



# Zentrale Automatisierungsstörung als Ursache von Lernproblemen



## Zentrale Automatisierungsstörungen als Ursache von Lernproblemen

### Wirksamkeit des Warnke®-Verfahrens durch wissenschaftliche Studien untermauert

Dieser Beitrag stellt ein Modell für die Ursachen von Lernproblemen vor allem im sprachlichen Bereich und deren Abhilfe vor. Es entstand bereits zu Beginn der neunziger Jahre. Heute arbeiten mehr als tausend Therapeuten verschiedener Fachrichtungen nach dieser Methode. Dennoch galt sie noch bis vor zwei Jahren, vor allem bei der deutschen Phoniatrie und Pädaudiologie sowie der Kinder- und Jugendpsychiatrie, als umstritten. Inzwischen wandelte sich dieses Bild. Dazu tragen mehrere Dissertationen an der Abteilung Medizinische Psychologie der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) bei. Nun erbrachten zwei durch Prof. Uwe Tewes von der MHH wissenschaftlich begleitete Studien den empirischen Nachweis für die Wirksamkeit des Modells. Zuerst wurde nachgewiesen, dass ein Zusammenhang zwischen Lernstörungen und so genannten Low-Level-Defiziten im Hören, Sehen und der Motorik besteht. Ferner verbessert dieses Training nicht nur die Leistungen in der zentralen Verarbeitung, sondern führt zu einem bedeutsamen Transfer auch auf die Rechtschreibleistungen.

### Grundlagen des Wirksamkeitsnachweises

Die bloße Erfahrung, dass ein Verfahren wirksam eingesetzt wird, ist beeindruckend, überzeugt Wissenschaftler aber nur selten. Daher ist gerade in der Medizin der Nachweis der Wirksamkeit von großer Bedeutung. Um einen solchen Nachweis führen zu können, sind folgende grundlegende Schritte erforderlich:



1. Erheben von Normdaten, um Start- und Endwerte bei lernauffälligen Kindern wissenschaftlich bewerten zu können – Lesen Sie dazu den Abschnitt „Stufen sprachlicher Kompetenz“.
2. Feststellen, ob relevante Fähigkeiten überhaupt trainierbar sind – Dazu finden Sie unter „Trainierbarkeit von Low-Level-Defiziten“ die Ergebnisse der dazugehörigen Forschungsarbeit.
3. Nachweisen, dass die bisherigen Bemühungen mit dem eigentlichen Ziel in Zusammenhang stehen und Fähigkeiten auch statistisch signifikant verbessert werden können – Diesen Nachweis finden Sie im Abschnitt „Transfer auf die Leistungsebene“.

Doch zuerst ein paar Worte zu den Hintergründen des Warnke®-Verfahrens:

### Frühkindlicher Sprachaufbau

In den letzten Monaten vor der Geburt eines Kindes entstehen während jeder Minute 500.000 Neuronen. Die bereits vorhandenen Neuronen verknüpften sich in jeder Sekunde mittels zwei Millionen neuer Verbindungen<sup>1</sup>. Ab der dreißigsten Schwangerschaftswoche kann der Fötus Vokale voneinander unterscheiden, was durch Hirnstromableitungen an gesunden Frühgeborenen nachgewiesen wurde<sup>2</sup>. Bis zum Zeitpunkt der Geburt hört der Fötus alles leise und dumpf, weil der Schall durch die Gewebeschichten der Mutter und durch das Fruchtwasser um etwa 30 dB mit einem Steilabfall oberhalb 1.000 Hertz gedämpft wird<sup>3</sup>. Ab dem Augenblick der Geburt hört das Neugeborene jeglichen Schall um fünf Oktaven ausgedehnter und um 30 dB lauter.

