen im Corpus Callosum (Balken) verbunden. Eine Hirnhälfte steuert jeweils die gegenüberliegende Körperseite. Die beiden Hemisphären des Cortex entsprechen sich spiegelbildlich, übernehmen aber spezifische Aufgaben.

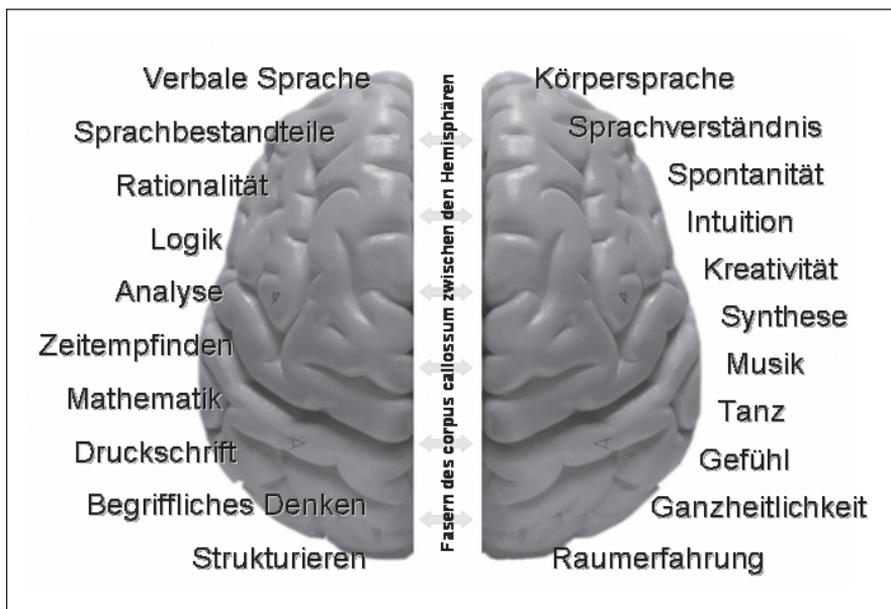
Insgesamt arbeitet die linke Hemisphäre vorwiegend verbal, logisch, analytisch, rational.

Die rechte Hemisphäre besitzt die Eigenschaft, mentale Assoziationen durchzuführen und ist für ganzheitliches Denken, Gefühle, Intuition und räumliche Relationen zuständig.

Das Corpus Callosum integriert die unterschiedlichen Funktionen beider Gehirnhälften, es erlaubt und unterstützt den Austausch und die Zusammenarbeit der rechten und linken Hemisphäre.

Je öfter und intensiver beide Hirnhälften aktiviert werden, umso mehr neurale Verbindungen werden gebildet. Bei optimaler Ausbildung des Corpus Callosum laufen pro Sekunde vier Milliarden Botschaften über die etwa 200 Millionen Nervenfasern.⁶³ Die meisten Funktionen erfordern die Zusammenarbeit beider Gehirnhälften über das Corpus Callosum.

In der kindlichen Entwicklung wird die Zusammenarbeit der beiden Hirnhälften in der Kriechphase angeregt und ganz intensiv durch die Krabbelphase des Kindes unterstützt. Während des Kriechens und Krabbelns benutzt es fast gleich-



Die Verarbeitungsweisen der rechten und der linken Hemisphäre

zeitig das linke Bein/den rechten Arm, das rechte Bein/den linken Arm, um sich vorwärts zu bewegen.

1.4 Lernen und Leisten

„Wenn man irgendeine Aktivität nennen sollte, für die der Mensch optimiert ist (...), dann ist es beim Mensch das Lernen (...). Dass wir Menschen wirklich zum Lernen geboren sind, beweisen alle Babys. Sie können es am besten, sie sind dafür gemacht, und wir hatten noch keine Chance, es ihnen abzugewöhnen.“⁶⁴

Handeln und wirken kann der Mensch nur durch seinen Körper. Den eigenen Körper wahrzunehmen, ihn kennenzulernen, ihn anzunehmen und ihn angemessen einzusetzen, ist eine wichtige Grundvoraussetzung für alles Lernen – auch für das schulische Lernen.

