Hören – Sehen – Blicken – Zählen

Entwicklung, Entwicklungsstörungen und Hilfen bei Teilleistungsstörungen LRS, ADHS und RES

Prof. Dr. B. Fischer
und Mitarbeiter
Arbeitsgruppe Optomotorik
und
BlickLabor
Universität Freiburg

Dieser Beitrag ist eine Zusammenfassung zum Thema

Bedeutung von Wahrnehmungs- und Blickfunktionen

bei Legasthenie und Rechenschwäche

© 2003 Copyright Freiburger Blickzentrum

Wir sehen NICHT mit den Augen
Wir hören NICHT mit den Ohren

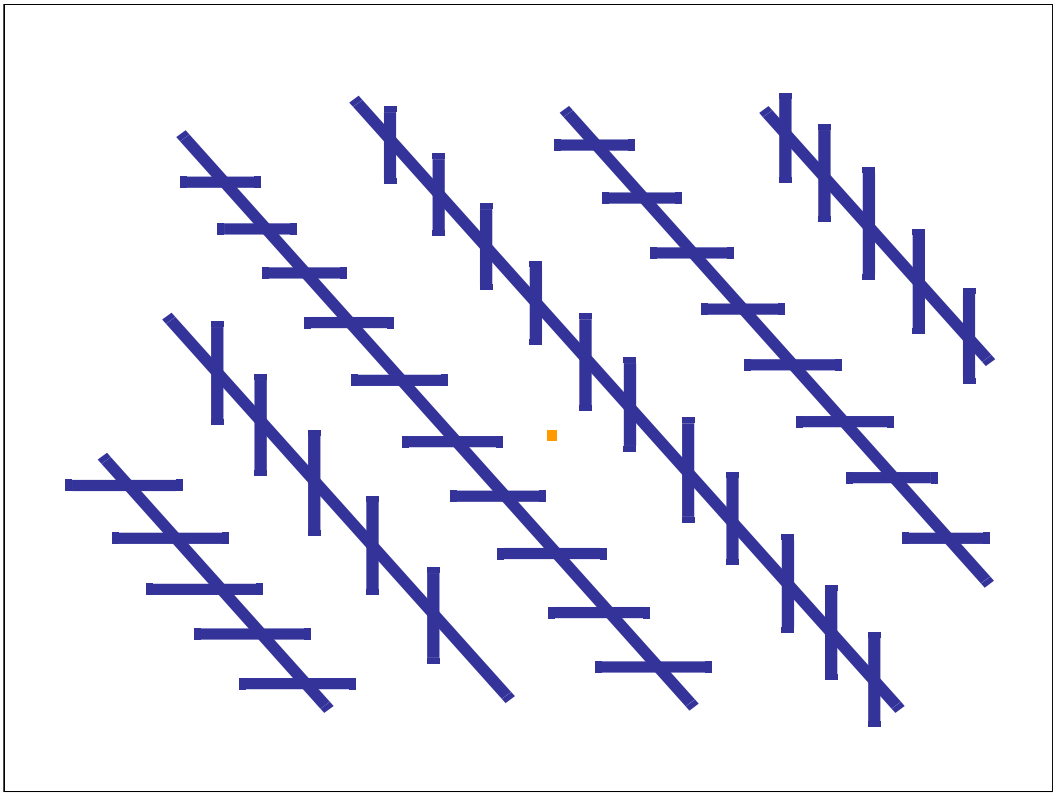
Wir nehmen wahr, was unser Gehirn aus den Sinnesmeldungen erarbeitet.

Die Verarbeitungsprozesse müssen erlernt werden.

Sinneswahrnehmungen
sind Leistungen des des
Gehirns

Hören
Sehen
Blicken
Zählen

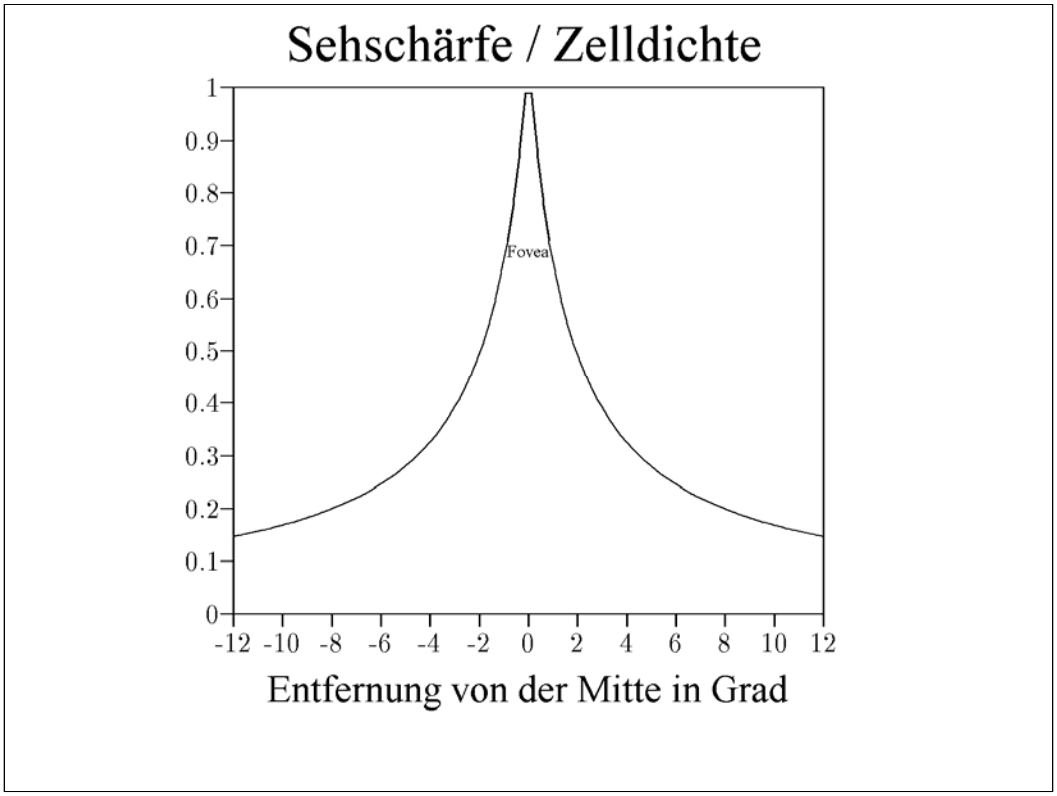
müssen gelernt werden



Diese berühmte Täuschung (die Zöllner Täuschung) besteht aus scheinbar gegeneinander geneigten Linien.

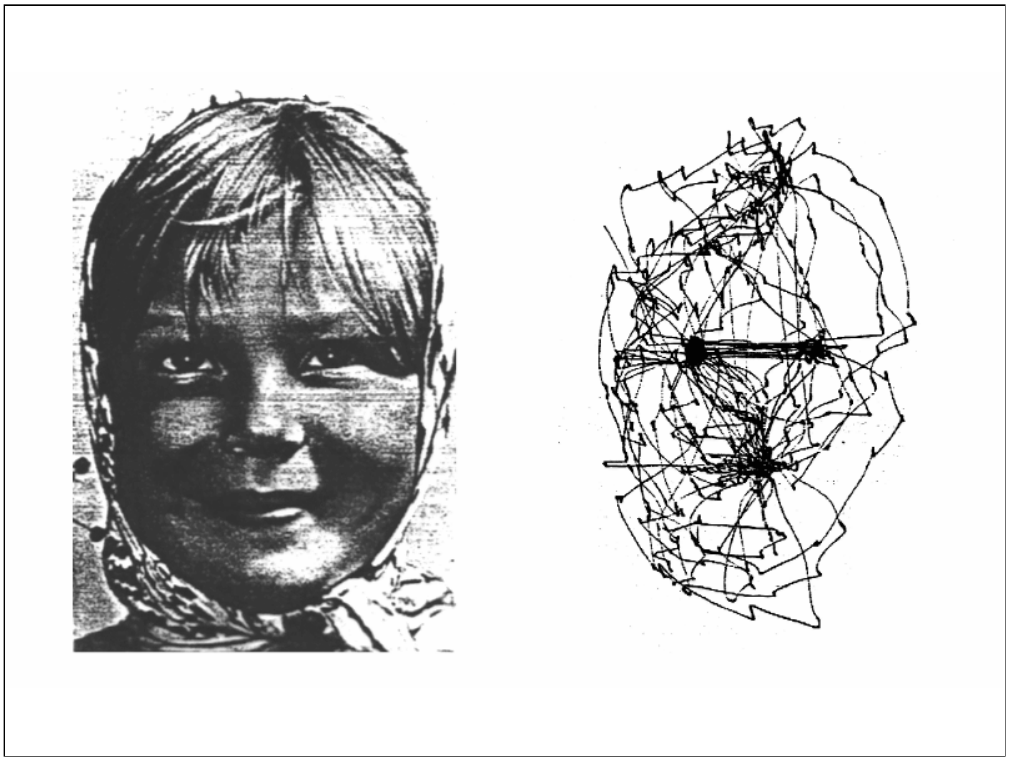
Dieser „falsche“ Sinneseindruck verschwindet, wenn man die Augenbewegungen unterdrückt, indem man den kleinen Punkt in der Mitte fixiert und auf die langen Linien achtet. Nach einigen Sekunden drehen sich die Linien und erscheinen dann als parallel, was sie auch tatsächlich sind.

Diese „Ent-Täuschung“ demonstriert, dass man beim natürlichen Sehen dauernd Blicksprünge macht, die einem aber in der Regel nicht bewusst sind. Jede auch unwillkürliche Sakkade (Blicksprung) lässt die Täuschung sofort wieder als solche erscheinen.



Die Notwendigkeit der schnellen Augenbewegungen beruht auf der Tatsache, dass nur in der Mitte der Netzhaut, in der Fovea, die Sehzellen dicht genug gepackt sind, um wirklich gut (scharf) zu sehen.

Beim natürlichen Sehen und erst recht beim Lesen wird das Gesichtsfeld (die Zeile) mithilfe von raschen Augenbewegungen (Sakkaden) abgetastet. Etwa 3 bis 5 Sakkaden werden gemacht, also kommt alle 200 bis 300 ms ein neues Bild ins Gehirn. In dieser kurzen Zeit muss alles erfasst werden, was von der Fovea und ihrer unmittelbaren Umgebung gesehen werden kann.