Mit zwei Jahren hat das Kleinkind bereits mehr gelernt als ein Erwachsener in einem achtsemestrigen Hochschulstudium. Schon mit zwei Monaten kann es mehr Konsonanten von einander unterscheiden als ein Erwachsener<sup>4</sup>. Mit acht Monaten hat sich diese Fähigkeit auf das Unterscheiden der in seinem Kulturkreis gebräuchlichen Laute kategorisiert. Mit sieben Monaten kann es auch schon einfache arithmetische Reihungen von einander unterscheiden<sup>5</sup>. Mit acht Monaten erinnerte es sich an Wörter aus Geschichten, die ihm vierzehn Tage vorher vorgelesen wurden<sup>6</sup>. Mit zwei Jahren besitzt es sogar schon ein implizites Verständnis für die Syntax in einfachen Hauptsatz-Nebensatz-Folgen<sup>7</sup>.

Was bedeutet „implizites Verständnis“ oder auch „implizites Lernen“? Fast alles, was ein Mensch bis zum Eintritt in die Grundschule „lernt“, ist implizit. Das heißt, er lernt, ohne zu wissen, dass er lernt, und er kann das Gelernte zwar anwenden, aber nicht erläutern, nicht deklarieren. Er automatisiert seine Fertigkeiten durch immer neues Wiederholen zu hoher Meisterschaft, sofern seine genetischen Anlagen und seine verschiedenen sensorischen Inputkanäle dies hergeben. Betrachten wir dies im Einzelnen am Beispiel des Hörens, weil dies gut erforscht und von besonderer Bedeutung für das Lernen ist:

## Stufen sprachlicher Kompetenz

Die nebenstehende Grafik ist in Anlehnung an ein Konzept von M. Ptok<sup>8</sup> entstanden. Sie stellt ein Modell da, wonach sich alle wichtigen sensorischen Funktionen und Fertigkeiten hierarchisch von unten nach oben entwickeln. Ein Defizit in einer der Low-Level-Funktionen wirkt sich danach folgendermaßen aus:

- Deutliche Beeinträchtigung der darüber angesiedelten höheren Funktionen<sup>9</sup>;
- Hervorbringen ineffizienter Ersatzstrategien zur Kompensation der Defizite<sup>10</sup>.



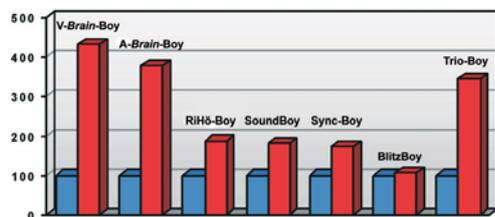
Bis zu einem gewissen Grade kompensieren offenbar selbst viele Erwachsenen noch vorhandene Low-Level-Defizite. Sind jedoch allzu viele Low-Level-Funktionen beeinträchtigt, hilft diese Kompensation nicht mehr. Dies legt den Schluss nahe, dass Lese-Rechtschreibprobleme letztlich auf Automatisierungsstörungen auf der Ebene der Low-Level-Funktionen zurückzuführen sind. Hierzu liegt eine aktuelle Untersuchung vor. Diese basiert auf vier Dissertationen an der MHH, in denen zunächst die Normwerte<sup>11</sup> für sieben Low-Level-Funktionen im auditiven, visuellen und motorischen Bereich an 382 Kindern im Alter von 5 -12 Jahren erhoben wurden. Sie zeigen eine deutliche altersabhängige Entwicklung. Nun war zu klären, ob die entsprechenden Werte von LRS-Kindern gegenüber den Werten von Non-LRS-Kindern signifikant abweichen.



