

# Automatisierungsstörungen als

Uwe Tewes, Silke Steffen und Fred Warnke

**Die Zusammenhänge zwischen auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungs-Störungen sowie laut- und schriftsprachlichen Entwicklungsstörungen sind bislang umstritten – nicht zuletzt, weil bislang empirische Grundlagen fehlten. Die Verfasser legen nun die Ergebnisse wissenschaftlicher Studien zu diesen Zusammenhängen und der Trainierbarkeit entsprechender Fähigkeiten vor.**

Auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie vom 13.-15. September 2002 wurde wiederum offenkundig, wie eng die Zusammenhänge zwischen AVWS (Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen) einerseits sowie laut- und schriftsprachlichen Entwicklungsstörungen andererseits sind. Die Bedeutsamkeit dieser Zusammenhänge wird in Fachkreisen jedoch streitig diskutiert, wobei allerdings die empirische Grundlage dieser Diskussion noch unzureichend ist.

Im Folgenden werden daher Ergebnisse aus mehreren Studien vorgestellt, die erstmals sogar deutlich über den Bereich der AVWS hinaus gehen, indem sie Automatisierungsstörungen bei Low-Level-Funktionen im Hören, im Sehen und in der Motorik einbeziehen und deren Zusammenhang mit Lernstörungen nicht nur nachweisen, sondern darüber hinaus die Trainierbarkeit zentraler Automatisierungsstörungen und den Transfer<sup>1</sup> auf die Leistungsebene der Lernprobleme erkennen lassen.

## Einführung

Wenn die Wirksamkeit eines neuen Trainings- oder Therapieverfahrens, das nicht auf der Symptomebene, sondern an den Ursachen angreifen möchte, durch eine wissenschaftliche Studie abgesichert

ermittelt, den er gerade noch in eine Ordnung, also eine Reihenfolge, bringen kann.

► **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.

► **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, und 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 zuordnen kann.

1 Die Autoren danken dem Thüringer Kultusministerium für die finanzielle Unterstützung der Untersuchung zur Transferleistung.



**Prof. Dr. phil. Uwe Tewes**

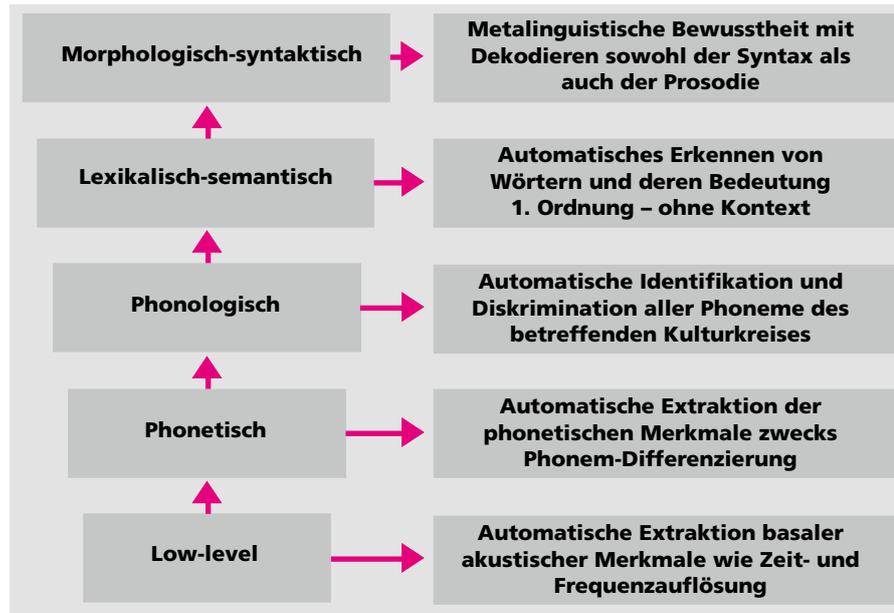
Der Diplom-Psychologe ist Direktor der Abteilung für Medizinische Psychologie an der Medizinischen Hochschule Hannover. Seine wissenschaftliche Schwerpunkte sind Testentwicklung (u.a. Testbatterie Grammatische Kompetenz, Kinder-Angst-Test, deutsche Ausgabe des

Wechsler-Tests) psychologische Grundlagenforschung (Stress, Psychoneuroimmunologie) und Patientenschulung. Er ist Verfasser mehrere deutsch- und englischsprachiger Lehrbücher.

► **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.

► **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.

► **Reaktionszeittest = Blitz-Boy:** Der Proband hört zwei unterschiedlich hohe



wer-den soll, sind drei Voraussetzungen unabdingbar:

- ▶ Erheben von Normdaten der vermuteten Ursachen, hier also der Low-Level-Funktionen, verbunden mit der Absicherung, dass die Werte auffälliger Kinder davon abweichen.
- ▶ Feststellen, ob die relevanten Fertigkeiten überhaupt trainierbar sind, ob also mit reproduzierbaren Maßnahmen eine Verbesserung dieser Low-Level-Funktionen erzielbar ist.
- ▶ Nachweisen, dass ein Transfer der bewirkten Verbesserungen der Low-Level-Funktionen auf die eigentliche Leistungsebene, also auf die Lernprobleme, möglich ist.