Die Erfahrung des Körpers steht in engem Zusammenhang mit der Beziehung des Menschen zur Außenwelt und zur eigenen Innenwelt. Jedes Gefühl des Menschen drückt sich in seiner Körperhaltung und seiner Körperbefindlichkeit aus. In der Motopädagogik wird die Erfahrung des Körpers als die Erfahrung des Ich benannt.⁶⁵

Der Mensch lernt immer und überall.

Lernen ist ein aktiver und assoziativer Vorgang, der von verschiedenen Faktoren bestimmt wird:

- den Genen, die dem Individuum mitgegeben werden
- der Umwelt, in der er aufwächst
- der Gesundheit, besonders auch der optimalen Aufnahmemöglichkeit durch die Sinne

Lernen bedeutet, Wissen oder Fähigkeiten neu zu erwerben oder zu verändern.

1.4.1 Prozedurales und deklaratives Lernen

Unter neurobiologischen Gesichtspunkten lassen sich Gedächtnisleistungen grob in deklarative und prozedurale unterscheiden.

Prozedurales Lernen, auch Handlungslernen genannt, beginnt schon vorgeburtlich im Dialog zwischen Mutter und Kind und beruht vorwiegend auf Sinneseindrücken und Gefühlen. Der unbewusste Erwerb von Fähigkeiten durchzieht das menschliche Leben und ist immer dann aktiv, wenn der Mensch handlungsorientiert etwas kann. So werden bestimmte Tätigkeiten wie das Bauen mit Bauklötzen, das Erlernen der Sprache einfach gekonnt, ohne dabei Gedächtnisleistungen verbalisieren zu müssen. Prozedurales Lernen geht wahrscheinlich nicht den Weg des Lernens über den Hippocampus, sondern über das Verstärken synaptischer Verbindungen im Gehirn. Wiederholungen und Übung führen dazu, dass diese

Fertigkeiten leichter werden. Traumschlafphasen oder REM Schlaf (Rapid Eye Movement) scheinen das prozedurale Lernen zu begünstigen.⁶⁶

Das prozedurale Wissen ist ein praktisch brauchbares Wissen. Es ist in Lern- und Anwendungsprozesse zu unterteilen. Dabei legen die Lernprozesse die Grundlagen für die routinierte Anwendung des Gelernten. Sie können durch gezielte Lernstrategien begünstigt werden. Erfahrungen zeigen, dass sich auch ein anregendes Vorbild oder das Vorleben von erstrebenswerten Verhaltensweisen als sehr effektiv erweisen.

Das deklarative Lernen ist das bewusste Lernen von Fakten („Wie heißt die Hauptstadt von Italien?“). Es steht mit prozeduralen Lernerfahrungen in Verbindung und ist in engem Zusammenhang mit Sprache, Begriffen und Bildern zu sehen. Es ist das Speichern von Orten, Zahlen, Sachwissen. Deklaratives Wissen kann aus der Erinnerung abgerufen und wiedergegeben werden. Der Hippocampus spielt bei diesem Lernen von Fakten und Informationen eine Schlüsselrolle. Die Tiefschlafphase scheint das Verfestigen von deklarativen Inhalten im Gedächtnis zu unterstützen. Beim Lernen sucht sich das Gehirn Inhalte, die ihm bedeutsam erscheinen und die es aus seinem Vorwissen in Beziehungen zu anderen Inhalten setzen kann. Je größer das Vorwissen des Einzelnen ist, umso besser können neue Inhalte angeschlossen werden und umso schneller kann Neues gelernt werden.

Lernen vollzieht sich am besten und effektivsten in einer angenehmen und entspannten Atmosphäre. Fakten lassen sich zwar auch ins Gehirn „prügeln“, wirkungsvoll und nachhaltig wird aber nur gelernt, wenn der aktive Vorgang des Verknüpfens von Fakten und ihre Anwendung auf Situationen bedacht werden.