## Studie des Kultusministeriums Thüringen

Dazu wurden in einer vom Kultusministerium Thüringen finanzierten und von Prof. Uwe Tewes begleiteten kontrollierten Studie die entsprechenden Werte von 28 LRS-Drittklässlern an zwei Grundschulen in Thüringen erhoben. Diese Werte wurden exakt gepaart mit denen von 28 Kindern aus der zuvor getesteten Normgruppe der 382 Kinder. Die sieben Wertepaare sind in der nebenstehenden Grafik einander gegenüber gestellt. Dabei wurden die Werte der Kontrollgruppe auf 100 normiert. Deutlich ist das überraschende und hoch signifikante Gefälle von den LRS-Kindern (jeweils rechter Balken) zu den Kontroll-Kindern (jeweils linker Balken) bei sechs dieser sieben Low-Level-Funktionen im Hören, im Sehen und in der Motorik zu erkennen:

### 1. Ordnungsschwelle-visuell = Visueller Brain-Boy®:



Der Proband sieht zwei kurze Lichtblitze und entscheidet, welcher davon der erste war. Nach einem klaren Algorithmus erhöht sich der Schwierigkeitsgrad bei richtigen und verringert sich bei falschen Antworten. So wird seine visuelle Ordnungsschwelle als der kürzeste zeitliche Abstand zwischen den zwei Lichtblitzen ermittelt, den er gerade noch in eine Ordnung, also eine Reihenfolge, bringen kann.

### 2. Ordnungsschwelle-auditiv = Auditiver Brain-Boy®:

Der Proband hört in zufälliger Reihenfolge von links und rechts je ein kurzes Geräusch und entscheidet, welches davon das erste war. Nach einem klaren Algorithmus erhöht sich der Schwierigkeitsgrad bei richtigen und verringert sich bei falschen Antworten. So wird seine auditive Ordnungsschwelle als der kürzeste zeitliche Abstand zwischen den zwei Schallereignissen ermittelt, den er gerade noch in eine Ordnung, also eine Reihenfolge, bringen kann.

### 3. Richtungshörtest = RiHö-Boy:

Der Proband hört seitlich ein einziges Klickgeräusch, das mit elektronischen Mitteln der Laufzeit zwischen den beiden Ohren bei echtem Richtungshören nachgebildet ist. Er entscheidet, ob er es mehr von links oder mehr von rechts gehört hat. Nach einem klaren Algorithmus verändert sich auch hier der Schwierigkeitsgrad, indem sich das Geräusch der Mitte nähert oder sich davon entfernt. So wird sein Richtungshörvermögen anhand des Geräusches ermittelt, welches er noch eindeutig einer Seite zuordnen kann.

### 4. Tonhöhendiskrimination = Sound-Boy:

Der Proband hört zwei kurze Töne, deren Frequenzen sich anfänglich deutlich unterscheiden, und gibt die Reihenfolge dieser Töne an. Nach einem klaren Algorithmus erhöht sich der Schwierigkeitsgrad bei richtigen und verringert sich bei falschen Antworten, indem sich das Tonintervall verringert oder vergrößert. So wird die Tonhöhendiskrimination, also der geringste Frequenzunterschied zwischen den zwei Tönen, ermittelt, den er noch eindeutig erkennen kann.



### 5. Auditiv-motorische Koordination = Sync-Boy:

Der Proband soll zu einer im Kopfhörer ertönenden stetigen Links-Rechts-Folge von Klicksignalen genau im Takt abwechselnd eine linke und eine rechte Taste betätigen. Die linke Taste wird mit der linken Hand, die rechte Taste mit der rechten Hand bedient. Erfolgt der Tastendruck synchron zum Takt, wird der Takt schneller. Nach einer vorgegebenen Zeitspanne gibt das Gerät im Display den Millisekundenwert bekannt, den der Proband erreicht hat.

## 6. Reaktionszeittest = Blitz-Boy:

Der Proband hört zwei unterschiedlich hohe Töne wechselseitig in zufälliger Reihenfolge. Er soll auf der Seite des tiefen Tones die entsprechende Taste am Gerät so rasch wie möglich betätigen. Das Gerät misst die Zeitspanne, die zwischen dem Erklingen des tieferen Tones und dem Betätigen der richtigen Taste durch den Probanden verstreicht. Nach einer vorgegebenen Anzahl von Versuchen nennt das Gerät im Display den erreichten Durchschnittswert.