## Auditive Low-Level-Funktionen

Der für das weitere Verständnis dieses Beitrages wichtige Begriff der Low-Level-Funktionen wurde im deutschen Sprachraum erstmalig, soweit sich feststellen lässt, durch Ptok (2000) in die *deutsche* Begriffswelt seiner Fakultät überführt. Er versteht darunter die untere von fünf Stufen beim Aufbau sprachlicher Kompetenz, nämlich die automatische Extraktion basaler akustischer Merkmale wie beispielsweise der Zeit- und Frequenzauflösung, die auf der *vorbewussten* Ebene stattfinden (Abb. 1). Weiterführende Studien von Buller & Ptok (2001) deuten darauf hin, dass sich tatsächlich etwaige Defizite auf dieser Ebene in

die vier stufenweise darüber angesiedelten Ebenen hinauf, nämlich die phonematische, die phonologische, die semantische und die morphologisch-syntaktische Ebene, auswirken. Aber Ptok beschränkte seine Untersuchungen naturgemäß – seiner Profession als Phoniater und Pädaudiologe entsprechend – auf den auditiven Kanal.

## Ausweitung auf drei Modalitäten

In den hier vorgestellten drei Studien werden sieben Low-Level-Funktionen betrachtet, von denen vier im auditiven, zwei im motorischen und eine im visuellen Bereich liegen:

- ▶ **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

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 bestimmten Anzahl von Versuchen nennt das Gerät im Display den erreichten Bestwert.

- ▶ **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. Ermittelt wird die kürzeste Zeitdauer der Töne und Pausen, bei welcher der Proband die Position des abweichenden Tones noch erkennt.

## Erhebung von Normdaten

Um eine Normwerttabelle zu erstellen, aus der zunächst die durchschnittlichen Leistungen Nicht-LRS-Kinder bezüglich der genannten sieben Low-Level-Funktionen ersichtlich sind, wurden 382 Jungen und Mädchen im Alter von 5 bis 12 Jahren rekrutiert (siehe Tabelle 1).

Die Auswahl der Kinder erfolgte anhand der folgenden vier Ausschlusskriterien, um sicherzustellen, dass keine relevanten zentralen auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen vorliegen: Lese-Rechtsschreib-Probleme, Rechenschwäche, Lernbehinderungen und Verhaltensstörungen. Weiterhin wurde eine etwaige periphere Hörstörung ausgeschlossen. Die Analyse der Testergebnisse ergab zunächst eine stark linksschiefe Verteilung. Durch Radizierung der Daten ließ sich jedoch eine Normalverteilung erreichen, welche die Voraussetzung für die meisten statistischen Signifikanztests darstellt. Früher publizierte Daten, die sich

Tab. 1: Zusammensetzung der Normierungsstichprobe

	5-6 Jahre	7-8 Jahre	9-10 Jahre	11-12 Jahre	Gesamt
Jungen	39	55	39	40	173
Mädchen	45	53	68	43	209
Gesamt	84	108	107	83	382

**Tab. 2: Zusammenhänge zwischen den sieben Low-Level-Funktionen**

Auditive Ordnungsschwelle	Richtungshören	Tonhöhen-diskrimination	Auditiv-motorische Koordination	Reaktionszeit	Auditive Musterkennung	
<b>.38</b>	<b>.27</b>	<b>.22</b>	<b>.15</b>	.10	<b>.25</b>	Visuelle Ordnungsschwelle
	<b>.43</b>	<b>.27</b>	<b>.27</b>	.03	<b>.34</b>	Auditive Ordnungsschwelle
		<b>.18</b>	<b>.20</b>	<b>.15</b>	<b>.24</b>	Richtungshören
			<b>.27</b>	.06	<b>.38</b>	Tonhöhendiskrimination
				.08	<b>.25</b>	Auditiv-motorische Koordination
					<b>.05</b>	Reaktionszeit

Fett-Druck: signifikant auf dem 1 %-Niveau

ausschließlich auf die Ordnungsschwelle bezogen, wiesen zum Teil starke Streuungen auf, weil sie sich stets auf die Rohwerte bezogen. Die hier berechneten radizierten Rohwerte weisen hingegen eine wesentlich geringere Streuung auf. (Die numerischen Angaben sind als Standardabweichung in den Tabellen aufgeführt).

Zur Überprüfung der entwicklungspsychologischen Relevanz wurden die Ergebnisse in Halbjahresschritten erfasst und für jedes Merkmal eine zweifaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. So zeigte sich eine hoch signifikante Abhängigkeit der Leistungen vom Lebensalter, jedoch kaum eine Abhängigkeit vom Geschlecht.