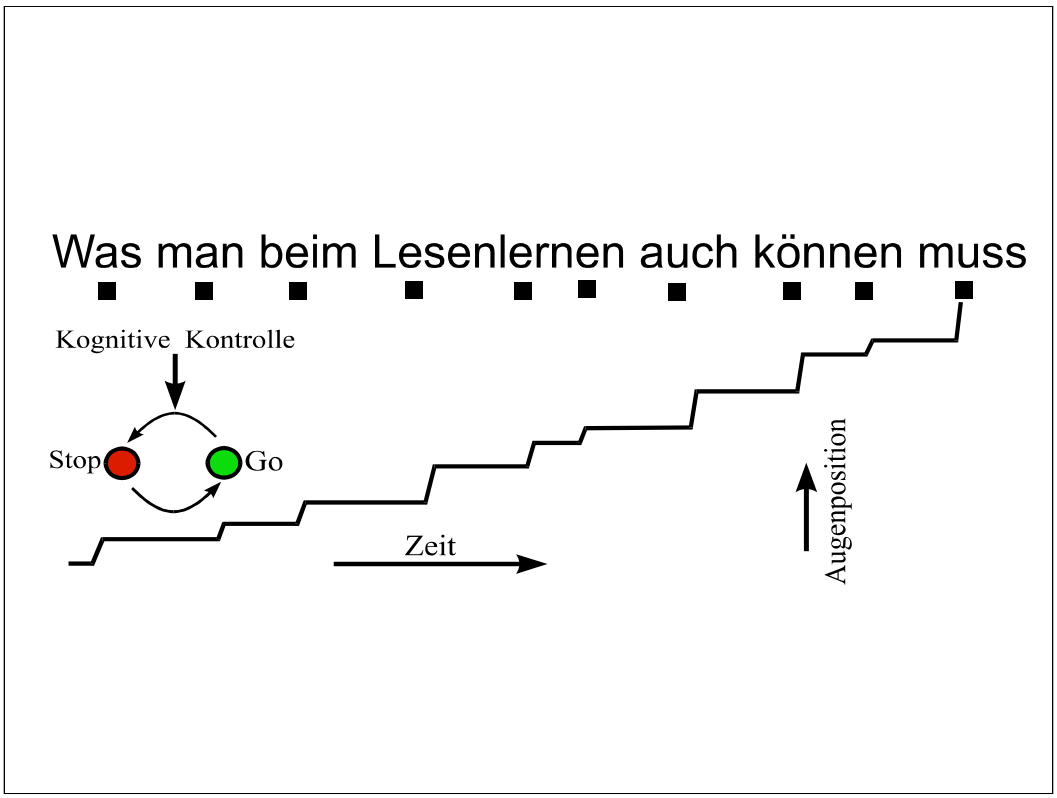


Berühmte Demonstration von Yarbus:

Die Augen bewegen sich 3 bis 5 mal in der Sekunde in schnellen Sprüngen (Sakkaden) über die Szene und verharren an besonders wichtigen Stellen besonders häufig und besonders lang.

Oben rechts sind die Haare ohne besondere Struktur. Dort wird gar nicht hingeschaut, weil es da nichts wichtiges zu sehen gibt.

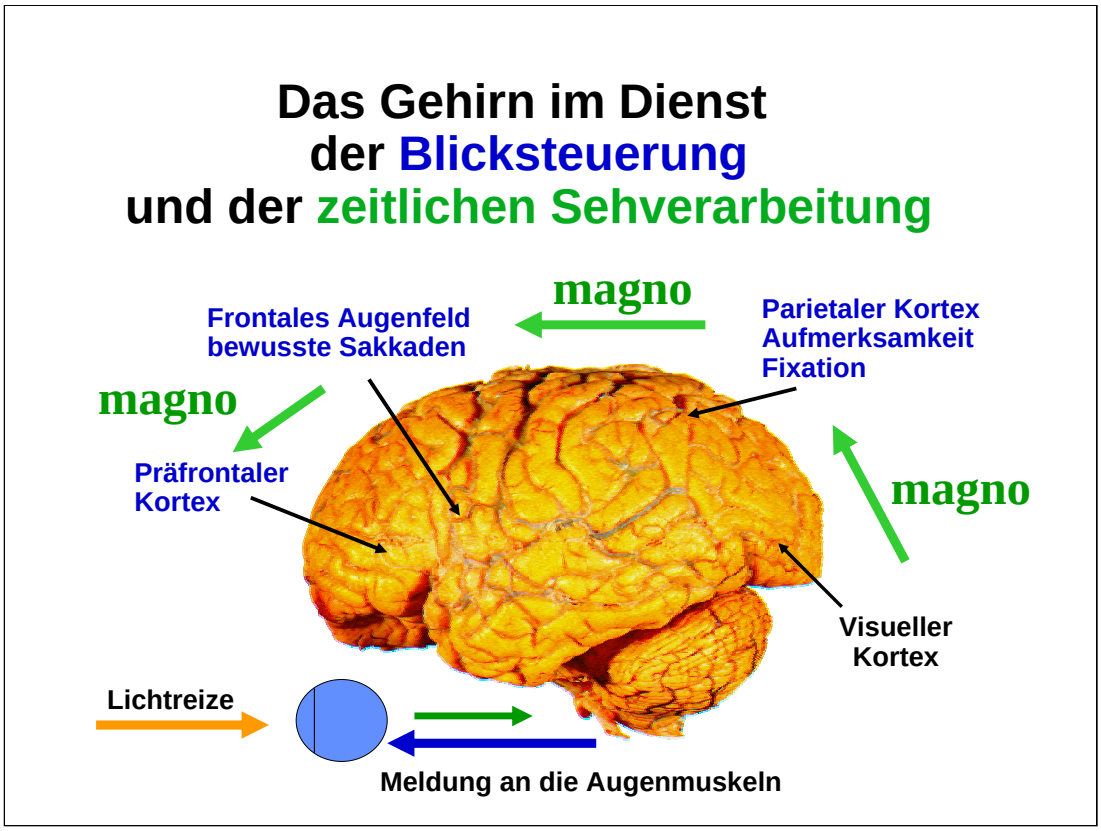
Etwas zu sehen bedeutet immer etwas zu „Er-Blicken“.



Der optomotorische Zyklus bei der Arbeit während des Lesens.

Die Größe und die Zeitpunkte der Blicksprünge hängen davon ab, wieweit der lokale Leseprozess gerade voran geschritten ist. Erst wenn die gerade angeschaute Silbe als solche erkannt ist, darf der nächste Blicksprung erfolgen. Sprachverarbeitung und Blicksteuerung arbeiten also beim Lesen zusammen.

Auch bei nochmaligem Lesen des selben Textes werden daher die Blicksprünge nach Zahl und Größe nicht genau gleich ausfallen.



Diese Ansicht einer linken Gehirnhälfte zeigt die wichtigsten Gebiete der Hirnrinde (Cortex), die bei der Blicksteuerung benutzt werden.

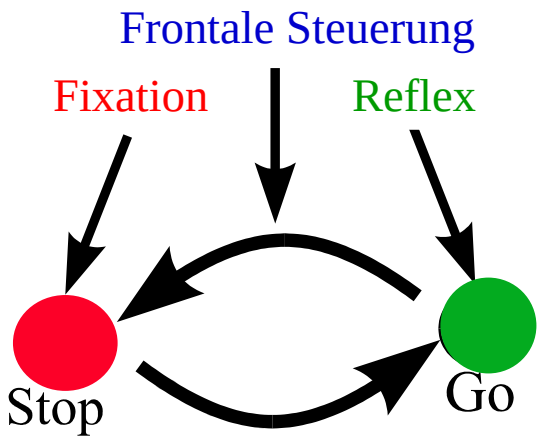
Die Sehinformationen gelangen über das magno-zelluläre System von der Netzhaut des Auges zur Sehrinde und von dort zum parietalen und frontalen Gehirn. Das sog. Magno-zelluläre System (grüne) vermittelt die Informationen und dient auch als zur Wahrnehmung schneller Sehprozesse, z.B. bei der Wahrnehmung von Bewegung.

Die Augenbewegungen sind ein integraler Bestandteil des Sehprozesses.

Das menschliche Gehirn stellt etwa die Hälfte seiner Oberfläche für das Sehen und die Blicksteuerung zur Verfügung.

Der Mensch ist ein Augentier.

Der optomotorische Zyklus



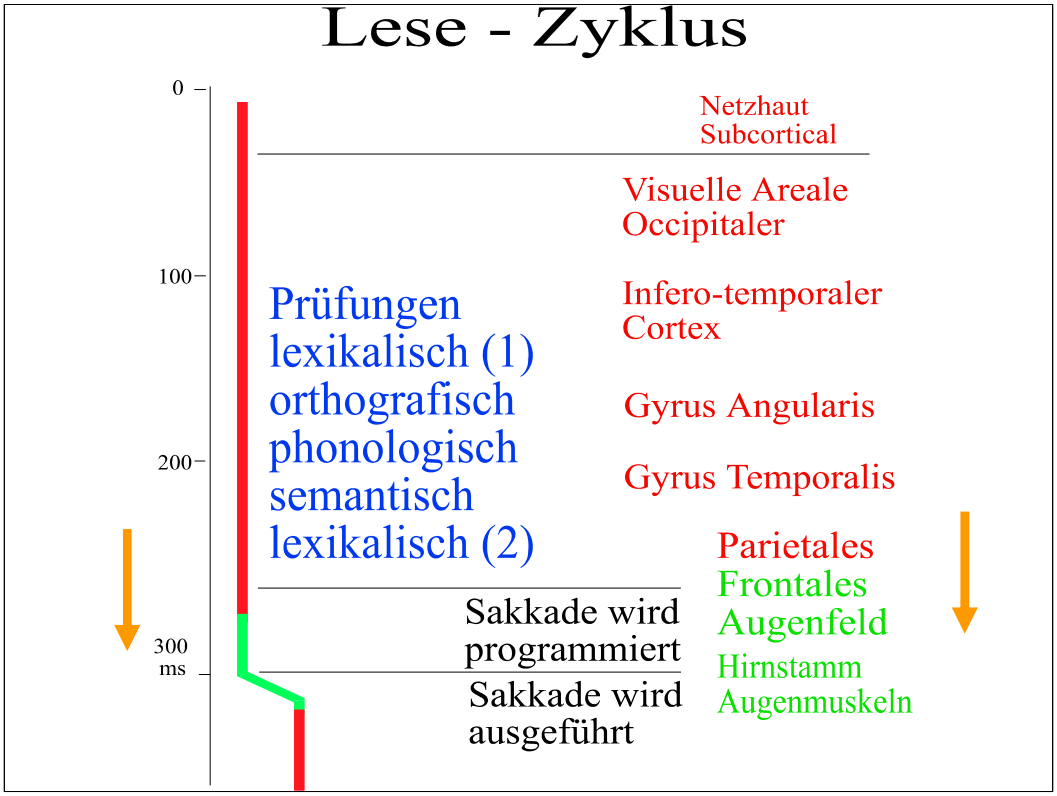
Beim Sehen läuft ein optomotorischer Zyklus ab: ein Stop – and – Go – Verkehr der Augenmotorik.

Dieser Zyklus muss aber kontrollierbar sein und darf nicht immer vollkommen selbständig ablaufen. Gerade beim Lesen ist es wichtig, den Zyklus so zu steuern, dass das nächste Go-Kommando für die Augenbewegung erst dann erfolgt, wenn der lokale Sehprozess an der gerade eingenommenen Stelle abgeschlossen ist.

Die Kontrolle erfolgt durch Funktionen des frontalen Gehirns.

Der Stop – Go – Verkehr selbst muss natürlich auch funktionieren. Bei zu starker Fixation kommt das Go-Kommando zu spät an, bei zu schwacher Fixation, springen die Augen zu früh. Beides ist dem Leseprozess nicht zuträglich.

Dieses Schema bildet die Grundlage der diagnostischen Bewertung der Daten, die mit ExpressEye gewonnen werden.