## 7. Auditive Mustererkennung = Trio-Boy:

Der Proband hört drei Töne, von denen zwei identisch sind und einer abweicht. Er soll die Position des abweichenden Tones, also Anfang – Mitte – Ende, bestimmen. Nach einem klaren Algorithmus verlängert sich die Dauer der Töne und ihr zeitlicher Abstand von einander in Abhängigkeit von den richtigen oder falschen Antworten. Es wird die kürzeste Zeitdauer der Töne und Pausen ermittelt, bei der der Proband die Position des abweichenden Tones noch erkannt hat.

Nach der Feststellung dieses klaren Zusammenhanges stellte sich die Frage, wie es um die Trainierbarkeit dieser Low-Level-Funktionen vor allem bei solchen Kindern steht, deren allzu schwach automatisierte Werte ursächlich für ihre Lese-Rechtschreibprobleme sein dürften. Lassen sich also Funktionen trainieren und automatisieren, die in der so genannten „sensiblen Phase“ der Kindesentwicklung zurückgeblieben waren?

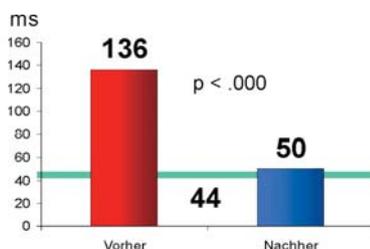


Ermutigend war in diesem Kontext eine Arbeit von Haier<sup>12</sup>, der mittels PET-Messungen die Automatisierbarkeit einer visuo-motorischen Aufgabe nachweisen konnte, die zuvor noch niemals von diesen Probanden ausgeführt worden war, nämlich des Computerspiels TETRIS. Schon nach 4-8 Wochen täglichen Trainings hatten sich die Trainingswerte mehr als versiebenfacht; zugleich ging die Stoffwechselrate auf der Hirnrinde um so stärker zurück, je mehr sich die Trainingswerte der Probanden verbessert hatten – laut Haier ein deutliches Zeichen einer Automatisierung.



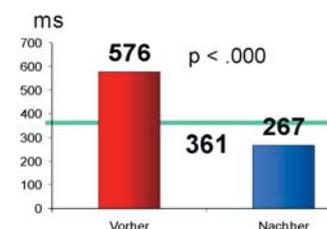
## Trainierbarkeit von Low-Level-Defiziten

### Ordnungsschwelle - visuell



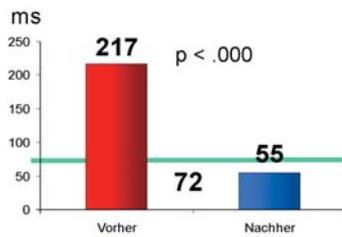
Dies bestätigte sich für die sieben Low-Level-Funktionen durch eine Mitte 2001 erfolgte Untersuchung an niedersächsischen Grundschulen<sup>13</sup> mit 51 auffälligen Kindern und 41 Kontrollkindern. Nach Erhebung der bewussten sieben Funktionen wurde in einem fünfwöchigen Training ein systematischer Aufbauversuch mit täglich je einem Trainingsdurchlauf für jedes Spiel unter-

### Auditiv-motorische Koordination

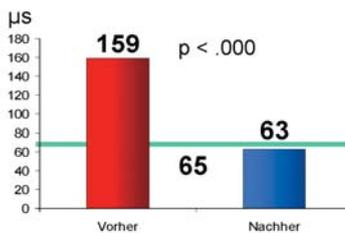


nommen. Die Werte der Untersuchungsgruppe vor und nach diesem Training sind hier dargestellt. Dabei steht die linke Säule für die Anfangswerte vor dem Trainingsbeginn und die rechte Säule für die Endwerte. Hinzugefügt wurde als Referenz eine waagerechte Bezugslinie. Sie stellt die Werte dar, die von den gesunden Kontrollkindern der zuvor beschriebenen Normierungsstudie stammten. Es ist deutlich zu ersehen, dass die Absolventen des Trainings sogar überwiegend bessere Werte erzielten als die Referenzkinder.