Da die Möglichkeit besteht, dass einzelne Funktionen so hoch miteinander korrelieren, dass verschiedene Testverfahren lediglich eine einzige Grundfähigkeit messen, wurden die Interkorrelationen der sieben Funktionen berechnet. Dazu wurden die Testwerte für jede Altersgruppe in eine Standardnormalverteilung transformiert (Mittelwert = 0, Standardabweichung = 1). Auf diese Weise wurden die Alterseffekte eliminiert. Die Zusammenhänge sind in Tabelle 2 dargestellt.

Während die Reaktionszeit mit den anderen Brain-Boy-Parametern kaum korreliert, bestehen zwischen den übrigen Parametern ausschließlich signifikante positive Zusammenhänge, d.h. sie beschreiben Fähigkeiten, die miteinander assoziiert, jedoch nicht identisch sind. Die höchste Korrelation besteht zwischen dem Richtungshören und der auditiven Ordnungsschwelle. Beide Merkmale weisen jedoch nur 18,5 % gemeinsame Varianz auf. Die beiden Ordnungsschwellen korrelieren relativ hoch miteinander. Man kann jedoch nicht davon

ausgehen, dass beide Parameter ein- und dieselbe Fähigkeit messen. Insgesamt sind die gemeinsamen Varianzen aller paarweisen Merkmalskombinationen so niedrig, dass auch differenzielle Interpretationen sinnvoll erscheinen.

### Nachweis der Trainierbarkeit

Zur Frage der Trainierbarkeit dieser Merkmale wurden bisher zwei Studien durchgeführt.

In einer ersten Studie, deren Ergebnisse inzwischen publiziert sind (Michalski & Tewes, 2001), wurden 51 Kinder im Alter von 6;11 bis 12;10 Jahren über einen Zeitraum von fünf Wochen unmittelbar vor den Sommerferien des Jahres 2001 mit allen sieben Low-Level-Spielen des Brain-Boy-Universal trainiert. Bei einer nach Alter parallelierten Kontrollgruppe von 41 Kindern wurden dieselben Parameter im gleichen Zeitabstand erfasst, ohne dass diese Kinder zwischenzeitlich trainierten. Die Werte der Untersuchungsgruppe vor

und nach diesem Training sind in Tabelle 3 dargestellt. Dabei steht die linke Spalte für die Anfangswerte vor dem Trainingsbeginn und die mittlere Spalte für die Endwerte. Hinzugefügt wurde als Referenz die rechte Spalte. Sie stellt die Werte dar, die von den gesunden Kontrollkindern der zuvor beschriebenen Normierungsstudie stammen. Es ist deutlich zu ersehen, dass die Absolventen des Trainings sogar überwiegend bessere Werte erzielten als die Referenzkinder. Die varianzanalytische Auswertung belegt, dass es bei der Trainingsgruppe im Gegensatz zur Kontrollgruppe in diesem Zeitraum zu signifikanten Verbesserungen in den trainierten Funktionen kam.

In einer weiteren Studie, die von Tewes und Warnke im Auftrage des Thüringer Kultusministeriums durchgeführt wurde und die über einen Zeitraum von sechs Monaten lief, wurden zwei Gruppen von Kindern aus dritten Schuljahren trainiert. Die erste Gruppe (N = 14) trainierte ausschließlich mit dem Brain-Boy. Die zweite Gruppe (N = 14) führte ein Brain-Boy-Training durch, das durch ein zusätzliches *Lateraltraining* ergänzt wurde. Die Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertungen werden in den nachstehenden Tabellen 4 bis 11 beschrieben. Bei den darin dargestellten Brain-Boy-Universal-Werten handelt es sich wiederum um die radizierten Rohwerte, bei den Ergebnissen im Rechtschreibtest um die absoluten Fehlerzahlen. Die Prüfung der Signifikanz des Zeitpunkteffekts gibt Auskunft darüber, ob es in der Gesamtgruppe aller mit dem Brain-Boy-Universal trainierten Kinder zu einer Verbesserung der Trainingsleistungen gekommen ist. Falls dieser Effekt durch das zusätzliche Lateraltraining verstärkt worden sein sollte, müsste sich dieses als signifikante Wechselwirkung darstellen lassen. Der Gruppeneffekt gibt Auskunft darüber, ob beide Gruppen hinsichtlich des jeweils untersuchten Merkmals vergleichbar sind,

**Tab. 3: Training mit Brain-Boy Universal**

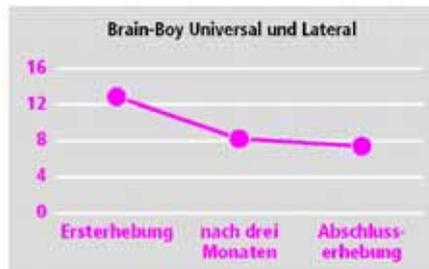
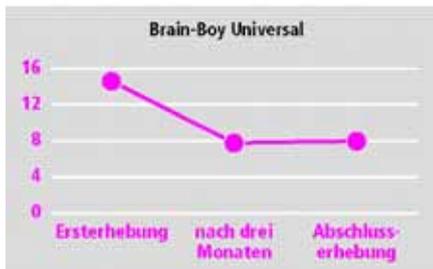
	Vorher	Nachher	Referenz
Visuelle Ordnungsschwelle (ms)	136	50	44
Auditive Ordnungsschwelle (ms)	217	55	72
Richtungshören (µs)	159	63	65
Tonhöhendiskrimination (%)	51	8	20
Auditiv-motorische Koordination (ms)	576	267	361
Reaktionszeit-Test (ms)	230	112	253
Auditive Musterkennung (ms)	479	133	148