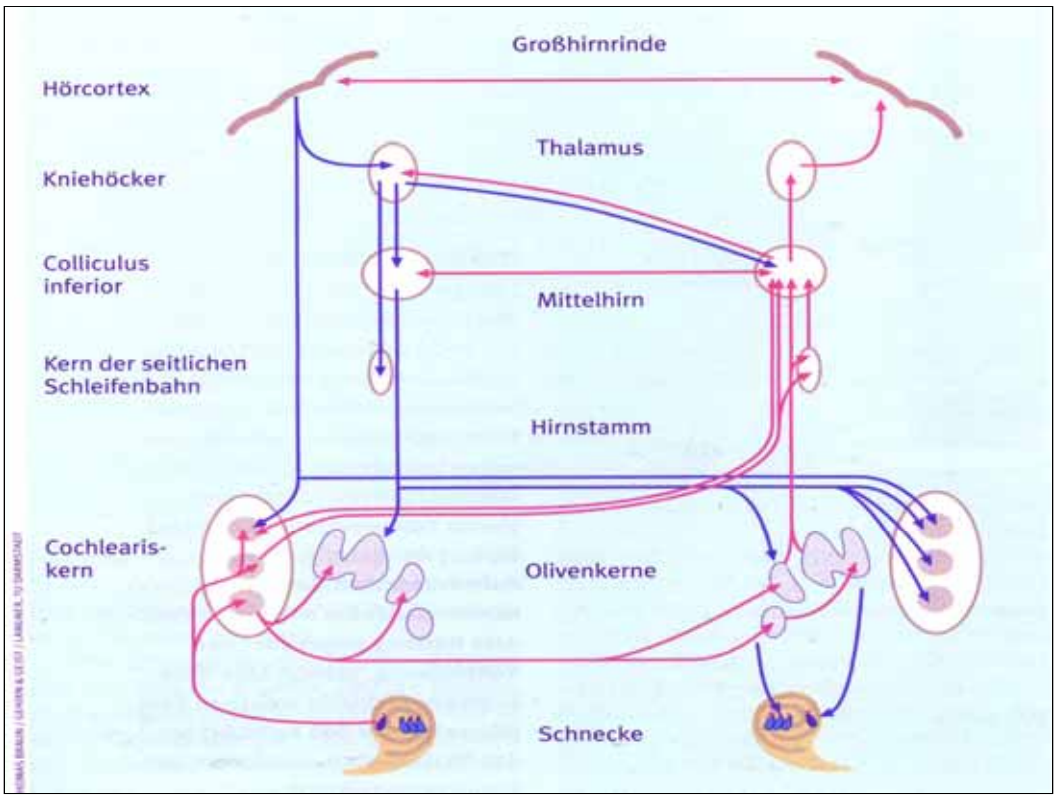


Der gegenwärtige Stand der Forschung zum Zusammenwirken von Sprachverarbeitung und Blicksteuerung beim Lesen.

Der Übergang von der Fixationsperiode zur nächsten Sakkade muss zeitlich mit den Vorgängen in der Sprachverarbeitung koordiniert werden. Klappt diese Koordination nicht oder nicht zuverlässig, so kommt es zu mehr oder minder heftigem „Lesesalat“.

Meist ist der Leseprozess nicht vollkommen unmöglich, sondern nur behindert mit dem Resultat von zu vielen Lesefehlern.

Bei der Untersuchung der Blicksteuerung stellte sich heraus, dass tatsächlich die frontale Steuerkomponente bei Legasthenie systematísch betroffen ist und nicht die gesamte Blicksteuerung.

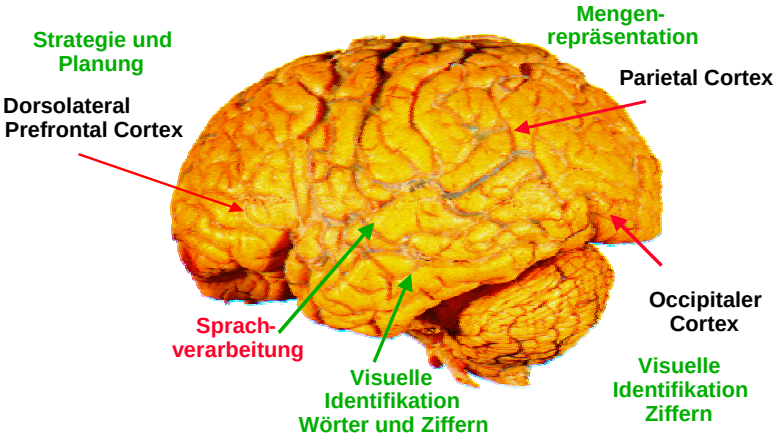


Bis die Nervenimpulse von den Haarzellen der Schnecke die auditorische Hirnrinde erreichen, werden sie von verschiedenen Verarbeitungsstationen gefiltert, verändert und verarbeitet.

Rote Pfeile zeigen den Weg vom linken Ohr zum Gehirn, blaue Pfeile repräsentieren absteigende Nervenbahnen, über die die Eingangsignale von zentralen Stellen geregelt werden kann.

Die Olivenkerne dienen der akustischen Ortung.

Das Gehirn im Dienst des Rechnens



Beim Rechnen werden ganz ähnliche Gehirnstrukturen aktiviert, wie beim Sehen und bei der Blicksteuerung. Besonders wichtig ist hier das parietale Gehirn, das zur Mengenerfassung beiträgt.

Dabei handelt es sich nicht um foveales Sehen, sondern um die Aufnahme von Reizen außerhalb der Fovea. Dies ist ein prinzipieller Unterschied zu FixTest, dessen Sehaufgabe am besten mit der Fovea gelöst werden.

CountFix testet die visuelle Simultanerfassung für 1 bis 4 Items und den Zählprozess für 5 bis 8 Items. Die Prozentzahl korrekter Antworten und deren Reaktionszeit werden ermittelt und mit den Normdaten verglichen.

Die Simultanerfassung im Dienst des Zahlensinns

Mathematik

Rechnen

Zahlen-verständnis

Mengen-begriff

Simultan-erfassung

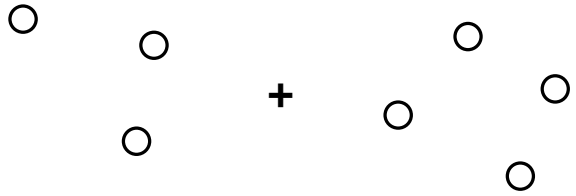
Die Anzahl einer kleinen Menge von Objekten mit einem Blick erfassen zu können ist eine spezielle Sehfähigkeit.

Der stufenweise Aufbau des Zahlensinns beginnend mit der Simultanerfassung.

Nach dieser Hypothese basiert der Zahlensinn auf der Simultanerfassung. Ist diese nicht altersgerecht entwickelt, kann dies ein Grund dafür sein, dass das Rechnen in kleinen Zahlenräumen nicht oder nur ungenügend erlernt wird.

3 + 4

drei + vier



Eine Rechenaufgabe kann in verschiedener Form gestellt werden.

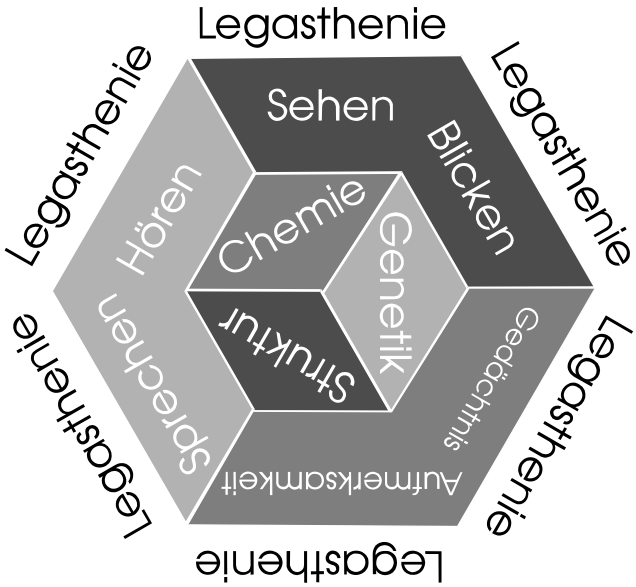
Rechenschwache Kinder kennen die

Ziffern (=Sehzeichen für die Zahlen) und die
Zahlwörter (=Hörsignale für die Zahlen), aber sie haben eine

unzureichende Vorstellung von der jeweiligen Menge, die damit verbunden ist.

Sie verfügen über die Menge „Eins“ und können daher auch einfache Additionen nur unter Zuhilfenahme der Finger lösen: sie können immer nur EINS dazu zählen.

Die vielen Gesichter der Legasthenie

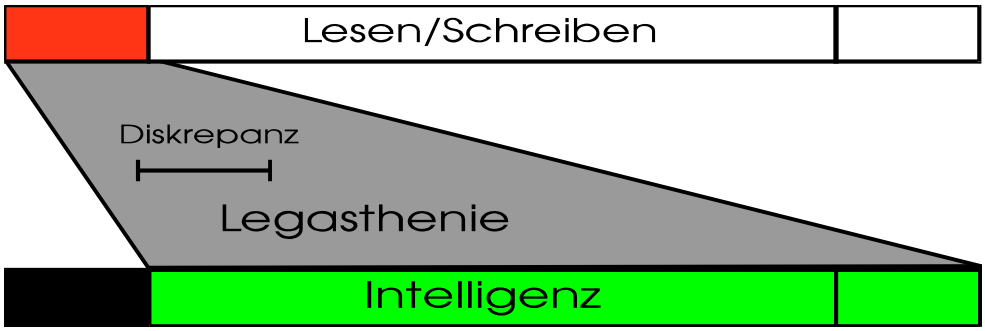


An Problemen beim Erwerb der Schriftsprache können sehr viele verschiedene Faktoren beteiligt sein. Je nachdem wie man die beiden Würfel anschaut, wird die eine oder die andere Problematik deutlich.

Die Beherrschung einer Buchstabensprache stellt das Gehirn vor neue schwierige Aufgaben, auf die es während seiner Jahrmillionen lange Entwicklung nicht vorbereitet wurde. Buchstaben haben keine biologische Bedeutung. Lesen und Schreiben war nie ein biologisches Überlebenskriterium und ist es auch heute nicht.

Das Blicklabor ist zuständig für Hören, Sehen, Blicken, Zählen, also für die Überprüfung und die Verbesserung der Wahrnehmungs- und Blickfunktionen, die vom Gehirn geleistet werden.

Die Definition der Legasthenie
durch das Normalitäts- und das Diskrepanzkriterium



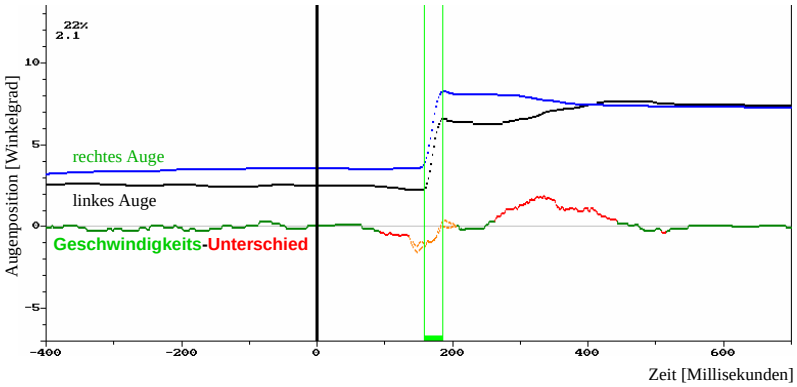
Normbereich

Zur Feststellung von Legasthenie benötigt man einen sprachfreien Intelligenztest, einen Lese- und einen Rechtschreibtest.

Eine Diskrepanz der Schriftsprachleistungen im Vergleich zu den allgemeinen intellektuellen Leistungen bildet die Grundlage für die Diagnose: Legasthenie.

Sinnentsprechend ist auch die Rechenschwäche (Dyskalkulie) definiert.

Die Messung der binokularen (In)stabilität



Methodik:

Die Bewegungen der Augen wurden in einer Overlap-Prosakkaden-Aufgabe gemessen.

Zeiten mit unterschiedlicher Geschwindigkeit beider Augen wurden als Prozentzahl der Messzeit bestimmt. Weniger als 15% der Zeit wurden als unauffällig gewertet.

Gezählt wird die **Anzahl auffälliger Durchläufe**.

Eine Instabilität der Fixation kann durch zu viele unerwünschte Sakkaden hervorgerufen werden (einfache Instabilität) oder durch langsame Drifts eines oder beider Augen gegeneinander (binokulare Instabilität).