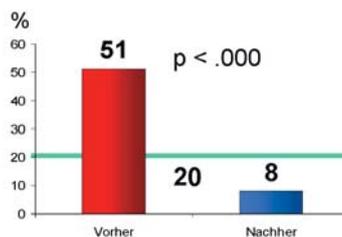
### Ordnungsschwelle - auditiv



### Richtungshörtest



### Tonhöhendiskrimination



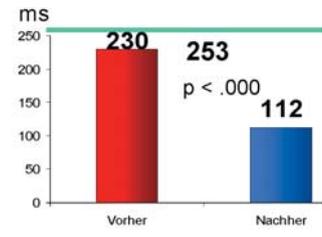
Dieses Trainingsergebnis überrascht um so mehr angesichts einer vorangegangenen Studie am Hörzentrum Würzburg<sup>14</sup>, in der schon die auditive Ordnungsschwelle allein als vermeintlich nicht trainierbar dargestellt wurde. Dieser Widerspruch klärt sich allerdings bald auf, weil bei jenem Training die patentierte Methode<sup>15</sup> der gleichzeitigen Präsentation eines visuellen Zugangshinweises an das trainierende Kind nicht eingesetzt werden durfte. Sie stellt eine konsequente Weiterentwicklung des Skinnerschen Lernkonzeptes dar.

Nach Skinner verläuft der typische menschliche Lernvorgang nämlich in der Reihenfolge:

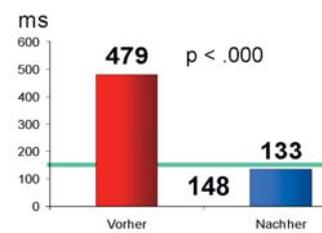
1. Aufgabe = Der Proband hört zwei Töne
2. Latenz = Er bestimmt die Reihenfolge
3. Antwort = Er betätigt eine Taste
4. Bekräftigung = Er sieht im Display "Richtig"

Nach der Deutschen Patentschrift DE 196 03 001 "Vorrichtung zum unterstützten Trainieren und Lernen" wird zwischen Aufgabe und Antwort ein visueller Zugangshinweis gegeben: Eine Leuchtdiode zeigt dem Probanden während seines Denkvorgangs die richtige Antwort. Dieses nur für die *MediTECH* patentierte Verfahren ist das Geheimnis der nebenstehenden hochsignifikanten Erfolge.

### Reaktionszeittest



### auditive Mustererkennung



## Transfer auf die Leistungsebene? – Wirkung des Trainings

Nun stellt sich die entscheidende Frage nach dem Transfer dieser verbesserten Low-Level-Funktionen in die nächsten Hierarchiestufen bis zum Lesen und zur Rechtschreibung. Auch hier gab es bereits erfreuliche Ergebnisse. So berichtet Hesse<sup>16</sup> über eine eigene Studie mit einer stationären Intensivtherapie an 34 Kindern, die ihm von Ptok (MHH) zugeführt wurden und gesicherte Low-Level-Defizite aufwiesen. Die Trainingsergebnisse zeigen eine signifikante Verbesserung sowohl in den subjektiv-audiologischen Untersuchungen der hierarchisch höher angesiedelten Funktionen, als auch in spezifischen psycholinguistischen Entwicklungs-, Aufmerksamkeits- und Rechtschreibtests. Einen noch schlüssigeren Nachweis liefert eine finnische Forschergruppe<sup>17</sup> mit dem Computer-Training einer Kombination von mehreren Low-Level-Funktionen, die vor allem die Mustererkennung, die Tonhöhenunterscheidung und die Zeitauflösung beinhalteten. Die trainierten 24 siebenjährigen LRS-Kinder zeigten nicht nur signifikante Verbesserungen in den Low-Level-Funktionen, die sogar objektiv mittels Hirnstromableitungen (MMN) nachweisbar waren, sondern auch deutlich verbesserte Leseleistungen. Dies ist um so überraschender, als bei diesem Training – im Gegensatz zur oben erwähnten Hesse-Studie – keinerlei Trainingsmaßnahmen zum Transfer auf die Leseleistungsebene stattfanden. Deshalb wurde bei der oben bereits erwähnten Thüringen-Studie - bei identischer Trainingszeit aller Gruppen - wie folgt vorgegangen: Zum einen gab es die übliche Kontrollgruppe A, die einen in diesem Bundesland besonders zukunftsorientiert gestalteten LRS-Förderunterricht erhielt. Weiter gab es eine Trainingsgruppe B, nur für die vorstehend beschriebenen sieben Low-Level-Funktionen mit einem begleitenden Transfer auf die Leistungsebene. Eine weitere Trainingsgruppe C erhielt neben dem gleichartigen Training dieser sieben Funktionen auch einen Transfer auf die Leistungsebene, bei dem auch auf der semantischen und der syntaktischen Ebene trainiert wird.

