

**Aus dem Institut für Medizinische Psychologie  
der Universität Tübingen  
Direktor: Professor Dr. N. Birbaumer**

**Neurofeedbacktherapie bei Kindern mit einer  
Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung:  
Stabilität der kortikalen Selbstregulation und des  
Therapieerfolgs**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin**

**der  
Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von  
Christoph Klinger  
aus  
Stuttgart-Bad Cannstatt**

**2006**

Dekan:

Professor Dr. C. D. Claussen

1. Berichterstatter:

Professor Dr. N. Birbaumer

1. Berichterstatter:

Frau Professor Dr. med. I. Krägeloh-Mann

Den Kindern,  
die diese Arbeit durch ihre Offenheit und die vielen lustigen und  
schönen Erlebnisse während des Trainings erleichterten und mir in guter  
Erinnerung bleiben werden

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung</b>	<b>2</b>
1.1.1	Epidemiologie	2
1.1.2	Problemverhalten und Diagnose	2
1.1.3	Prognose	3
<b>1.2</b>	<b>Behandlung von ADHS</b>	<b>4</b>
1.2.1	MTA-Studie	5
1.2.2	Studien zur Pharmakotherapie	7
1.2.2.1	Stimulanzien	7
1.2.2.2	Studien zu anderen Medikamenten	10
1.2.3	Studien zur Verhaltenstherapie	12
1.2.4	Studien zur Kombination von medikamentöser und Verhaltenstherapie	13
<b>1.3</b>	<b>Neurofeedbacktherapie</b>	<b>14</b>
1.3.1	Grundlagen des Neurofeedbacktrainings	14
1.3.2	EEG-Veränderungen bei ADHS	17
1.3.3	Neurofeedback bei ADHS	18
<b>1.4</b>	<b>Zusammenfassung und Fragestellung</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>PROBANDEN UND METHODEN</b>	<b>24</b>
<b>2.1</b>	<b>Probanden</b>	<b>24</b>
<b>2.2</b>	<b>Versuchsplan</b>	<b>24</b>
<b>2.3</b>	<b>Messinstrumente</b>	<b>25</b>
2.3.1	Fragebögen	26
2.3.1.1	Fragebögen für Eltern	26
2.3.1.2	Fragebogen für Lehrer/innen	27
2.3.1.3	Fragebögen für Kinder	27
2.3.2	Tests	28
2.3.2.1	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)	28
2.3.2.2	Intelligenztests	29
2.3.3	Elterngespräche	30
<b>2.4</b>	<b>Neurofeedbacktraining</b>	<b>32</b>
2.4.1	Die beiden Experimentalgruppen	32
2.4.2	Trainingssetting	32
2.4.3	Übungsaufgaben für den Transfer in Alltagssituationen	34
2.4.4	Geräte	34
2.4.5	Ableitung des EEG- und EOG-Signals	35

2.4.6	Die Berechnung des Feedbacksignals	36
2.4.7	Aufbau einer Aufgabe	37
2.4.8	Darstellung der Aufgaben	38
2.4.9	Artefaktkontrolle	40
<b>2.5</b>	<b>Auswertung</b>	<b>42</b>
2.5.1	Drop-outs	42
2.5.2	Bildung der ausgewerteten Gruppen	42
2.5.2.1	Gruppenbildung für die Auswertung der EEG-Daten	42
2.5.2.2	Gruppenbildung für die Auswertung der Fragebogen- und Testdaten	43
2.5.3	Datenverarbeitung	44
2.5.3.1	Verarbeitung der EEG-Daten	44
2.5.3.2	Verarbeitung der Fragebogen- und Testdaten	45
2.5.4	Statistische Verfahren	45
2.5.4.1	Statistische Überprüfung der EEG-Veränderungen	45
2.5.4.2	Statistische Überprüfung der Veränderungen der Fragebogen- und Testdaten	46
2.5.4.3	Definition von Stabilität	47
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>48</b>
<b>3.1</b>	<b>Stabilität der kortikalen Selbstregulation</b>	<b>48</b>
3.1.1	LP-Gruppe	48
3.1.1	QT-Gruppe	54
<b>3.2</b>	<b>Stabilität der Veränderung der ADHS-Symptomatik</b>	<b>57</b>
3.2.1	Fragebogendaten	57
3.2.1.1	DSM-IV-Fragebogen für die Eltern	57
3.2.1.2	Elternfragebogen zur Problemhäufigkeit	65
3.2.1.3	Fragebogen für Lehrer/innen	67
3.2.2	Testdaten	68
3.2.2.1	Aufmerksamkeitstest	68
3.2.2.1	Intelligenztest	72
<b>3.3</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	<b>75</b>
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>78</b>
<b>4.1</b>	<b>Ausgangspunkt und Zielsetzung</b>	<b>78</b>
<b>4.2</b>	<b>Stabilität der kortikalen Selbstregulation</b>	<b>78</b>
4.2.1	LP-Gruppe	79
4.2.2	QT-Gruppe	81
<b>4.3</b>	<b>Stabilität der Veränderungen der ADHS-Symptomatik</b>	<b>82</b>
4.3.1	Fragebogendaten	82
4.3.1.1	DSM-Fragebogen für die Eltern	82