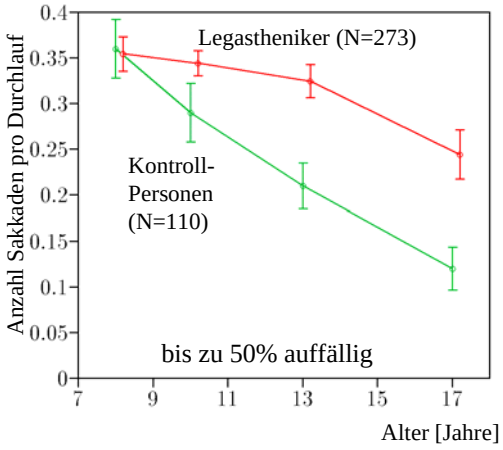
Die Anzahl auffälliger Durchläufe wird als Prozentzahl angegeben. Ein Durchlauf gilt als auffällig, wenn während mehr als 15% der Analysezeit die Relativgeschwindigkeit größer als ein Schellenwert ist.

Die binokulare Stabilität entwickelt sich mit dem Alter und ist auch bei vielen Kontrollkindern noch sehr schwach.

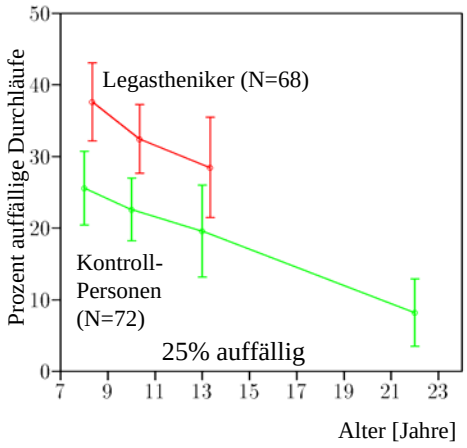
Die binokulare Instabilität kann durch ein einäugiges Blicktraining relativ einfach und schnell reduziert werden.

Die Altersentwicklung der Fixation

Einfache Instabilität



Binokulare Instabilität

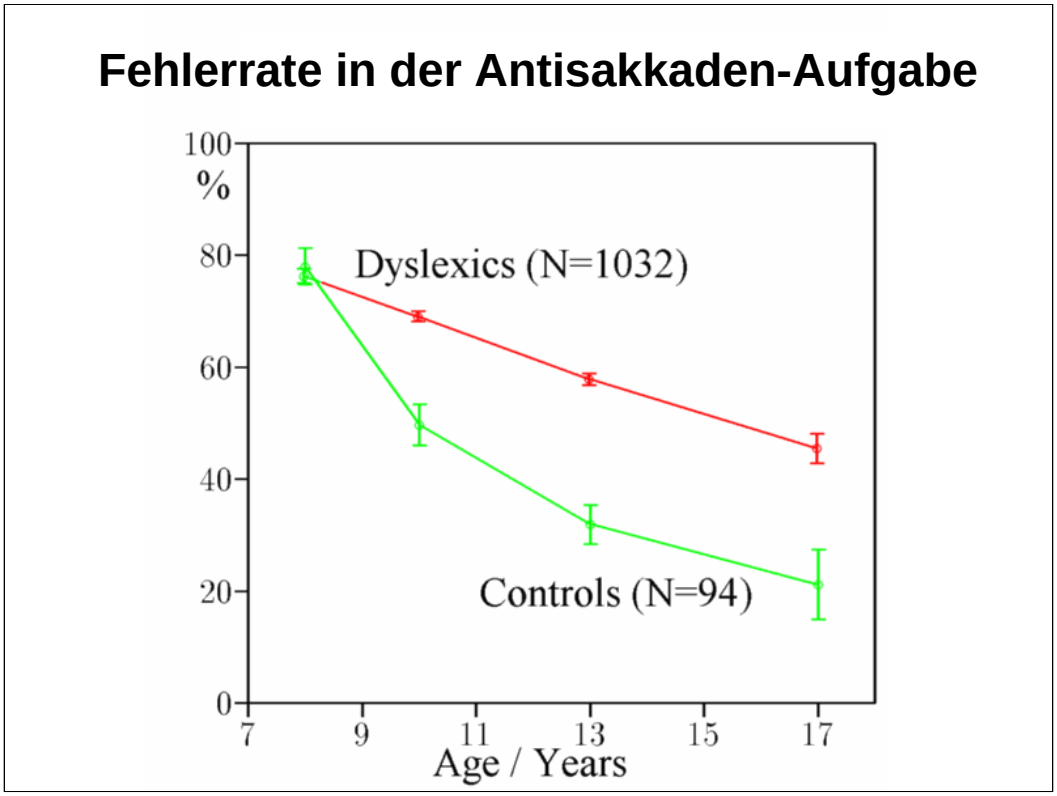


Entwicklung und Entwicklungsrückstände der Instabilität der Fixation.

Die Stabilität kann gestört werden durch unerwünschte (meist) kleine Blicksprünge zur falschen Zeit = einfache Instabilität

Die Auffälligkeitsquote bei Legasthenie wächst mit dem Alter bis auf etwa 50%

Langsame Drifts eines oder beider Augen gegeneinander stören die binokulare Instabilität. Die Auffälligkeitsquote beträgt ca. 25% bei Legasthenie.



Entwicklung der frontalen Blickkomponente bei Kontrollkindern und bei Legasthenikern.

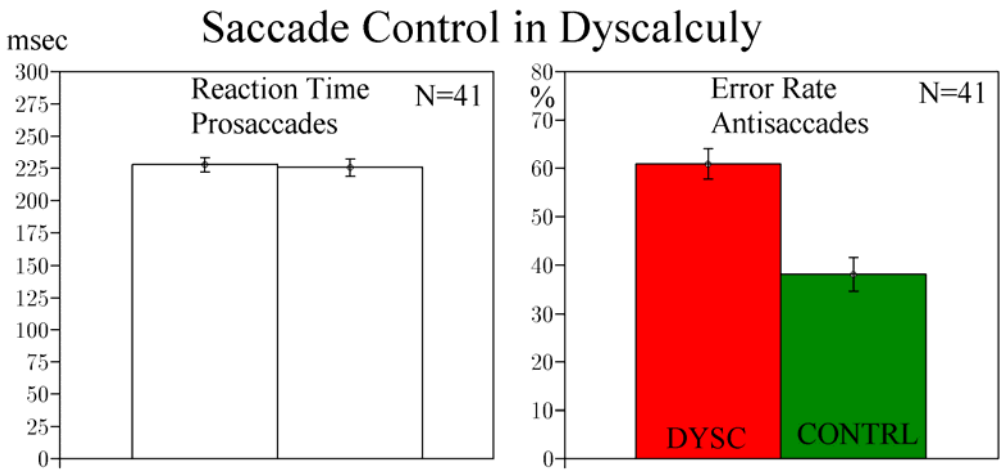
Bei Schuleintritt beginnen die Kinder im Mittel mit den gleichen Werten von 80% Fehler. D.h. die willentliche Steuerung funktioniert fast noch gar nicht.

Beide Gruppen durchlaufen eine Entwicklung.

Für die Legastheniker wird der Entwicklungsrückstand wird immer größer.

Die Blicksteuerung bei Rechenschwäche

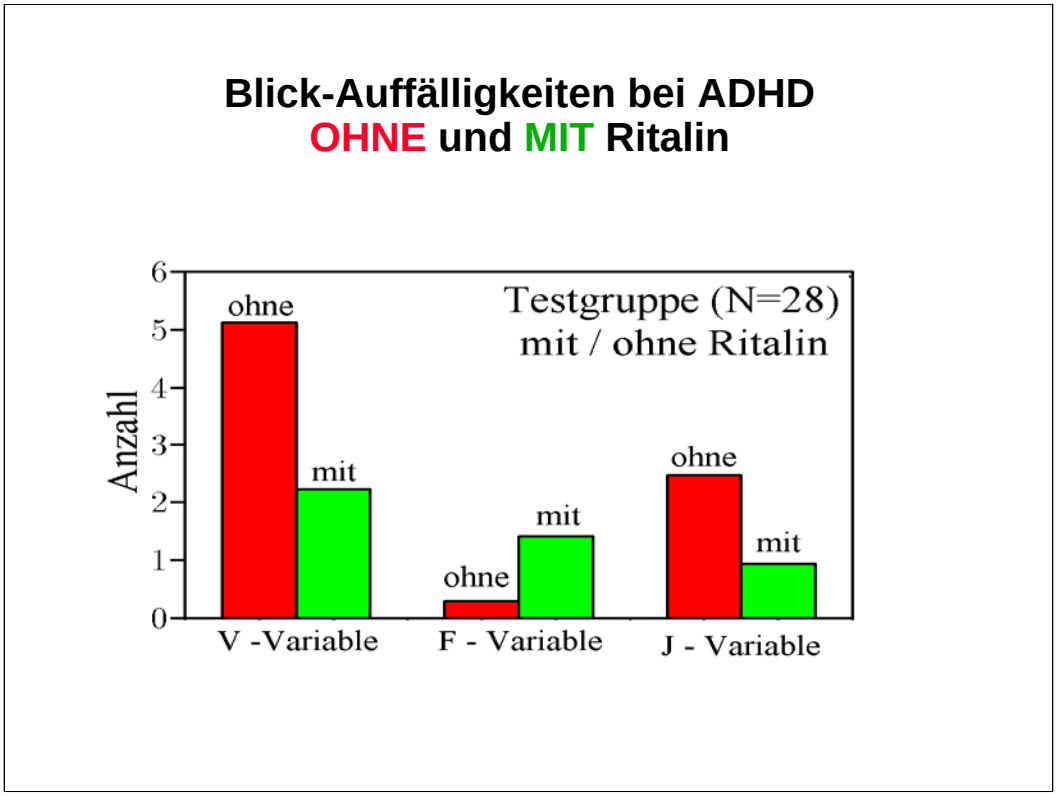
Auffälligkeitsquote ca. 50%



Auch bei Rechenschwäche kann es Auffälligkeiten in der Blicksteuerung durch das frontale Gehirn geben.

Die reflexartigen Sakkaden, wie sie in der Overlap-Prosakkaden-Aufgabe gefordert sind, sind nicht systematisch betroffen (weiße Säulen, linke Seite).