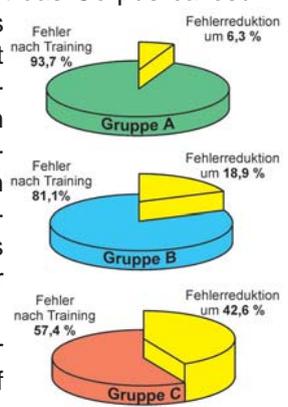


Für diese weitere Maßnahme wurde eine zusätzliche technische Einrichtung, der ebenfalls patentierte Lateral-Trainer<sup>18</sup>, eingesetzt:



Das Lateral-Training geht von den Erkenntnissen aus, dass „Wörter interhemisphären Netzwerken entsprechen, die über das Corpus callosum zusammengehalten werden“<sup>19</sup>, also bilateral organisiert sind. Ferner ist das Corpus callosum bei LRS-Kindern häufig sowohl in seinem Querschnitt<sup>20</sup> als auch in seiner Funktion<sup>21</sup> beeinträchtigt, und kann somit seinen Aufgaben der Koordination und Synchronisation beider Hirnhälften oft nur ungenügend gerecht werden. Beim Lateral-Training des Corpus callosum wird eine Modellstimme in Kunstkopf-Stereophonie ständig abwechselnd beiden Ohren zugeführt. Das synchron mit dieser Modellstimme lesende oder singende Kind kann seine eigene Stimme stets von der entgegengesetzten Seite hören und sie so mit der Modellstimme<sup>22</sup> gut vergleichen.

Zu Beginn der Studie wurden unter anderem die Rechtschreibleistungen der Kinder mit dem DRT-3 ermittelt. Die Ergebnisse der drei Gruppen nach dem Training auf der Lese-Rechtschreib-Ebene: Die Fehlerzahl<sup>23</sup> verringerte sich beim DRT-3 im Abschlussstest gegenüber dem Anfangstest bei der Gruppe A mit dem herkömmlichen Unterricht lediglich um 1,77 Fehler auf 93,7%; bei Gruppe B allein mit dem Low-Level-Training um 6,63 Fehler auf 81,1% und bei Gruppe C mit dem zusätzlichen Lateral-Training sogar um 15,07 Fehler auf 57,4%. Damit ist erstmals der empirische Nachweis erbracht, dass diese Trainingsmethode die Leistungen in der zentralen Verarbeitung verbessert und zudem einen bedeutsamen Transfer auf die Rechtschreibleistungen bewirkt.