Ergebnisse der Normierungsstudie (Michalski & Tewes, 2001) p = 0.000

**Tab. 4: Veränderungen der visuellen Ordnungsschwelle**

Behandlung	Ersterhebung		nach drei Monaten		Abschluss-erhebung		N
	M	s	M	s	M	s	
Brain-Boy Universal	14,60	5,31	7,76	2,24	7,96	3,16	14
Brain-Boy Universal und Lateral	12,88	3,37	8,21	2,72	7,40	3,29	14
Gesamtgruppe	13,74	4,45	7,98	2,45	7,68	3,18	28

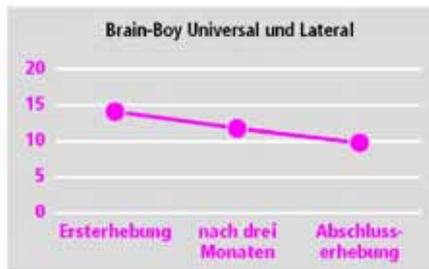
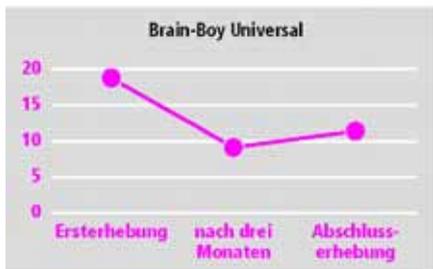
Gruppeneffekt ( $F_{1,26} = 0,47$ ;  $p = .501$ ), Zeitpunkteffekt ( $F_{2,52} = 33,20$ ;  $p < .000$ ), Wechselwirkungen ( $F_{2,52} = 0,84$ ;  $p = .438$ )  
M = Mittelwert, s = Standardabweichung



**Tab. 5: Veränderungen der auditiven Ordnungsschwelle**

Behandlung	Ersterhebung		nach drei Monaten		Abschluss-erhebung		N
	M	s	M	s	M	s	
Brain-Boy Universal	18,78	8,01	9,13	2,34	11,41	3,90	14
Brain-Boy Universal und Lateral	14,10	5,05	11,77	6,10	9,77	3,50	14
Gesamtgruppe	16,44	6,99	10,45	4,73	10,59	3,73	28

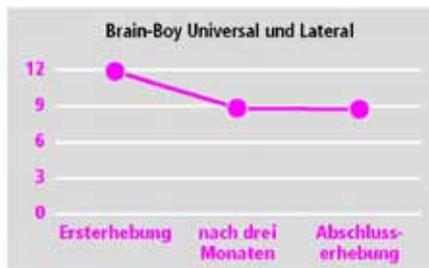
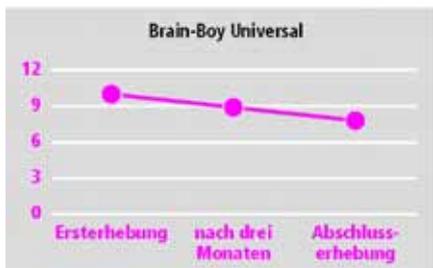
Gruppeneffekt ( $F_{1,26} = 1,26$ ;  $p = .273$ ), Zeitpunkteffekt ( $F_{2,52} = 11,91$ ;  $p < .000$ ), Wechselwirkungen ( $F_{2,52} = 3,45$ ;  $p = .039$ )  
M = Mittelwert, s = Standardabweichung



**Tab. 6: Veränderungen im Richtungshören**

Behandlung	Ersterhebung		nach drei Monaten		Abschluss-erhebung		N
	M	s	M	s	M	s	
Brain-Boy Universal	10,00	2,67	8,90	3,71	7,79	2,58	14
Brain-Boy Universal und Lateral	11,89	2,67	8,84	2,61	8,74	2,34	12
Gesamtgruppe	11,02	3,92	8,87	3,10	8,30	2,45	26

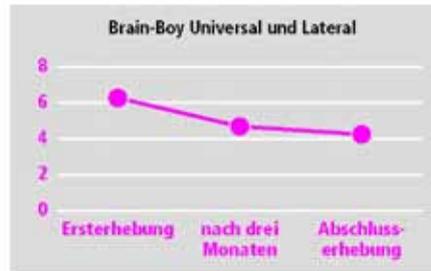
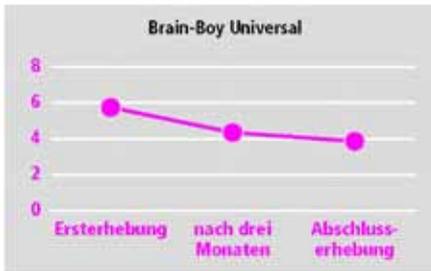
Gruppeneffekt ( $F_{1,24} = 0,39$ ;  $p = .345$ ), Zeitpunkteffekt ( $F_{2,48} = 7,68$ ;  $p < .001$ ), Wechselwirkungen ( $F_{2,48} = 0,93$ ;  $p = .403$ )  
M = Mittelwert, s = Standardabweichung