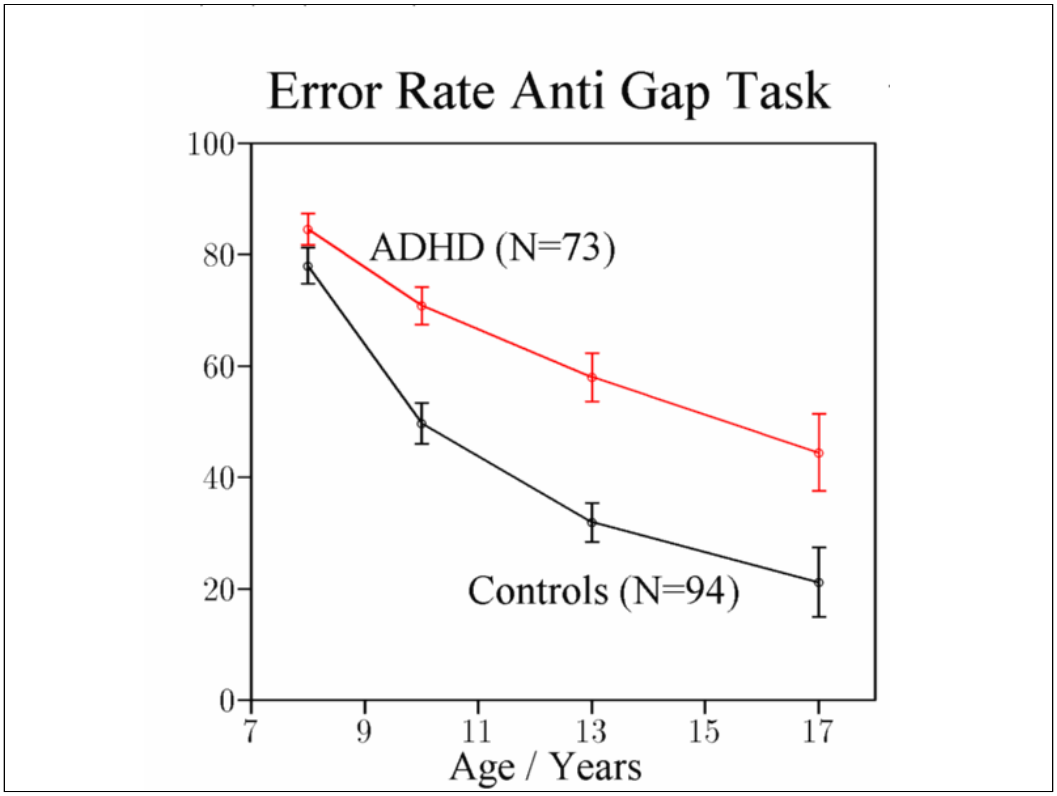
Die frontale Komponente zeigt deutlich mehr Auffälligkeiten (rechte Seite)



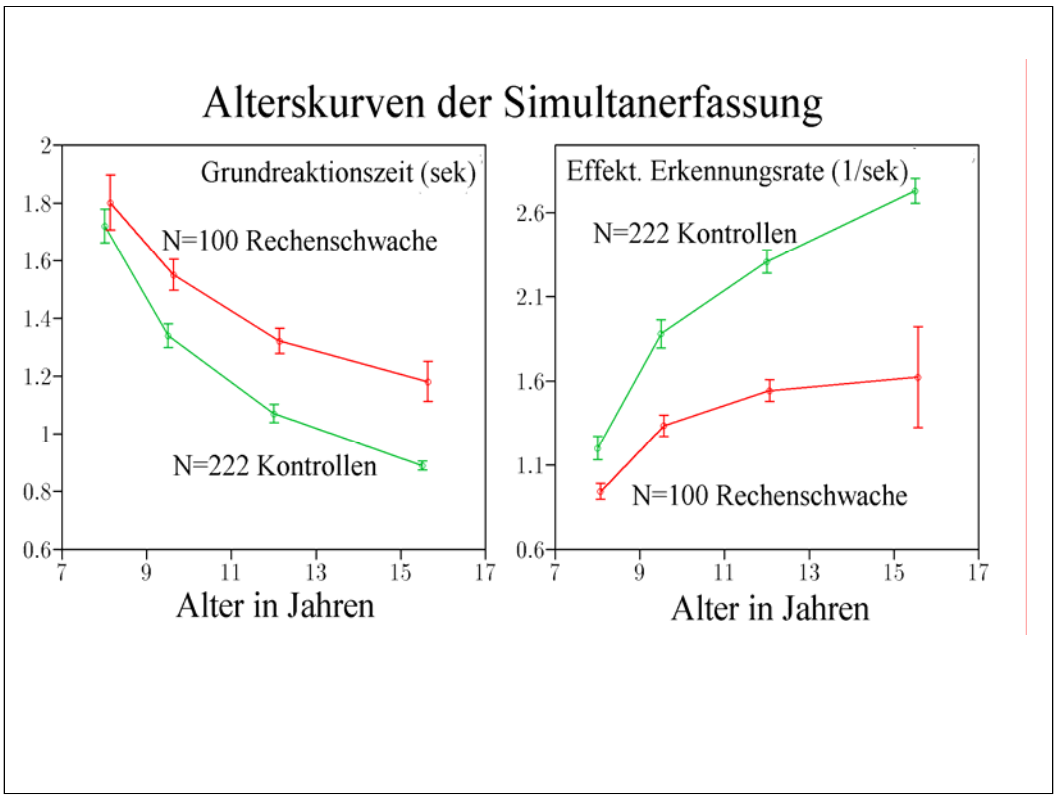
Bei ADHS wird oft das Medikament Ritalin verschrieben. Viele, aber nicht alle Kinder können es zu ihrem Vorteil nutzen. Ritalin verbessert die Symptomatik, aber hat keine heilende Wirkung.

Ritalin verbessert für die Dauer seiner Wirkung die frontale Sakkadensteuerung, aber schwächt (ein wenig) die Stärke der Fixation, indem mehr Express Sakkaden auftreten (eine unerwünschte Wirkung). Daher ist die Dosierung kritisch und muss gut eingestellt werden.

Ritalin wirkt auf das Dopamin-System, indem es die Wiederaufnahme (re-uptake) von Dopamin aus dem synaptischen Spalt mindert und so die Wirkung des ausgeschütteten Dopamins erhöht.



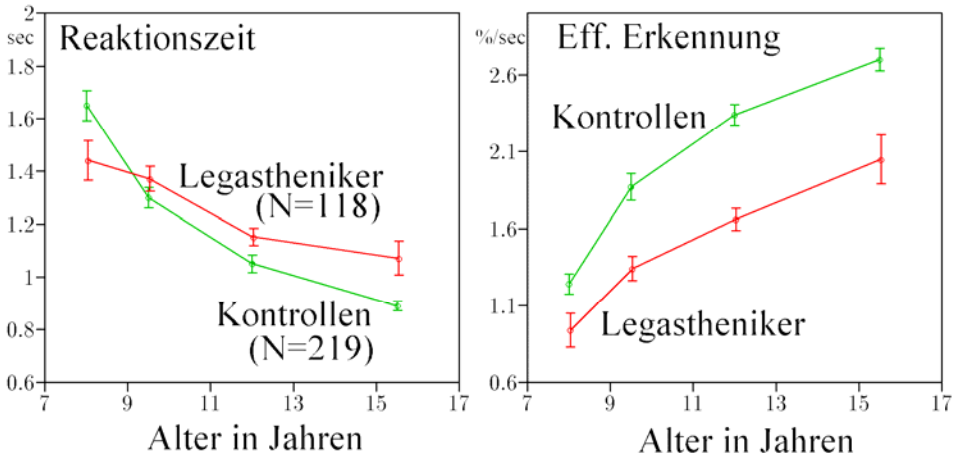
Die Entwicklung der frontalen Sakkadensteuerung bei ADHS und bei Kontrollen.



Die Entwicklung der Fähigkeit der visuellen Simultanerfassung und des Zählprozesses bei Kontrollen und bei rechenschwachen Kindern. Auch in der jüngsten Altersgruppe gibt es schon einen Rückstand in der Effektiven Erkennungsrate.

Die Auffälligkeitsquote steigt von 40% in der jüngsten Gruppe bis auf 80% in der 3. Altersgruppe.

Die Simultanerfassung bei Legasthenie



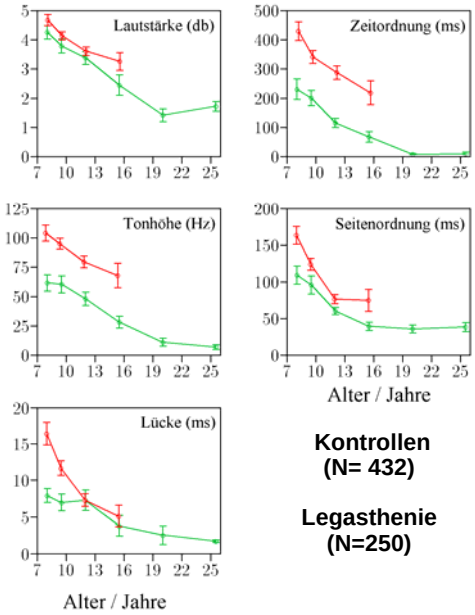
Die Entwicklung der Fähigkeit der visuellen Simultanerfassung und des Zählprozesses bei Kontrollen und bei legasthenischen Kindern.

Die Reaktionszeiten sind nur unwesentlich betroffen, die effektive Erkennungsgeschwindigkeit ist dagegen deutlich langsamer in allen Altersgruppen.

Die Auffälligkeitsquote steigt von 40% in der jüngsten Gruppe bis auf 60% in den beiden ältesten Gruppen.

Die Ergebnisse der sprachfreien Hörtests

von Kontrollpersonen im Vergleich zu Legasthenikern

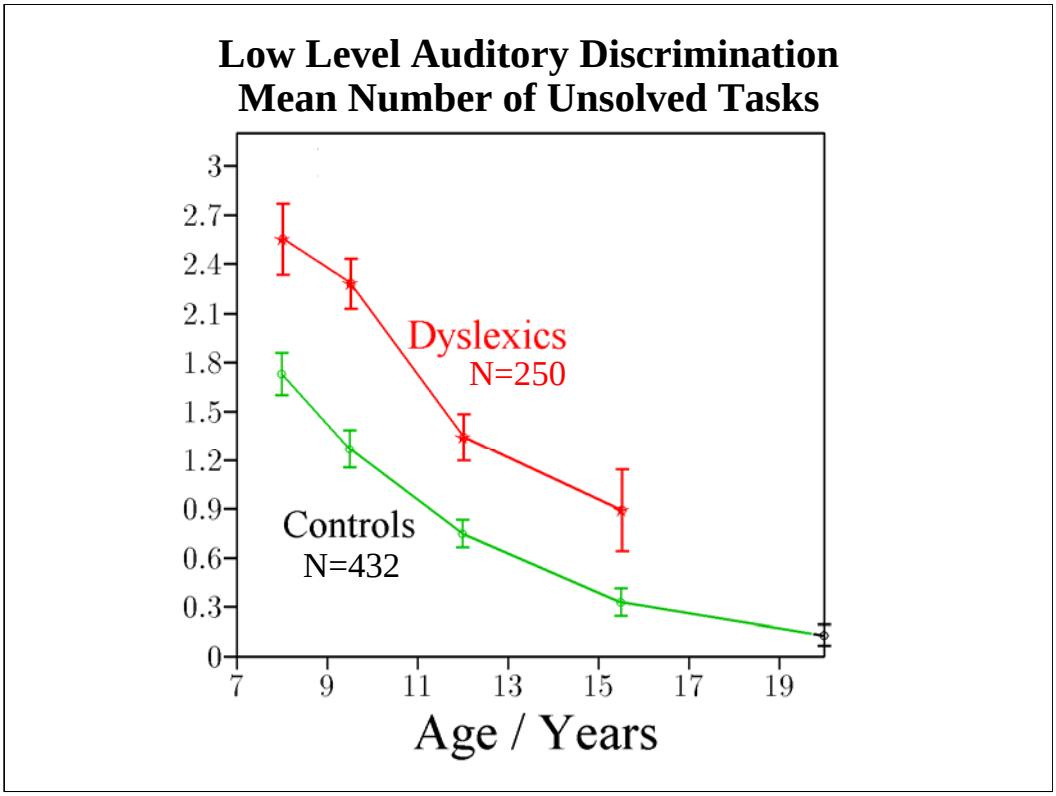


Kontrollen
(N= 432)

Legasthenie
(N=250)