Angstbesetztes Lernen fördert ein bestimmtes Lernmuster: Der „gefährlichen“ Prüfungssituation (Klassenarbeit) folgt unreflektiertes routiniertes Handeln (Flucht/Kampf). Ruhige Überlegungen, Abwägungen, Nachdenken und Finden von kreativen Lösungsstrategien sind nicht möglich.

In den ersten Lebensjahren, bis etwa ins Grundschulalter hinein, lernen Kinder aus eigener Motivation und Lust heraus. Man spricht zu dieser Zeit von intrinsischer Motivation beim Lernen.

Das Kind ist lernmotiviert durch die Freude am Entdecken des eigenen Körpers, der Umwelt und der Zusammenhänge von Gegebenheiten. Motivation hängt sicher mit dem körpereigenem Belohnungssystem zusammen. Beim Erlernen von Neuem stellt sich ein positives Gefühl ein, das „(neu)gierig“ machen kann. Bestimmte Hirnareale schütten beim lernenden Menschen Dopamin aus. Diese Ausschüttung aktiviert wiederum andere Neuronen, so genannte endogene Opiate (körpereigene Stoffe) zu produzieren.

In der Schule darf die angeborene Lust am Lernen nicht verschüttet werden. Jeder Schüler braucht Lob! Schon ein netter Blick bringt das Gehirn auf Trab. Gemeinsames Lachen, Singen, Bewegen entspannt und erhöht die Lernfreude.

Je größer das Vorwissen des einzelnen Schülers ist, umso anschlussfähiger ist es für neue Inhalte. Stoff kann besonders gut behalten werden, wenn er an Sinn und Bedeutung schon gelernten Materials anknüpft.

Je intensiver das prozedurale und das deklarative Lernen aktiv ineinander greifen, umso tiefer wird Wissen verankert und anwendbar sein.

Lernen muss die Möglichkeit bieten, erforschen und ausprobieren zu können. Eigene Wege zu erkennen, bedeutet individuelle Förderung zu erfahren, die Lust auf Lernen macht. Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten erleichtert den Umgang mit eigenen Defiziten.

Hirnforscher fordern zum Lernen aber auch konstante Bedingungen und gleichbleibende äußere Formen, da menschliche Gehirne eine gewisse logische Ordnung benötigen, um Gedächtnisleistungen zu speichern und abzurufen. Didaktische Konzepte, die dies unberücksichtigt lassen, erschweren das Lernen der Schüler.

*„Lernen ist wie Rudern gegen den Strom,
sobald man aufhört, treibt man zurück.“* ⁶⁷

- Lernen ist Leben
- Lernen ist ein Naturgesetz, kein Zufall
- Lernen geht von allein, Lernen geht automatisch, Lernen kann man lernen
- Lernen besteht nicht nur aus auswendig lernen, sondern in der Verknüpfung von Wissen und Erfahren
- Lernen kann in jedem Entwicklungsstadium stattfinden, es ist jedoch am effektivsten, wenn es zum entsprechenden Zeitpunkt der neurologischen Reife stattfindet
- Gelerntes auch in anderen Zusammenhängen anzuwenden, ist Intelligenz. Intelligenz kann trainiert werden
- Unser Gehirn kann viel mehr als wir denken
- Laut neuesten Forschungsergebnissen der Hirnforscher in den USA nutzen wir unser Gehirn zu höchstens 5 %
- Spielerischer Umgang mit den grauen Zellen unterstützt Lernen
- Bewegung unterstützt Lernen

Leistung

Leistung gehört zum Leben des Menschen.

Um eine Leistung zu erbringen, braucht der Mensch Fähigkeiten, Motivation, physische und psychische Energie.

Fähigkeit und Motivation befruchten sich gegenseitig, denn eine bestimmte Fähigkeit kann ohne Motivation nicht geweckt, nicht entfaltet und nicht gefördert

werden. Motivation wiederum bedarf einer Fähigkeit, denn ohne Fähigkeiten kann es zu keiner Leistung kommen.