Tab. 7: Veränderungen in der Tonhöhendiskrimination

Behandlung	Ersterhebung		nach drei Monaten		Abschluss-erhebung		N
	M	s	M	s	M	s	
Brain-Boy Universal	5,75	1,76	4,35	3,73	3,86	2,95	14
Brain-Boy Universal und Lateral	6,28	1,45	4,69	2,80	4,25	2,81	13
Gesamtgruppe	6,03	1,60	4,52	3,22	4,06	2,83	27

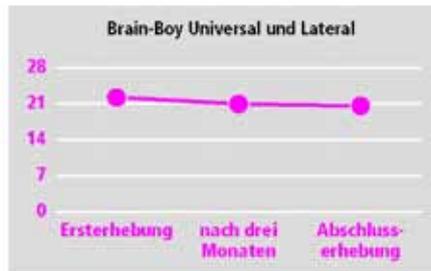
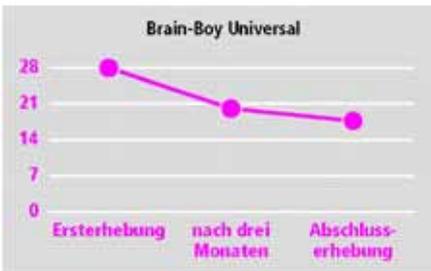
Gruppeneffekt ( $F_{1,15} = 0,28; p = .604$ ), Zeitpunkteffekt ( $F_{2,50} = 6,45; p < .003$ ), Wechselwirkungen ( $F_{2,50} = 0,02; p = .984$ )  
 M = Mittelwert, s = Standardabweichung



Tab. 8: Veränderungen in der auditiv-motorischen Koordination

Behandlung	Ersterhebung		nach drei Monaten		Abschluss-erhebung		N
	M	s	M	s	M	s	
Brain-Boy Universal	27,97	1,83	20,10	2,47	17,71	3,97	14
Brain-Boy Universal und Lateral	22,30	1,36	20,98	2,22	20,62	3,27	12
Gesamtgruppe	24,92	3,28	20,57	2,34	19,28	3,84	26

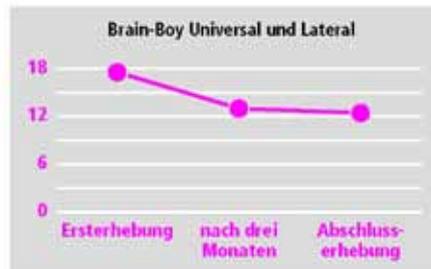
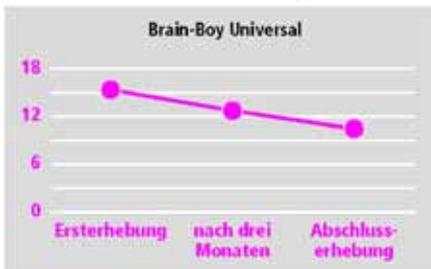
Gruppeneffekt ( $F_{1,13} = 0,69; p = .415$ ), Zeitpunkteffekt ( $F_{2,43} = 49,87; p < .000$ ), Wechselwirkungen ( $F_{2,43} = 25,63; p = .000$ )  
 M = Mittelwert, s = Standardabweichung



Tab. 9: Veränderungen im Reaktionszeit-Test

Behandlung	Ersterhebung		nach drei Monaten		Abschluss-erhebung		N
	M	s	M	s	M	s	
Brain-Boy Universal	15,34	6,30	12,70	4,27	10,45	2,61	14
Brain-Boy Universal und Lateral	17,54	3,69	12,98	5,32	12,41	3,77	12
Gesamtgruppe	16,52	5,08	12,85	4,77	11,51	3,74	26

Gruppeneffekt ( $F_{1,24} = 1,41; p = .246$ ), Zeitpunkteffekt ( $F_{2,48} = 11,48; p < .000$ ), Wechselwirkungen ( $F_{2,48} = 0,47; p = .627$ )  
 M = Mittelwert, s = Standardabweichung



oder ob so starke Leistungsunterschiede vorliegen, dass man nicht mehr unterscheiden kann, ob eventuell vorliegende Wechselwirkungen auf Trainingsunterschiede oder auf Unterschiede im Leistungsniveau zurückzuführen sein könnten.

Die Wahrnehmungstrennschärfe wurde bewusst als Testparameter aufgenommen, weil sie in den Stufen sprachlicher Kompetenz nach Ptok zwei Stufen oberhalb der Low-Level-Funktionen anzusiedeln ist, also in der phonologischen Stufe. Der Test besteht aus 2 x 32 sinnfreien Vokal-Konsonant-Vokal-Wörtern, mit denen die Diskrimination zwischen den Konsonanten b - d - f - g - k - p - t - w geprüft wird. Der Test wurde unter Störgeräusch in Kunst-kopfstereophonie mit Richtungswechseln des Sprechers aufgezeichnet, um die Realitätsnähe zum Schulalltag des Kindes optimal nachzubilden.