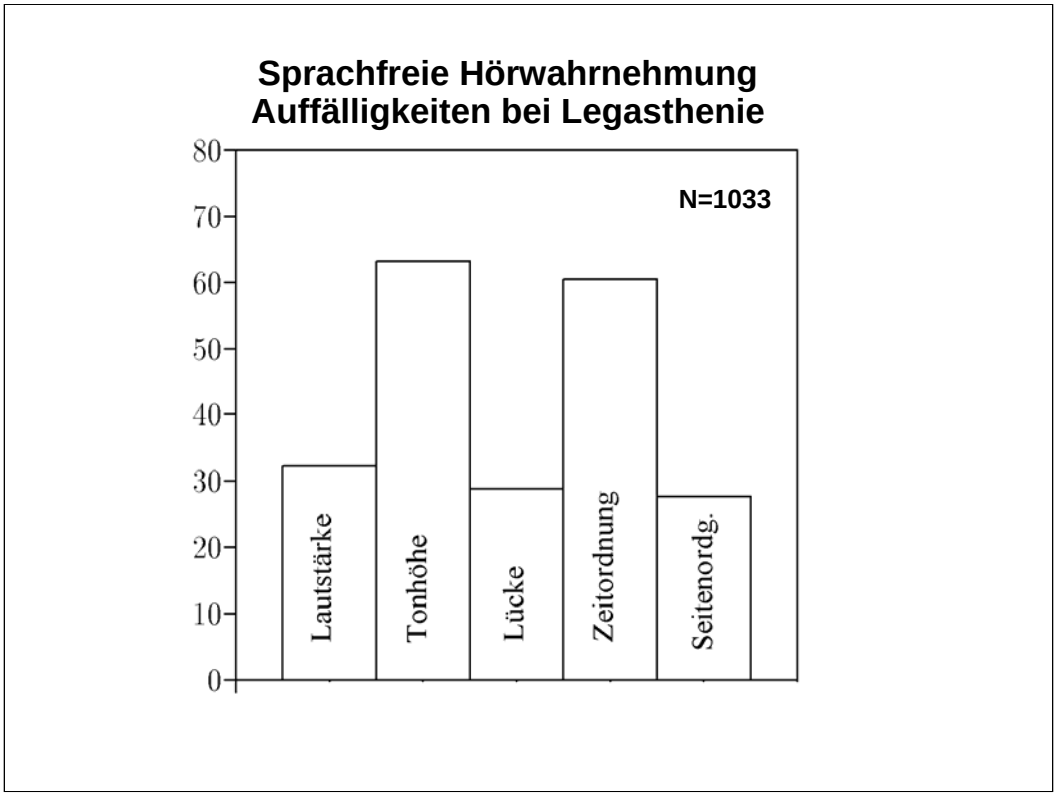
Entwicklung der sprachfreien auditiven Differenzierung in den 5 Unterfunktionen bei Legasthenie.

Nicht alle Unterfunktionen sind gleichermaßen betroffen und die Unterschiede zu den Kontrollen hängen vom Alter ab.



Von den 5 Test-Aufgaben konnten viele Kinder nicht alle lösen. Auch in der einfachsten Anfangsform konnten sie nur raten.

Die Anzahl der nicht gelösten Aufgaben nimmt mit dem Alter ab. Sie ist bei Legasthenikern in allen Altersstufen deutlich erhöht.



Auffälligkeiten in der sprachfreien auditiven Differenzierung bei Legasthenie dargestellt durch die Prozentzahl von Kindern, die unterhalb eines Prozentrangs von 16 abgeschnitten haben.

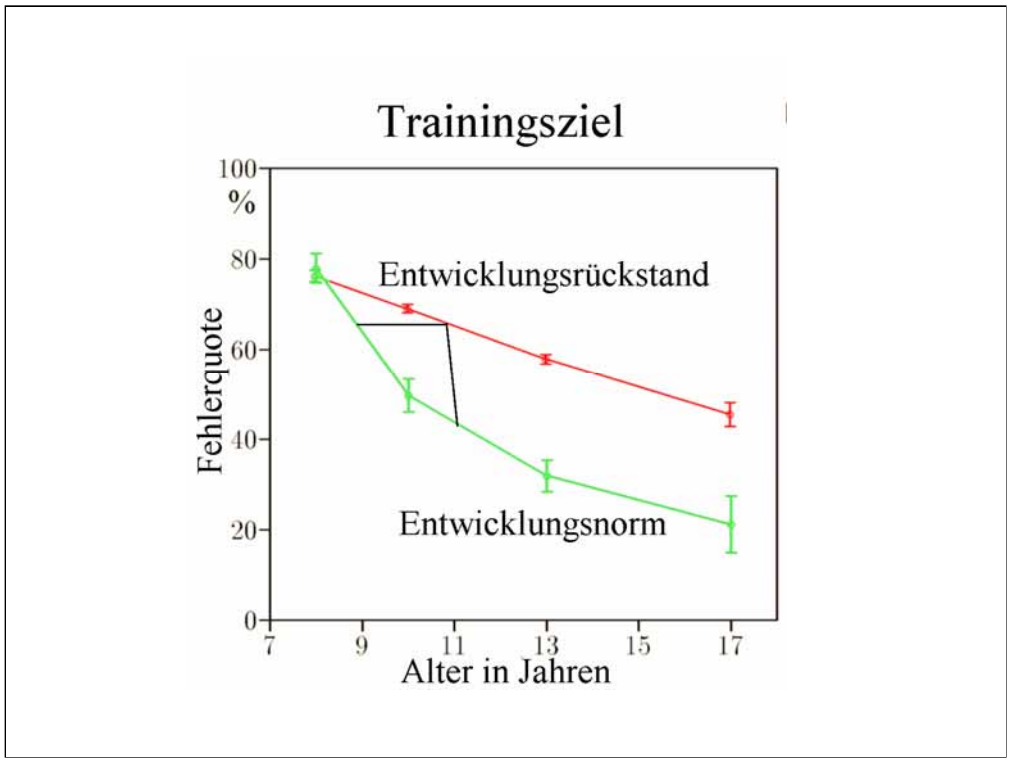
Die Tonhöhenunterscheidung und die Zeitordnung (also die zeitliche Auflösung zweier verschiedener Töne) sind am häufigsten betroffen.

Was tun, wenn Auffälligkeiten gefunden sind?

Durch Training die betroffene Funktion verbessern
Ein Training sollte folgende Eigenschaften haben:

Gezielt
Evaluiert
Adaptiv
Kontrolliert

Dann mit pädagogischen Fördermaßnahmen beginnen, deren Erfolg nun größer sein sollte.



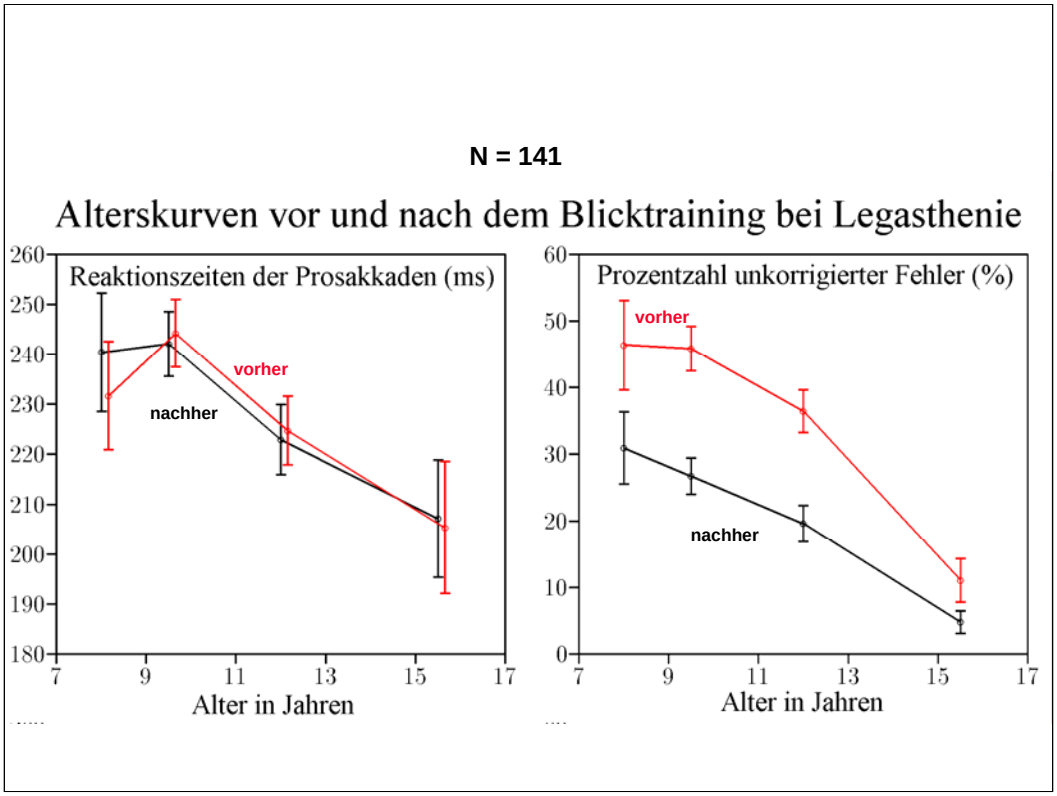
Das Trainingsziel ist es immer, die jeweilige nicht altersgerecht entwickelte Sinnesleistung so schnell wie möglich in den Normbereich zu verbessern.

Das Trainingsziel ist es nicht, auch gleich die Lese-oder Schreibleitung zu verbessern.

Dafür sind nach wie vor die Pädagogen und LRS-Therapeuten zuständig.

Aber es kommt oft vor, dass sich sofort nach dem Training Lesen und/oder Schreiben verbessern.

War die trainierte Funktion das einzige Problem eines Kindes, so kann das Training in sehr kurzer Zeit (Wochen) zur einer normalen Lese- oder Schreibleistung führen.



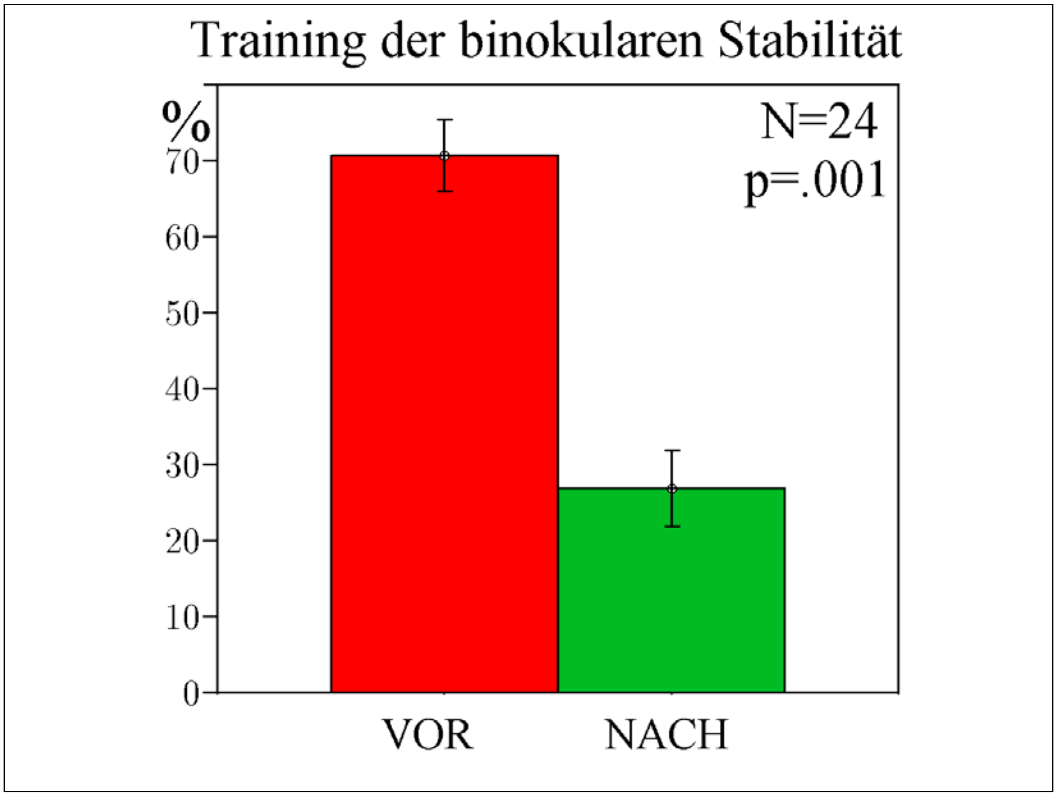
Die Alterskurven vor und nach dem Blicktraining.