Leistungsfähigkeit ist oft auch eine Frage der Einstellung des einzelnen Menschen.

Schüler, die sich in Leistungssituationen befinden, greifen in der Regel auf frühere Erfahrungen zurück. Ist etwas gut gelungen, werden sie versuchen, es ebenso gut zu bewältigen oder versuchen, es noch zu verbessern. Gerät der Schüler durch wiederholtes Versagen in eine negative Leistungsspirale, kann dies dazu führen, dass Angst, Furcht und Stress bei der nächsten Anforderung dazu führen, dass ihm die Lösungswege zur Bewältigung seiner Aufgabe fehlen, obwohl er kognitiv dazu in der Lage wäre. Hat der Lehrer die Vielfalt der Fähigkeiten seines Schülers aufgrund seiner Leistungen erkannt, kann er über schülerzentrierte, differenzierte Arbeitsangebote und motivierende Begleitmaßnahmen optimal die Fähigkeiten seiner Schüler fördern. Das Klima in der Klasse und das Befinden des einzelnen Schülers werden eine wichtige Stufe zum Erreichen der fachlichen Ziele sein.

Leistung benötigt ein positives Klima, es bedarf der Motivation und – Leistung ist ein Motivationsfaktor für die Schüler an sich. Anerkennung, interessante Inhalte, Eigenverantwortung, Entfaltungsmöglichkeit und Belohnung sind Motivationsfaktoren für das Lernen und Leisten der Schüler. Damit Leistung ein motivierender Faktor bei der gemeinsamen Arbeit in der Schule bleibt, müssen Leistungsdruck und Angst vor Überforderung durch verschiedene pädagogische Maßnahmen auf ein gut verträgliches Maß reduziert werden. Bewegung und Entspannung sind ein hervorragendes und wirkungsvolles Medium, um dies zu unterstützen.

Schule darf die beschriebenen elementaren Voraussetzungen zum Erbringen von Leistung zu keiner Zeit und in keiner Schulform vernachlässigen.

„Bewegung ist das Tor zum Lernen.“ ⁶⁸

Bewegen und Wahrnehmen sind mit Lernen und Leisten verbunden. Bewegung zeigt intensive Auswirkungen auf das Gehirn durch

- Steigerung der Hirndurchblutung
- Aktivierung der Hirnregionen von Cortex, Limbischem System und Reptiliengehirn
- Unterstützung der Zunahme von Synapsen
- Optimierung der Funktion der Nervenzellen (Leistungsfähigkeit ist abhängig von der Aktivität der Zellen)
- Vermehrte Zufuhr von Sauerstoff
- Schnelleren Abtransport von verbrauchtem Sauerstoff, Verhinderung von Übersäuerung des Gehirns (Übersäuerung blockiert das Gedächtnis)

- Erinnerungen, die als Ergebnis von Wahrnehmung und Bewegung (Handlung) entstehen
- Erwecken und Aktivieren geistiger Fähigkeiten
- Einflussnahme auf das Kohärenzgefühl⁶⁹

Positive Auswirkungen ergeben sich daraus u. a. auf die Bereiche:

- Gedächtnisleistung
- Aufmerksamkeit
- Kommunikation und Sprache
- Sehen und Linsenresilienz (Fähigkeit eines gedehnten Gewebes, wieder in seine ursprüngliche Form zurückzukehren)⁷⁰
- Sehen und Augefolgebewegungen⁷¹
- Emotionale Ausgeglichenheit
- Psychisches und physisches Wohlbefinden
- Verminderung von Stress
- Interaktion mit anderen
- Fein- und grobmotorische Koordination
- Steigerung der Beweglichkeit
- Verbesserung der Reaktionsmöglichkeit
- Stärkung des Immunsystems⁷²
- Fettabbau
- Gesundheitsförderung und Prävention

1.4.2 Exekutive Funktionen

Der Begriff „exekutive Funktionen“ (auch als „Kognitive Kontrolle“ bekannt) stammt aus den Neurowissenschaften und bezeichnet einen Sammelbegriff von Fähigkeiten, mit deren Hilfe Emotionen, Gedanken und Handeln zielgerichtet gesteuert werden können. Diese geistigen Fähigkeiten dienen dazu, eigenes Handeln einer Situation so flexibel und angemessen anzupassen (keine automatisierte Problemlösung), dass ein möglichst günstiges Verhaltens-Ergebnis erreicht wird.