Hoch signifikante Trainingseffekte lassen sich somit in allen Brain-Boy-Universal-Parametern einschließlich der Wahrnehmungstrennschärfe nachweisen. Bei der visuellen Ordnungsschwelle, dem Richtungshören, der Tonhöhendiskrimination, dem Reaktionszeit-Test und der Wahrnehmungstrennschärfe sind diese Effekte unabhängig davon, ob die Kinder ein zusätzliches Lateraltraining durchführten oder nicht. Bei der auditiven Ordnungsschwelle und der auditiven Mustererkennung hat das Lateraltraining einen zusätzlichen Effekt, der allerdings nur schwach signifikant ist. Nur beim Training der auditiv-motorischen Koordination scheint das zusätzliche Lateraltraining sich wesentlich markanter auszuwirken. Das ist insofern plausibel, als das auditiv-motorische Synchron-Tapping auf ein gut funktionierendes Corpus callosum angewiesen ist, wie es mittels des Lateral-Trainings verbessert wird.

Um festzustellen, ob die LRS-Kinder in den Low-Level-Funktionen schlechter abschneiden als schulisch unauffällige Kinder, wurden zwei Vergleiche durchgeführt. Zunächst wurden die Ergebnisse dieser 28 Kinder mit den altersspezifischen Erwartungswerten verglichen, die aus der Normierungsstichprobe gewonnen wurden. Die Ergebnisse sind in den ersten beiden Ergebnisspalten von Tabelle 12 dargestellt. Die statistische Signifikanz der Unterschiede erfolgte mit Hilfe des t-Tests für den Vergleich von Stichprobenmittelwerten mit dem Populationsmittelwert.

Die LRS-Kinder erzielen somit in allen Low-Level-Funktionen schlechtere Ergebnisse als es der Altersnorm entsprechen würde. Die Abweichungen sind bis auf den Reaktionszeittest signifikant. Da derartige Abweichungen sorgfältig kontrolliert werden sollten, wurde in einem zweiten Auswertungsschritt zu jedem LRS-Kind aus der Normierungsstichprobe ein nach Geschlecht und exakt nach Alter paralleliertes Kontrollkind gezogen. LRS-Gruppe und Kontrollgruppe setzten sich jeweils aus 10 Jungen und 18 Mädchen zusammen, das Lebensalter beider Gruppen betrug exakt 113,9 Monate. Die rechte Spalte in Tabelle 12 beschreibt die Mittelwerte und Standardabweichungen beider Gruppen, deren Unterschiede mit Hilfe des t-Tests auf Signifikanz überprüft wurden. Bis auf den Reaktionszeittest ( $p = .633$ ) erwiesen sich auch hier alle Unterschiede als hoch signifikant ( $p$  zwischen  $.004$  und  $.000$ ).

Die Ergebnisse dieser Studien zeigen,

- ▶ dass sich die Low-Level-Funktionen mit zunehmendem Lebensalter verbessern,
- ▶ dass diese Funktionen bei LRS-Kindern schlechter entwickelt sind als bei Nicht-LRS-Kindern
- ▶ und dass diese Funktionen trainierbar sind, wobei sich die Trainingserfolge bei Drittklässlern schon nach etwa drei Monaten den Altersnormen angleichen.

## Transfer auf die Rechtschreibleistung

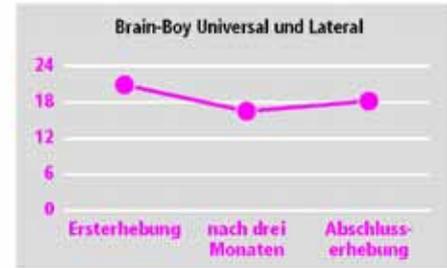
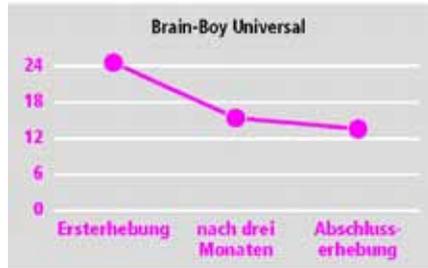
Für den Bereich der pädagogischen Anwendung interessiert natürlich vor allem die Frage, ob sich bei einem solchen Training auch eine Verbesserung der Rechtschreibleistung ergibt. In der schon zitierten Studie für das Thüringer Kultusministerium wurde daher eine dritte Gruppe von Kindern einbezogen, die ausschließlich am herkömmlichen Förderunterricht teilnahm. Die Rechtschreibleistungen der Kinder aller drei Gruppen wurden vor Behandlungsbeginn und nach einem halben Jahr jeweils mit einer der beiden Parallelformen des Diagnostischen Rechtschreibtests für dritte Klassen (DRT-3) untersucht.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 zusammengefasst. Die varianzanalytische Auswertung ergab, dass die Reduzierung der Fehlerzahl in der Gesamtgruppe aller Kinder hoch signifikant ist ( $F_{1,38} = 84,5$ ;  $p < .000$ ). Wichtiger ist jedoch, dass sich die