#### Literatur:

- 1 Henry-J, „The Secret Life of the Brain“, National Academy Press, Washington (2001)
- 2 Cheour-Luhtanen-M „The ontogenetically earliest discriminative response of the human brain.“, Psychophysiology. 1996 Jul; 33(4): 478-81
- 3 Querleu-D „Fetal Hearing“, European Journal of Obstetrics & Gynecology & Reproductive Biology, 29 (1988) 191-212
- 4 Bertocini-P „Perceptual Representations of Young Infants“ in Journal of Applied Psychology: General 1988. Vol. 117, No.1, S. 21-33
- 5 Marcus-GF et al. „Rule Learning by Seven-Month-Old Infants“, SCIENCE, Vol. 283, January 1st, 1999
- 6 Jusczyk-PW „Infants' Memory for Spoken Words“, Science, Vol. 277, 26 September 1997
- 7 Weissenborn-J „Children's Sensitivity to Word-Order Violations in German: Evidence for Very Early Parameter Setting“, 22nd Annual Boston University Conference on Language Development, (1998)
- 8 Ptok-M: „Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen und Legasthenie“, Hess. Ärzteblatt 2/2000, S. 52-54
- 9 N. Buller & M. Ptok „Basale auditive Verarbeitungsfähigkeiten und phonologische Bewusstheit im Vorschulalter“, Vortrag zur 1. Jahrestagung der Gesellschaft für Aphasieforschung und -behandlung in Bielefeld vom 1. - 3. 11. 2001.
- 10 A. Fawcett, R. Nicolson: „Dyslexia in Children“, Harvester Wheatsheaf (1995), ISBN 0-7450-1636-7
- 11 Steffen-S & Tewes-U: „Normierung und Training von sechs basalen auditiven Zentralfunktionen“, DGA-Jahrestagung 2002
- 12 Haier-RJ „Regional glucose metabolic changes after learning a complex visuospatial/motor task: a positron emission tomographic study“, Brain-Res. 1992 Jan 20; 570(1-2): 134-43
- 13 Michalski-S & Tewes-U „Zentrale Hörstörungen nachweislich trainierbar?“ (2001) Hörakustik 10-2001, S. 98-106
- 14 Kühn-Inacker et al. „Training der Ordnungsschwelle“ Stimme - Sprache - Gehör, 3/2000, S. 119-125
- 15 Warnke-F, Deutsche Patentschrift DE 196 03 001, „Vorrichtung zum unterstützten Trainieren und Lernen“, Erteilung 23.11.2000
- 16 Hesse-G, „Die stationäre Intensivtherapie bei auditiven Verarbeitung- und Wahrnehmungsstörungen im Kindesalter“, HNO 8/2001
- 17 Kujala-T et al. „Plastic neural changes and reading improvement caused by audiovisual training in reading-impaired children“, Proceedings of the National Academy of Sciences, August 2001, Vol.98, No.18, S. 10509-10514
- 18 Warnke-F, „Vorrichtung zur Verbesserung der Hirn-Hemisphären-Koordination“, Deutsche Patentschrift DE 39 39 401, Erteilung 25.04.1991
- 19 Pulvermüller-F, „Neurobiologische Wortverarbeitung“, Naturwissenschaften 82 (1995), 279-287
- 20 Hynd-GW et al., „Dyslexia and Corpus callosum Morphology“, Arch-Neurol. 1995 Jan; 52(1): 32-38
- 21 Summerfield-B, „Processing of Tactile Stimuli and Implications for the Reading Disabled“, Neuropsychologia. 1993 Sep; 31(9), S. 965-976
- 22 Hörbeispiele auf der CD „Einsicht in das Warnke®-Verfahren“, Med/TECH-Verlag, (2001), ISBN 3-932659-15-5
- 23 Unveröffentlichte Arbeit (2002) von Tewes-U zur Thüringen-Studie 2002

# Wir weisen Ihnen den Weg ...

**Weitere Informationen:**

MedTECH Electronic GmbH  
Langer Acker 7  
D-30900 Wedemark  
Tel.: +49 (0) 5130 - 9 77 78-0  
Fax: +49 (0) 5130 - 9 77 78-22  
Email: [service@meditech.de](mailto:service@meditech.de)  
Internet: <http://www.meditech.de>

**Überreicht durch:**