Die Exekutiven Funktionen, die zur Selbstregulation befähigen, setzen sich aus drei – voneinander unabhängigen – Anteilen zusammen:

- Arbeitsgedächtnis (Kurzfristige Speicherung und Weiterverarbeitung von Informationen. Entwicklungszeit: ca. ab 3. Lebensjahr – Erwachsenenalter)
- Inhibition (Hemmung von Störreizen, Widerstehen von spontanen Handlungsimpulsen. Entwicklungszeit: Beginn, ca. um den 6. Monat. Im Alter von ca. 12 Jahren wird das Niveau eines Erwachsenen erreicht)
- Kognitive Flexibilität (Probleme zielführend bearbeiten, soziales und empathisches Handeln, Handeln ohne Automatismen. Entwicklungszeit: ca. 1. Lebensjahr – Erwachsenenalter)

Exekutive Funktionen werden vom Präfrontalen Cortex (Stirnhirn, vgl. S. 47 f.), von Hippocampus und Amygdala (vgl. Seite 45 f.) mitbestimmt, wobei auch soziale und genetische Aspekte eine Rolle spielen.

Bewegung fördert exekutive Funktionen!

Bewegung erfordert und schult u. a. Konzentrations- und Aufmerksamkeitsfähigkeit, das Ausblenden von Störreizen, das Einstellen auf veränderte Situationen.

Studien ergaben, dass das Achtsamkeitstraining bei Sieben- bis Neunjährigen vor allem bei Kindern mit anfänglich schlechten exekutiven Funktionen zu besseren Ergebnissen führte (Verbesserung in allen drei Dimensionen der exekutiven Funktionen).⁷³

Diese Ergebnisse untermauern das Ansinnen, die Bewegungs-Programme

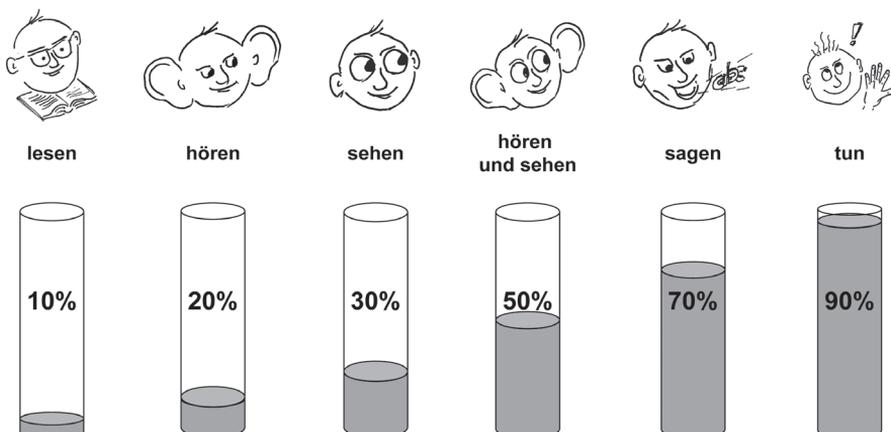
- „Beweg dich, Schule!“ und
- „Bildung kommt ins Gleichgewicht“⁷⁴ regelmäßig in den täglichen Unterricht der Schulen einzubeziehen.

Wie so oft gilt aber auch bei der Unterstützung der exekutiven Funktionen durch Bewegung das Prinzip: Je früher desto besser.

Damit sind die Angebote wie

- „Bildung beginnt schon auf dem Wickeltisch“⁷⁵,
- „Von Anfang an im Gleichgewicht“⁷⁶ ein hervorragendes Ansinnen, um Kinder schon in der Vorschulzeit zu erreichen, um frühzeitig, effektiv und kontinuierlich exekutiven Funktionen fördern zu können.