Tab. 10: Veränderungen in der auditiven Mustererkennung

Behandlung	Ersterhebung		nach drei Monaten		Abschluss-erhebung		N
	M	s	M	s	M	s	
Brain-Boy Universal	24,59	5,21	15,38	8,31	13,58	8,44	14
Brain-Boy Universal und Lateral	20,90	5,14	16,50	7,07	18,20	6,69	11
Gesamtgruppe	22,52	5,40	16,00	7,49	16,17	7,71	25

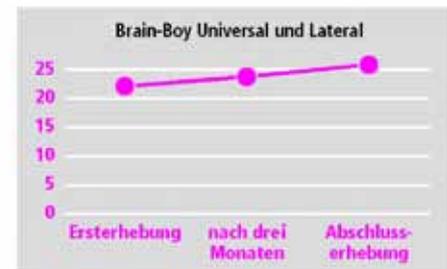
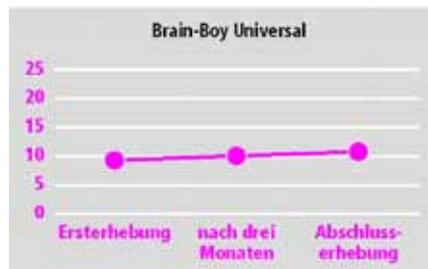
Gruppeneffekt ( $F_{1,23} = 0,10$ ;  $p = .753$ ), Zeitpunkteffekt ( $F_{2,45} = 13,92$ ;  $p < .000$ ), Wechselwirkungen ( $F_{2,45} = 3,89$ ;  $p = .027$ )  
M = Mittelwert, s = Standardabweichung



Tab. 11: Veränderungen in der Wahrnehmungstrennschärfe

Behandlung	Ersterhebung		nach drei Monaten		Abschluss-erhebung		N
	M	s	M	s	M	s	
Brain-Boy Universal	9,29	2,70	10,07	3,17	10,79	2,97	14
Brain-Boy Universal und Lateral	22,14	3,59	23,79	3,85	25,86	3,61	14
Gesamtgruppe	15,71	7,25	16,93	7,79	18,32	8,33	28

Gruppeneffekt ( $F_{1,23} = 0,10$ ;  $p = .753$ ), Zeitpunkteffekt ( $F_{2,45} = 13,92$ ;  $p < .000$ ), Wechselwirkungen ( $F_{2,45} = 3,89$ ;  $p = .027$ )  
M = Mittelwert, s = Standardabweichung



Tab. 12: Vergleich der Stichprobenergebnisse

	Normierungsstichprobe (N = 394)		LRS-Kinder (N = 28)		Kontrollgruppe Nicht-LRS-Kinder (N = 28)	
	M	s	M	s	M	s
Visuelle Ordnungsschwelle	6,4	2,0	13,7	4,4	6,62	2,12
Auditive Ordnungsschwelle	9,0	2,8	16,4	7,0	8,46	2,72
Richtungshören	7,6	2,3	11,0	3,9	8,06	2,46
Tonhöhendiskrimination	4,5	2,5	6,0	1,6	4,47	2,18
Auditiv-motorische Koordination	19,2	2,5	24,9	3,3	19,00	2,51
Reaktionszeit-Test	15,3	4,4	16,5	5,1	15,91	4,25
Auditive Mustererkennung	12,6	6,2	22,5	5,4	12,16	5,28

Vergleich der Stichprobenergebnisse mit der Altersnorm und einer parallelierten Kontrollgruppe (radierte Rohwerte) M = Arithmetisches Mittel, s = Standardabweichung

Tab. 13: Veränderungen in der Rechtschreibleistung

Behandlung	Ersterhebung		Schlusserhebung		N
	MW	s	M	s	
Förderunterricht	26,00	5,60	24,23	5,95	13
Brain-Boy Universal	33,34	6,49	26,71	6,49	14
Brain-Boy Universal und Lateral	35,86	5,11	20,79	8,42	14
Gesamtgruppe	31,88	7,01	23,90	7,32	41

M = Mittelwert, s = Standardabweichung

Wechselwirkungen zwischen Behandlungsmethode und Messzeitpunkt ebenfalls als hoch signifikant erwies ( $F_{2,38} = 20,72$ ;  $p < .000$ ), d.h. die Leistungsverbesserung fiel in allen drei Gruppen sehr unterschiedlich aus. Aussagekräftiger als die Mittelwertsunterschiede sind die relativen Veränderungen (Tabelle 14). Setzt man für jedes Kind die Anzahl der Fehler bei der Ersterhebung auf 100 % und prüft dann, wie hoch der prozentuale Anteil der Fehler bei der Schlusserhebung war, so zeigt sich dass die Kinder mit Förderunterricht nach Abschluss ihre Fehlerzahl auf 93,7 % reduziert. Die Kinder mit Brain-Boy-Universal-Training machten anschließend nur noch 81,1 % der Fehlerzahl, die sie zu Beginn aufwiesen und die Kinder mit Brain-Boy-Universal- und Lateraltraining nur noch 57,4 %. Diese Kombination scheint offensichtlich besonders wirksam zu sein.