4.3.1.2	Elternfragebogen zur Problemhäufigkeit	84
4.3.1.3	Fragebogen für Lehrer/innen	84
4.3.2	Tests	85
4.3.2.1	Aufmerksamkeitstest	85
4.3.2.2	Intelligenztest	86
<b>4.4</b>	<b>Fazit</b>	<b>87</b>
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>91</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>93</b>
	<b>ANHANG</b>	<b>102</b>
<b>Anhang 1:</b>	Ladder-Plots zur Beurteilung der Stabilität der kortikalen Selbstregulation der LP-Gruppe	102
<b>Anhang 2:</b>	deskriptive Statistik der EEG-Leistung der LP-Gruppe	108
<b>Anhang 3:</b>	Ladder-Plots zur Beurteilung der Stabilität der kortikalen Selbstregulation der QT-Gruppe	110
<b>Anhang 4:</b>	deskriptive Statistik der EEG-Leistung der QT-Gruppe	112
<b>Anhang 5:</b>	Ladder-Plots zur Beurteilung des klinischen Verlaufs der LP-Gruppe	113
<b>Anhang 6:</b>	Ladder-Plots zur Beurteilung des klinischen Verlaufs der QT-Gruppe	119
<b>Anhang 7:</b>	deskriptive Statistik des klinischen Verlaufs der beiden Experimentalgruppen	125
	<b>LEBENS LAUF</b>	<b>130</b>

# Abkürzungsverzeichnis

<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>ADHS</b>	Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Syndrom
<b>ADS</b>	Aufmerksamkeitsdefizit-Syndrom
<b>AID</b>	Adaptives Intelligenzdiagnostikum
<b>ANOVA</b>	analysis of variance
<b>CNV</b>	Contingente Negative Variation
<b>DSM-III-R</b>	Diagnostisch-Statistisches Manual Psychischer Störungen III, revidierte Version
<b>DSM-IV</b>	Diagnostisch-Statistisches Manual Psychischer Störungen IV
<b>EEG</b>	Elektroenzephalogramm
<b>EKP</b>	ereigniskorrelierte Potenziale
<b>EOG</b>	Elektrookulogramm
<b>GOM</b>	Prozentrang des Medians der Reaktionsgeschwindigkeit im Untertest Go/NoGo der TAP
<b>GOS</b>	Prozentrang der Standardabweichung der Reaktionsgeschwindigkeit im Untertest Go/NoGo der TAP
<b>HAWIK</b>	Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder
<b>HS</b>	Hyperaktivitäts-Syndrom
<b>IQ</b>	Intelligenzquotient
<b>LP</b>	langsame Potenziale
<b>LP(med)-Gruppe</b>	Kinder der LP-Gruppe, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden
<b>LP(ohne)-Gruppe</b>	Kinder der LP-Gruppe, die keine zusätzliche Stimulanzenbehandlung erhielten
<b>LP-Gruppe</b>	Kinder, die im Neurofeedbacktraining die langsamen Potenziale rückgemeldet bekamen
<b>MAO-Hemmer</b>	Monoaminoxidase-Hemmer
<b>MTA-Studie</b>	Multimodal Treatment Study of ADHD
<b>P1</b>	Post1-Untersuchung
<b>P2</b>	Post2-Untersuchung
<b>PR25</b>	Anzahl aller Testmaße der TAP, in denen ein Prozentrang unter 25 erreicht wurde
<b>PR75</b>	Anzahl aller Testmaße der TAP, in denen ein Prozentrang über 75 erreicht wurde
<b>QEEG</b>	quantitatives Elektroenzephalogramm
<b>QT</b>	Theta/Beta-Quotient
<b>QT(med)-Gruppe</b>	Kinder der QT-Gruppe, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden
<b>QT(ohne)-Gruppe</b>	Kinder der QT-Gruppe, die keine zusätzliche Stimulanzenbehandlung erhielten
<b>QT-Gruppe</b>	Kinder, die im Neurofeedbacktraining den Theta/Beta-Quotienten rückgemeldet bekamen
<b>S</b>	Screening