Wir merken uns von dem, was wir ...



*In einem bewegten Körper lässt sich das
Gehirn besser trainieren.*

Pädagogen können in ihrer Unterstützung nicht zusätzlich die Aufgaben von Elternhaus und Therapie übernehmen, aber Pädagogik kann und muss ihren Anteil leisten.

Einwände, dass Elternhaus und Umwelt nicht genügend in dieselbe Richtung arbeiten, können nur teilweise gelten.

Schule hat einen pädagogischen Auftrag zu erfüllen.

Sie kann und muss es ermöglichen, tägliche Prisen des gesunden Mittels „Bewegung“ in den Schulalltag zu integrieren.

*Jeder Tropfen zählt. Fangen wir an...
Schule, beweg dich!*

-
- 1 Um das Lesen zu erleichtern, wird im Buch durchgehend die männliche Form benutzt. Selbstverständlich sind die Schülerinnen und Kolleginnen genauso damit angesprochen
 - 2 Kiphard, E. J. (1990): Motopädagogik, S. 13 – Gestaltkreis nach v. Weizsäcker (1940, 1972)
 - 3 Auf Zusammenhänge zwischen gustatorischem und olfaktorischem Sinnessystem beim Lernen wird in diesem Buch nicht eingegangen
 - 4 Ayres, J. (1984): Bausteine kindlicher Entwicklung
 - 5 Ayres, J. (1998): Bausteine kindlicher Entwicklung
 - 6 Beigel, D. (2003): Flügel und Wurzeln, S.64
 - 7 WNZ,10.4.2005, Medizin, S. 4
 - 8 Montagu, A. (1995): Körperkontakt
 - 9 Das Gehirn erhält durch Verknüpfen und Verarbeiten von Sinneseindrücken ein Bild des Körpers. Auf diese Weise entsteht eine Art Landkarte des eigenen Körpers. Je genauer die Landkarte bzw. das Körperschema ausgeprägt ist, desto größer ist das Repertoire an Bewegungsmustern, auf die der Mensch zurückgreifen kann
 - 10 Das Körperbild entsteht auf Grundlage aller auf den Körper bezogenen Empfindungen. Das Körperbild bestimmt in hohem Maße das Selbstbild des Menschen mit
 - 11 Beigel, D. (2003): Flügel und Wurzeln, S. 41
 - 12 Leboyer, F. (1981): Geburt ohne Gewalt
 - 13 Ayres, J. (1998): Bausteine kindlicher Entwicklung, S. 152
 - 14 Ayres, J. (1998): Bausteine kindlicher Entwicklung, S. 65
 - 15 Hendrickson 1969 in Hannaford, C. (1996): Bewegung, das Tor zum Lernen, S. 39
 - 16 www.schuleundgesundheit.hessen.de oder <http://schnecke.inglub.de> oder <http://bildung-kommt-ins-gleichgewicht.de>
Ein Projekt des Hessischen Kultusministeriums, Arbeitsgebiet Schule&Gesundheit in Kooperation mit dem Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz, der Hochschule Aalen, der Leibniz Universität Hannover, Vertretern der Staatlichen Schulämter und Schulträger, Vertretern der Kinder- und Jugendärzte, der Hals-Nasen-Ohren-Ärzte, der Augenärzte, der Optiker, Hörgeräteakustiker, Pädagogen, Ergotherapeuten, Logopäden, Motopäden, und interessierter Eltern
 - 17 Initiator des Projekts Dr. med. J. Silberzahn, HNO-Arzt in Hessen und Niedersachsen
 - 18 Evaluation Prof. Dr. med. Eckhard Hoffmann, Prodekan der Hochschule Aalen, Studiengang Augenoptik und Hörakustik., Prof. Dr. phil. Christina Reichenbach, Evang. Fachhochschule Bochum
 - 19 www.schuleundgesundheit.hessen.de, <http://schnecke.inglub.de>, <http://bildung-kommt-ins-gleichgewicht.de>
Ein Projekt des Hessischen Kultusministeriums, Arbeitsgebiet Schule&Gesundheit in Kooperation mit der Evangelischen Fachhochschule Bochum, der Hochschule Aalen, Vertretern der Staatlichen Schulämter und Schulträger, Vertretern der Kinder- und Jugendärzte, der Hals-Nasen-Ohren-Ärzte, der Augenärzte, der Optiker, Hörgeräteakustiker, Pädagogen, Ergotherapeuten, Logopäden, Motopäden, und interessierter Eltern
 - 20 S. auch: Beigel, D.: „Bildung kommt ins Gleichgewicht. Guten Morgen, liebes Knie.“ Ein Gleichgewichtsprogramm zur Lernunterstützung
 - 21 S. auch Beigel, D., Grönemeyer, D. (2011): Von Anfang an im Gleichgewicht. Ein Bewegungsprogramm für den Kindergarten mit dem Zwerg Willibald, seinen Freunden und dem kleinen Medicus