Links: die Reaktionszeiten der Prosakkaden werden nicht systematisch verändert. In dieser Hinsicht hatten sich die Kinder aber auch vor dem Training nicht systematische unterschieden.

Einzelne Kinder können aber, je nach Training, doch schneller oder langsamer werden

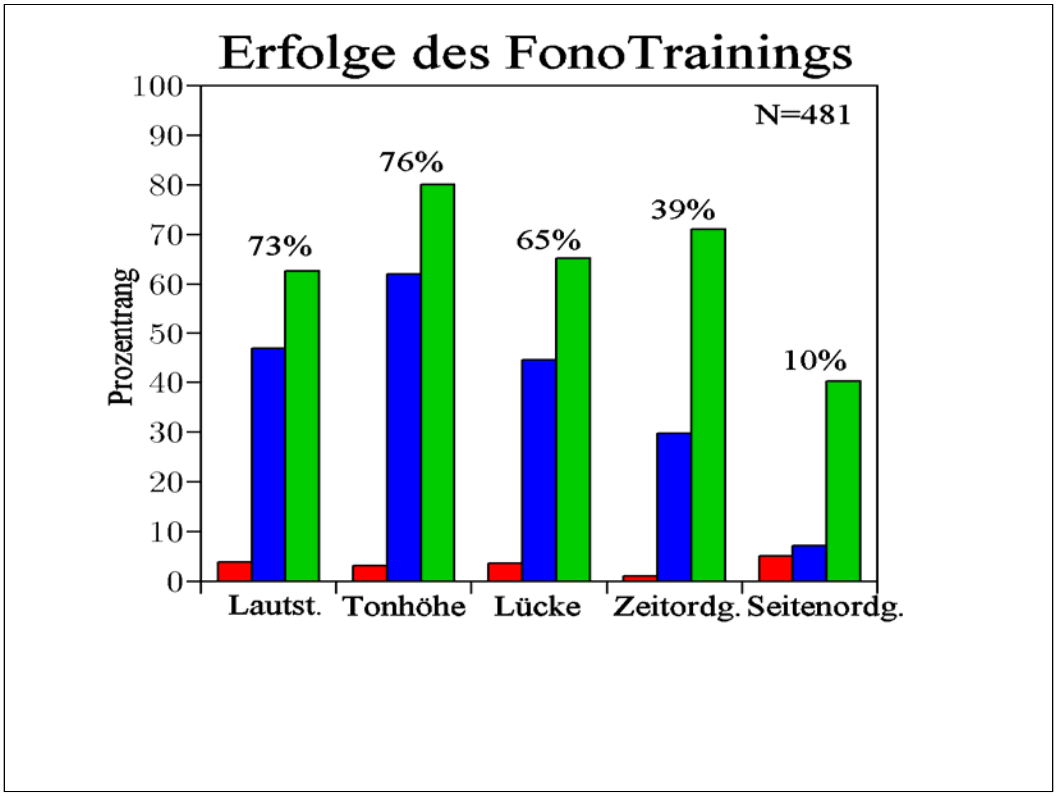
Die Prozentzahl der unkorrigierten Fehler aus der Anti-Aufgabe, ein Maß für die Güte der frontalen Blickkomponente, wird deutlich in allen Altergruppen gemindert.

Etwa 85 % der trainierten Kinder hatten sich in 3 oder sogar allen 4 Variablen der Anti-Aufgabe verbessert.



Das monokulare Training zur Stabilisierung des Blickwinkels zwischen beiden Augen funktioniert erstaunlich gut in kurzer Zeit und bei fast allen Kindern.

Das driftende Auge wird beim Training allein benutzt. Wenn es nicht klar ist, welches Auge die Stabilität stört, wird abwechselnd mit dem rechten und linken Augen trainiert.



Die mittleren Prozentränge vor dem Training (rot Säulen) und nach dem Training (blaue Säulen).

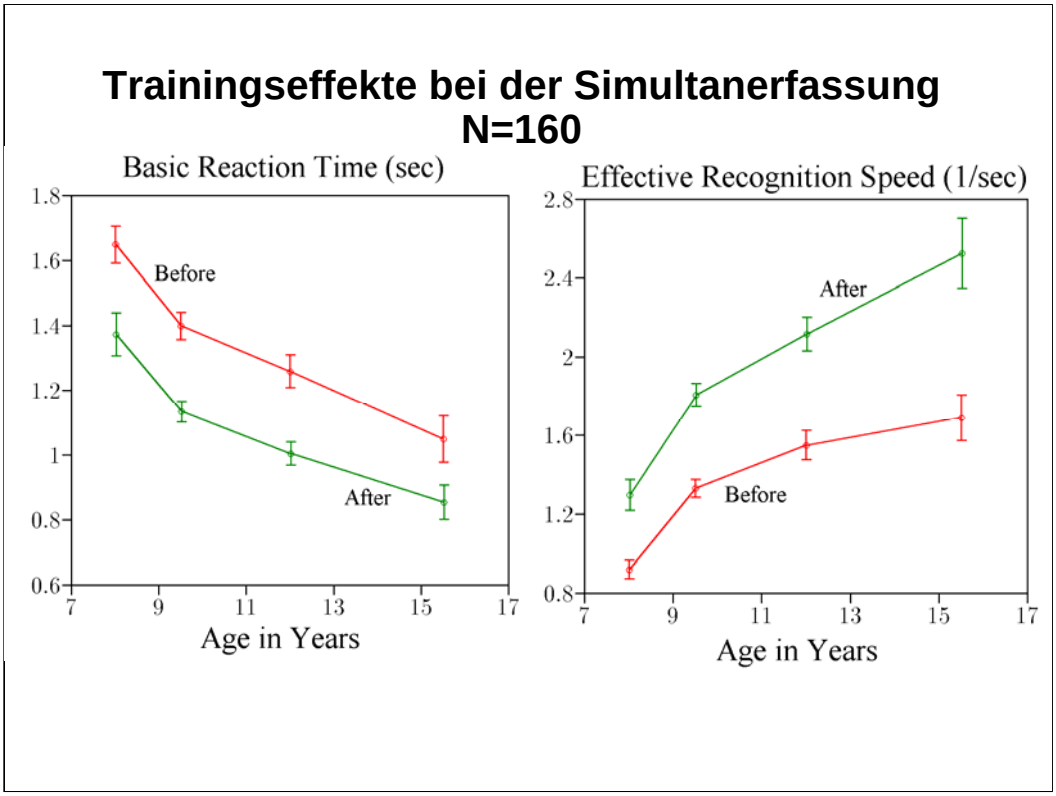
Die Studie umfasst 481 legasthenische Kinder im Alter von 7 bis 17 Jahren mit Defiziten in mindestens einem der 5 Bereiche.

Vor dem Training sind alle Mittelwerte deutlich unter 16, weil die Personen zum Training ausgewählt wurden, weil sie einen PR unter 16 erreicht hatten.

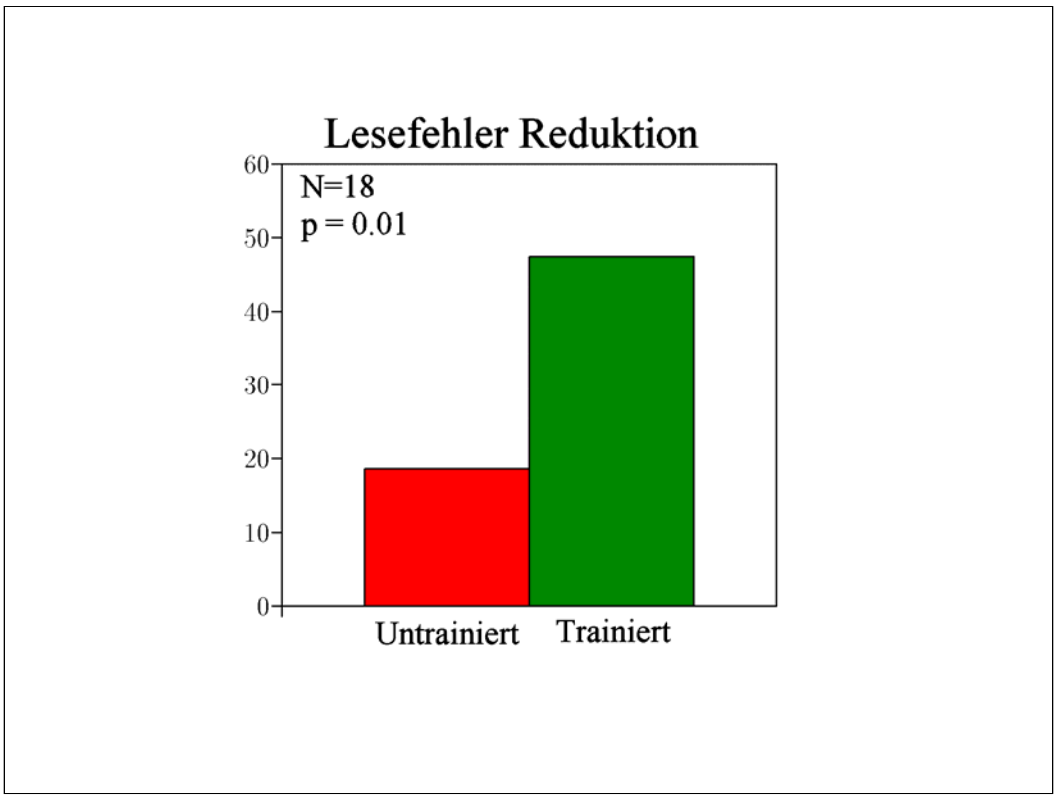
Nach dem Training sind die Mittelwerte deutlich größer als 16, mit Ausnahme der „Seitenordnung“.

Oberhalb der Säulen stehen die Prozentzahlen der Kinder, die nach dem Training PR 20 oder mehr erreicht haben (Erfolgsquoten).

Berechnet man die Mittelwerte nur für diese Erfolgreichen, so ergeben sich die grünen Säulen. Sie sind (natürlich) höher. Zu beachten ist: sie sind deutlich höher als 50 (Ausnahme Seitenordnung). Dies zeigt: wenn das Hörtraining funktioniert, geht es schnell (10 Tage pro Aufgabe) und richtig gut.