Aus Tabelle 13 wird ersichtlich, dass die drei Gruppen im Hinblick auf die Ausgangswerte nicht sehr gut parallelisiert sind. Diese Unterschiede waren unvermeidbar, da in den drei Schulen, in denen die Maßnahmen durchgeführt wurden, nicht so viele Kinder rekrutiert werden konnten, als dass man die drei Gruppen hätte nach Ausgangswerten parallelisieren können. Allerdings sind diese Unterschiede für die Aussagekraft der statistischen Analysen nicht von Bedeutung, da die Werte sehr stark streuen und diese Unterschiede daher nicht signifikant sind ( $F_{2,38} = 2,45$ ;  $p = .10$ ). Signifikant sind ausschließlich die Unterschiede in den Leistungsverbesserungen.

Für die Interpretation der Ergebnisse der Gruppe mit Förderunterricht stellt sich das Problem, dass diese Gruppe in der Voruntersuchung geringere Fehlerzahlen aufwies als die beiden anderen Gruppen. Ihre Leistungen im Rechtschreibtest liegen im unteren Terzil, sind jedoch besser, als die der beiden anderen Gruppen mit Brain-Boy-Training. Bei besseren Ausgangsleistungen konnte der Trainingseffekt nicht so gravierend ausfallen, wie bei den anderen beiden Gruppen

mit schlechteren Ausgangsleistungen. Eine exakte Parallelisierung der drei Gruppen nach Ausgangsleistungen war in diesem Fall nicht möglich, da die Gruppen von den Schulen zusammengestellt wurden und nicht von den Untersuchern. Möglicherweise hätte auch der herkömmliche Förderunterricht zu größeren Lernfortschritten geführt, wenn man Kinder mit schlechteren Ausgangsleistungen ausgewählt hätte. Diese theoretische Möglichkeit stellt jedoch nicht die Transfereffekte des Brain-Boy-Trainings und die Unterschiede der beiden Gruppen mit und ohne Lateraltraining in Frage.

## Zusammenfassung

Das vorstehend beschriebene Verfahren zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- ▶ Es weist eine gute messtechnische Qualität auf.
- ▶ Die erfassten Fähigkeiten steigern sich mit dem Lebensalter.
- ▶ Die Messwerte trennen LRS-Kinder von Nicht-LRS-Kindern.
- ▶ Die Fähigkeiten sind mit besonderen Verfahren trainierbar.
- ▶ Der Transfer zur LRS-Ebene ist empirisch nachgewiesen.

Das Verfahren wurde in den letzten Jahren in mehr als viertausend Einzelfällen durch Familien, Therapeuten und Pädagogen erfolgreich erprobt. Die oben angesprochene kontrovers geführte Diskussion sollte Anreiz genug bieten, die verschiedenen therapeutischen und pädagogischen Maßnahmen nach den Kriterien der Qualitätssicherung empirisch zu überprüfen und zu vergleichen. Die vorliegenden Studien verstehen sich somit als Beitrag zur Objektivierung der Diskussion. Die Ergebnisse machen deutlich, dass das hier vorgestellte Verfahren einen wichtigen Beitrag zur schulischen Förderung von Kindern mit Störungen in der Entwicklung von Low-Level-Funktionen leisten kann, die offensichtlich bei LRS-Kindern besonders häufig zu beobachten sind.

Tab. 14: Relative Verbesserung

	Fehlerreduktion
Gruppe A: Förderunterricht	6,30 %
Gruppe B: Brain-Boy Universal	18,90 %
Gruppe C: Brain-Boy Universal und Lateral	42,60 %

Buller, N. & Ptok, M. (2001). *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.

Michalski, S. & Tewes, U. (2001). Zentrale Hörstörungen nachweislich trainierbar? *Hörakustik* 10, 98-106

Ptok, M. (2000). Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen und Legasthenie. *Hessisches Ärzteblatt* 2, 52-54

### Korrespondenzadressen

Prof. Dr. Dipl.-Psych. Uwe Tewes  
Direktor der Abt. für Medizinische Psychologie  
Medizinische Hochschule Hannover  
Carl-Neuberg-Str. 1  
30625 Hannover  
[uwe.dr.tewes@t-online.de](mailto:uwe.dr.tewes@t-online.de)  
[www.mh-hannover.de/institute/psychol](http://www.mh-hannover.de/institute/psychol)

Fred Warnke  
Langer Acker 7  
D-30900 Wedemark  
[fred.warnke@meditech.de](mailto:fred.warnke@meditech.de)  
[www.meditech.de](http://www.meditech.de)

Brain-Boy® ist ein registriertes Warenzeichen der MedITECH Electronic GmbH, Wedemark