- 22 Hessisches Sozialministerium, Hessisches Kultusministerium (2005): Entwurf Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder von 0 bis 10 Jahren in Hessen, S. 53
- 23 Hessisches Sozialministerium, Hessisches Kultusministerium / 2. Auflage (2007): Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder von 0 bis 10 Jahre in Hessen, S. 62
- 24 <https://www.geo.de/wissen/gesundheits/18937-rtkl-psychologie-denken-wir-besser-im-stein-oder-im-sitzen>
- 25 Liebertz, Ch., (2004): in Gehirn und Geist 7/2004, S. 70
- 26 <http://www.aerztezeitung.de/docs/2005/01/28/015a1102.asp?cat=/medizin/adipositas> und <https://www.merkur.de/leben/gesundheits/mangelnde-bewegung-schadet-bereits-frueher-kindheit-zr-4674257.html>
- 27 <http://www.netdoktor.de/News/Dicke-Kinder-Kaputte-Gefaes-1131280.html> oder Ärzte- Zeitung, 4.2.2009
- 28 <http://www.netdoktor.de/Krankheiten/Uebergewicht-bei-Kindern/Wissen/Uebergewicht-Koerperliche-Folg-6756.html>, Bericht von Dr. med- K- Larisch 20.2.2011, s. auch <http://www.zeit.de/politik/2010-07/dicke-eltern-dicke-kinder>
- 29 <http://www.aerztezeitung.de/docs/2004/12/09/225a1406.asp?cat=/medizin/adipositas>, s. auch <http://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/adipositas/article/601223/zuvielefernsehen-schadet-kleinkindern.html>
- 30 <http://www.aerztezeitung.de/docs/2004/09/23/171a1001.asp?cat=/medizin/adipositas>, und <http://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/adipositas/article/636390/kinder-jugendliche-dick.html>, Artikel Dr. M. Weiland, 17.1.201 und <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/91831/Jedes-siebte-Kind-in-Deutschland-zu-dick-oder-fettleibig>
- 31 Mann-Luoma, R. et al. (2002): Integrierte Ansätze zur Ernährung – Bewegung – Stressbewältigung: Gesundheitsförderung von Kindern und Jugendlichen. Bundesgesundheitsblatt 12/2002, S. 952–959 ergänzen und aufweisen³¹ und <http://www.deutsche-kinder-sport-akademie.de/ueber-uns/#antrieb>
- 32 EuroPressMed GbR, <http://www.europressmed.de/2011/05/immer-mehr-kinder-haben-rueckenschmerzen-2>, Bericht von Prof. Ingo Froböse und <https://www.agr-ev.de/de/agr-blog-archiv/tag/47-kinder>
- 33 <https://www.welt.de/gesundheits/article174577646/DAK-Gesundheitsreport-Rueckenschmerzen-Zahlen-und-Therapie.html>
- 34 <https://www.mainpost.de/regional/main-tauber/Regelmaessige-Bewegung-beugt-Osteoporose-vor;art775,10086126>
- 35 <http://www.dvr.de/dvrseite.aspx?section=4&sub=1&id=567>
- 36 www.dshs-koeln.de/pressestelle/Meldungen/2002/pm31.htm
- 37 Köckenberger, H. (1999): Kinder müssen sich bewegen, S. 96
- 38 Hessisches Sozialministerium, Hessisches Kultusministerium (2005): Entwurf Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder von 0 bis 10 Jahren in Hessen, S.53 ff.
- 39 <http://www.lehrer-online.de/dyn/9.asp?url=239171.htm>
- 40 <http://www.deutsche-kinder-sport-akademie.de/ueber-uns/#antrieb>
- 41 Shephard, R. J. (1988): Required physical activity and child development. Austral. J. Sci. Med.: in Sport, 20, 1988, S. 3–9
- 42 Beigel, D. (2003): Flügel und Wurzeln, S. 83 ff.
- 43 The Lancet (2000), Volume 335, Number 9203, 12. February 2000