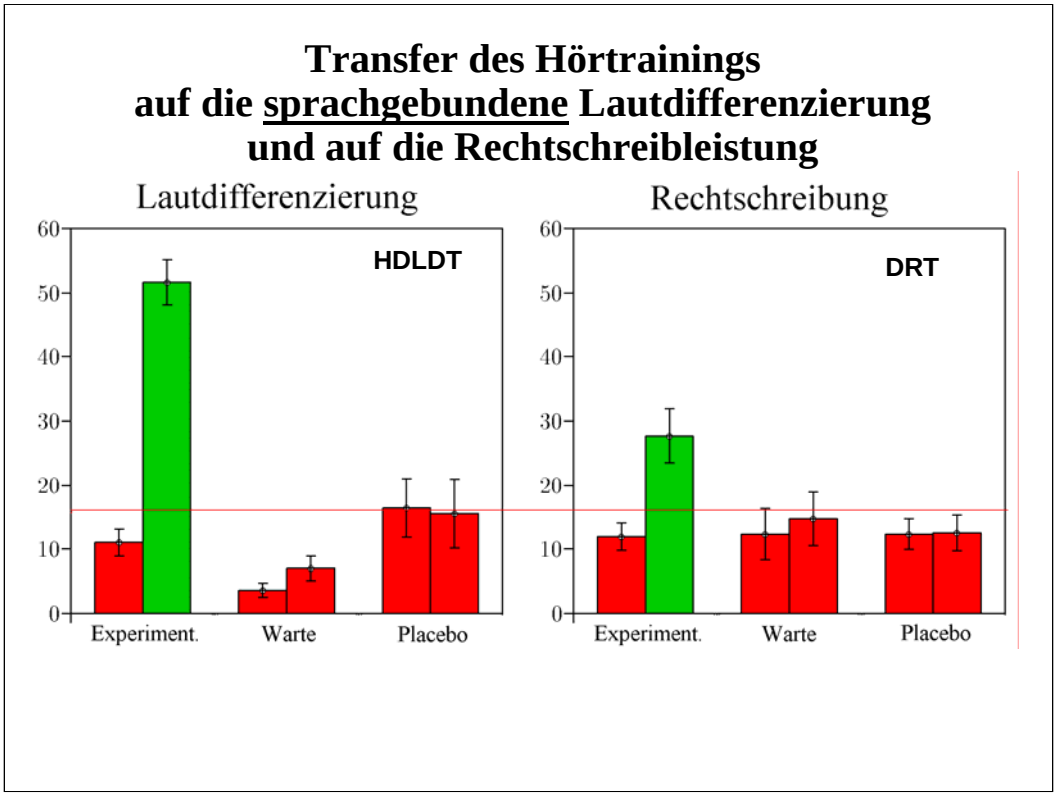
Aus den roten Kurven werden durch Training die grünen. Etwa 75% der Kinder können eine oder zwei Variable der Testaufgabe verbessern.



Säulendiagramm des Transfereffekts des Blicktrainings auf das Lesenlernen. Als Maß wurde die Summe der Lesefehlerarten benutzt.

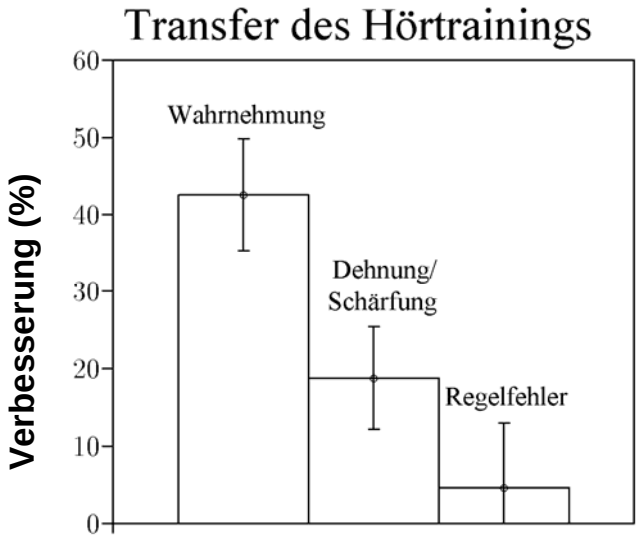
Die genaue Analyse zeigt, dass die Kinder ab einem Alter von 8 Jahren besonders deutlich profitieren.

Der positive Effekt stellt sich meist kurz nach dem Training ein.



Säulendiagramm der Transfereffekte (mittlere Prozentränge)

1. Vor dem Training war auch der HDLDT unterdurchschnittlich ausgefallen. Und das für alle 3 Gruppen.
2. Nach dem Training verbesserten sich alle Mitglieder der Experimentalgruppe über PR 20. Es gab einen 100%-igen Transfer.
3. Weder die Warte- noch die Placebogruppe zeigte Verbesserungen.
4. Vor dem Training waren die Leistungen im DRT unter PR 16, da alle Kinder als legasthenisch eingestuft waren. Nach dem Training zeigte nur die Experimentalgruppe Verbesserungen. Allerdings nicht so stark, wie im HDLDT. Der Grund: auch Regelfehler wurden bewertet, die man aber durch besseres Lauschen nicht verhindern kann (s. nächste Folie).

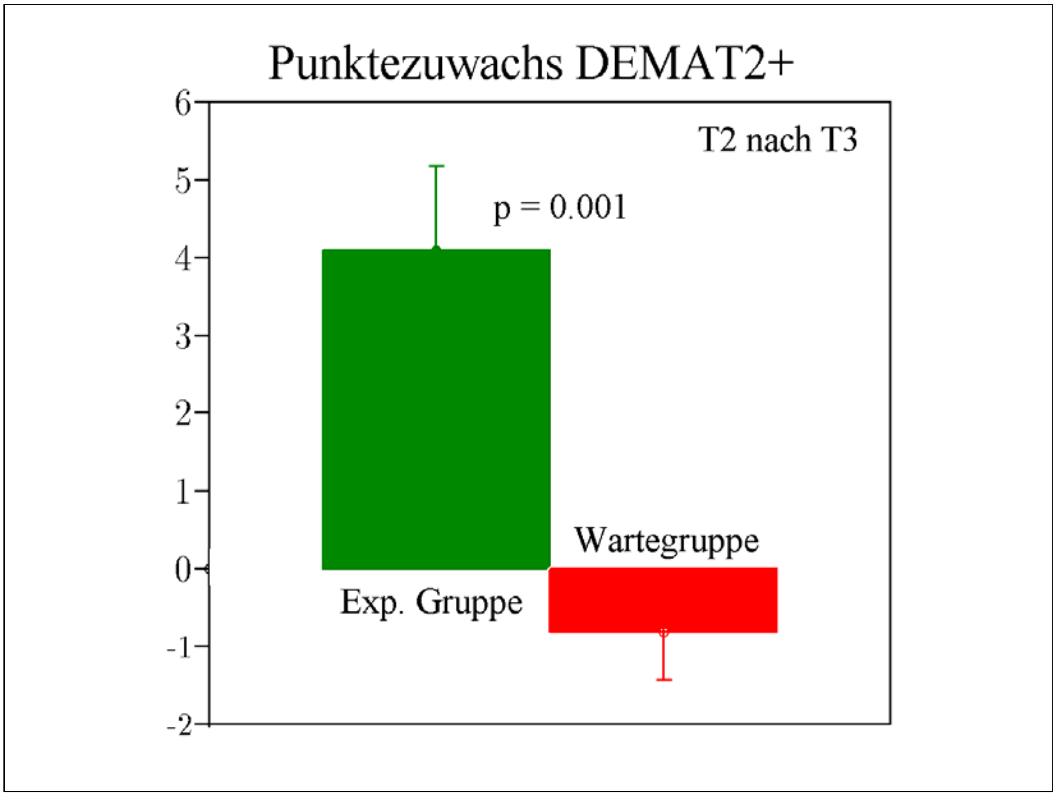


Das Hörtraining wirkt spezifisch auf die Wahrnehmungsfehler. Placebo-Effekte gibt es nicht.

Aufschlüsselung der Verbesserungen im DRT nach Fehlerarten:

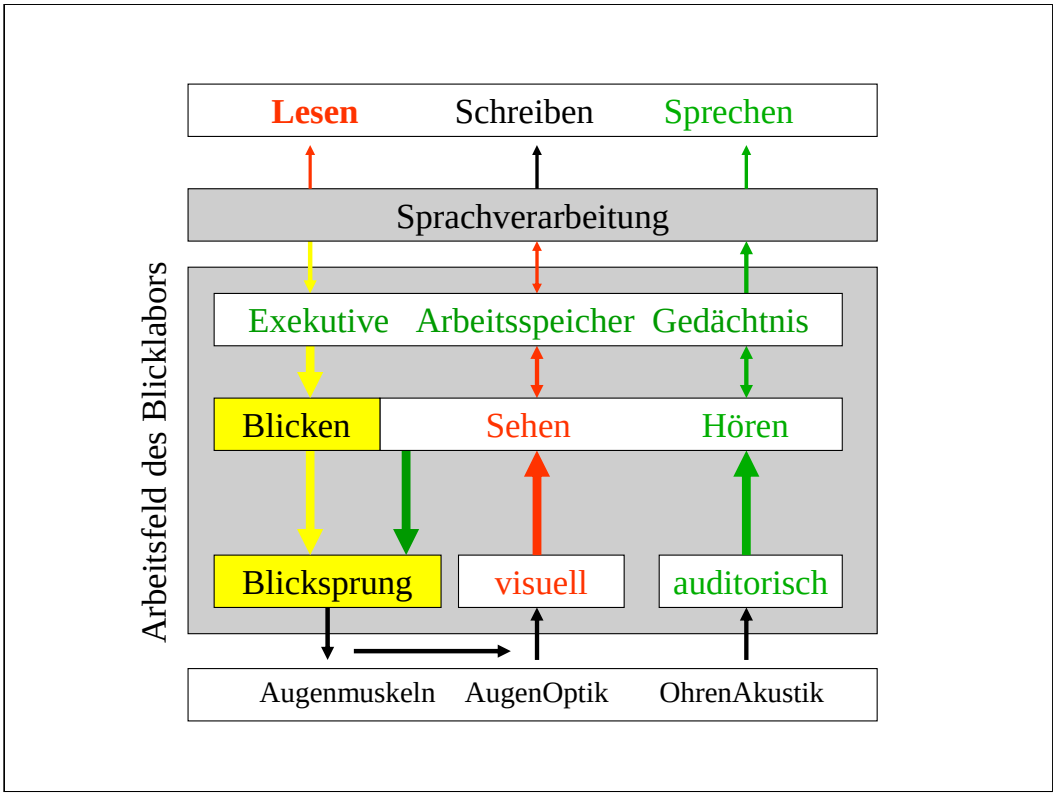
Die Hauptverbesserungen zeigen sich in den Wahrnehmungsfehlern. Eine kleineren aber immer noch deutlichen Effekt sieht man in den Dehnungs- und Schärfungsfehlern.

Die Regelfehler konnten nicht gemindert werden. Das kann man auch nicht erwarten, da diese ja gerade so definiert sind, dass man die Rechtschreibung aus den grammatischen Regeln, bzw. aus dem Wortstamm erschließen muss und nicht „erlauschen“ kann.



Der Vergleich der Rechenfähigkeit vor und nach dem Training wurde für beide Gruppen mit dem DEMAT 2+ geprüft. Das Ergebnis zeigt, dass die Trainingsgruppe (grün) einen deutlichen Vorteil gegenüber der Wartegruppe (rot) erzielen konnte, der mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von p = 0.001 signifikant ist.

Die Vorteile ergaben sich aber nicht in allen Teilaspekten des Rechentests, sondern nur in 8 von 10. Dies bedeutet, dass ein Placebo-Effekt nicht für den Vorteil in den Variablen verantwortlich gemacht werden kann, denn dann hätte alle Untertests einen Vorteil erbringen müssen.



Diese Schema zeigt in sehr vereinfachter Form die Eingliederung von Sehen, Hören und Blicken in die Funktionen der Sprachverarbeitung beim Lesen und Schreiben.

Die Diagnostik und die Hilfen beziehen sich auf die Teilbereiche im großen grauen Kasten. Zusammen mit dem Arbeitsspeicher bilden sie die Grundlagen des Lesens und Schreibens, aber noch nicht das Lesen und Schreiben selbst.

Leseempfehlung

Burkhart Fischer
Blick-Punkte: Neurobiologische Prinzipien des Sehens und der Blicksteuerung
H. Huber Verlag, Bern, 1999

Burkhart Fischer
Hören-Sehen-Blicken-Zählen
Teilleistungen und ihre Störungen
H. Huber Verlag, Bern, 2003

Stanislas Dehaene
Der Zahlensinn: Warum wir nicht rechnen können
Birkhäuser Verlag, Basel, 1999

Manfred Spitzer
Lernen: Gehirnforschung und die Schule des Lebens
Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2002

Hardi Fischer
Entwicklung der visuellen Wahrnehmung
Beltz Psychologie VerlagsUnion, 1995