- 44 Beigel, D. (2003): Flügel und Wurzeln, S. 121 ff.
- 45 Beigel, D. (2003): Flügel und Wurzeln, S. 129
- 46 Beigel, D. (2009): Bildung kommt ins Gleichgewicht. Guten Morgen, liebes Knie. Ein Gleichgewichtsprogramm zur Lernunterstützung
- 47 Goddard, S. (1998): Greifen und begreifen
- 48 Beigel, D. (2003): Flügel und Wurzeln, S. 94
- 49 Fa. Guckloch GmbH, www.guckloch-online.de
- 50 Beigel, D. (2003): Flügel und Wurzeln, S. 98
- 51 o'Dell, N. E.; Cook, P. A. (1998): Philipp zappelt jetzt nicht mehr
- 52 Die Einteilung des Arbeitsblattes verhilft dem Schüler zu strukturiertem und übersichtlichem Arbeiten
- 53 Beigel, D. (2009): Bildung kommt ins Gleichgewicht. Guten Morgen, liebes Knie. Ein Gleichgewichtsprogramm zur Lernunterstützung
- 54 Spitzer, M. (2002): Lernen, S. 13
- 55 http://www.wdr5.de/sendungen/leonardo/dossiers/dossier_lernen/wie_menschen_lernen/314506.phtml
- 56 Kautzmann, G. (1999): Das Wunder im Kopf, S. 92
- 57 GEOWISSEN (2003), Nr. 31, Lernen-Wissen-Bildung, S. 41
- 58 Spitzer, M. (2002): Lernen, S. 34
- 59 Krebs, Ch. T.; Brown J. (1998) Lernsprünge, S. 107 ff.
- 60 J. A. Comenius ist einer der Begründer der Didaktik, 17. Jahrhundert
- 61 Ornstein, R; Thompson, R. F. (1993): Unser Gehirn – das lebendige Labyrinth, S.
- 62 Kautzmann, G. (1999): Das Wunder im Kopf, S. 92
- 63 Hannaford, C. (1996): Bewegung ist das Tor zum Lernen, S. 94
- 64 Spitzer, M. (2002): Lerne
- 65 Irmischer, T. (1998): Lehrbrief „Grundzüge der Motopädagogik“, S. 1
- 66 <http://lexikon.stangl.eu/7415/prozedurales-gedaechtnis>
- 67 Benjamin Britten, englischer Komponist, 1913–1976
- 68 Antonovsky, A. (1997): Salutogenese, S. 185
- 69 Antonovsky, A. (1997): Salutogenese, S. 18
- 70 Hannaford, C. (1996): Bewegung ist das Tor zum Lernen, S. 126
- 71 ebd. S. 128
- 72 ebd. S. 206 ff.
- 73 <https://eric.ed.gov/?id=EJ880516>
- 74 Beigel, D. (2009): Bildung kommt ins Gleichgewicht
- 75 Beigel, D., Schäfer, U. (2018): Bildung beginnt schon auf dem Wickeltisch
- 76 Beigel, D., Grönemeyer, D. (2011): Von Anfang an im Gleichgewicht