<b>SMR</b>	Somatosensorischer Rhythmus
<b>SNRI</b>	selective noradrenalin reuptake inhibitors
<b>SSRI</b>	selective serotonin reuptake inhibitors
<b>Tab.</b>	Tabelle
<b>TAP</b>	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung
<b>TCA</b>	trizyklische Antidepressiva
<b>TTD</b>	Thought-Translation-Device
<b>V1</b>	Veränderung zwischen Screening und Post1-Untersuchung
<b>V2</b>	Veränderung zwischen Post1- und Post2-Untersuchung
<b>V3</b>	Veränderung zwischen Screening und Post2-Untersuchung



# 1 Einleitung

Diese Arbeit ist Teil der Studie „Neurofeedback bei Aufmerksamkeits-Hyperaktivitätsstörung (ADHS)“, die am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Universität Tübingen durchgeführt wurde. Bevor die Fragestellung und die zum Verständnis benötigten Grundlagen dargestellt werden, sei auf die Arbeiten von Leins (2004), Weber (2003), Danzer (2005), Goth (2005) und Rumpf (2005) hingewiesen, die ebenfalls im Rahmen dieser Studie entstanden und alle unterschiedliche Fragestellungen verfolgten.

ADHS (Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung) ist eine der häufigsten psychiatrischen Erkrankungen des Kindes- und Jugendalters und führt bei den Betroffenen häufig zu Schwierigkeiten in der Schule, im sozialen Umgang und zu einem negativen Selbstbild. Die bis Ende der achtziger Jahre gängige Annahme, dass die Störung spätestens nach der Pubertät von alleine verschwindet, konnte mittlerweile von mehreren Studien widerlegt werden (Murphy et al., 1998; Wender et al., 2001), so dass man in ADHS ein erhebliches Entwicklungsrisiko für die Betroffenen sehen muss. Gerade aufgrund der Persistenz der Störung ist es wichtig, dass die zur Behandlung von ADHS eingesetzten Methoden neben einer kurzfristigen Symptomreduktion und einer guten Verträglichkeit auch langfristig die Entwicklung der Betroffenen positiv beeinflussen. Ziel dieser Arbeit ist deshalb die Überprüfung der Stabilität der mit Neurofeedback als neuer Therapieoption in der Behandlung von ADHS erreichbaren Effekte. Im Einzelnen interessieren dabei folgende Fragen:

- Wie stabil ist die durch Neurofeedback erlernte Selbstkontrolle von langsamen kortikalen Potenzialen (LP)?
- Wie stabil ist die durch Neurofeedback erlernte Selbstkontrolle über den Quotienten der Frequenzbänder Theta und Beta (QT)?
- Wie stabil ist der klinische Erfolg nach einem Training zur Selbstkontrolle der LP?
- Wie stabil ist der klinische Erfolg nach einem Training zur Selbstkontrolle der des QT?

- Unterscheiden sich die beiden Trainings bezüglich der Stabilität der durch sie erzielten Veränderungen?

In diesem Kapitel wird zunächst kurz auf die Epidemiologie, die Diagnose und die Prognose von ADHS eingegangen, bevor dann die gängigen Therapieverfahren vorgestellt werden. Hierbei wird neben der Untersuchung der Effektivität der Behandlungsmethoden besonderer Wert auf eine Überprüfung bezüglich möglicher Langzeiteffekte gelegt. Anschließend soll noch genauer auf die Grundlagen einer Neurofeedbacktherapie von ADHS eingegangen werden.

## **1.1 Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung**

### **1.1.1 Epidemiologie**

Barbaresi et al. (2004) fanden bei einer für die Gesamtpopulation repräsentativen Gruppe von Kindern und Jugendlichen, eine Prävalenz für ADHS (Aufmerksamkeitsdefizit- und/oder Hyperaktivitätsstörung) von 7,5%. Damit gehört ADHS zu den häufigsten psychiatrischen Erkrankungen des Kindes- und Jugendalters. Die Angaben anderer Autoren liegen zwischen 2 und 20 Prozent (Rowland et al., 2002 zitiert nach Leins, 2004) Diese starken Schwankungen lassen sich auf unterschiedliche Stichproben, Diagnoseinstrumente und Diagnosekriterien zurückführen.

### **1.1.2 Problemverhalten und Diagnose**

Der Nervenarzt Heinrich Hoffmann beschrieb bereits 1885 in seinem Buch „Der Struwpeter“, welche Probleme sich durch das Verhalten von unaufmerksamen und hyperaktiven Kindern für Eltern, Lehrer und die Betroffenen selbst ergeben. Kinder mit ADHS bringen Aufgaben oft nicht zu Ende, da es ihnen sehr schwer fällt, sich über einen längeren Zeitraum zu konzentrieren. Sie wechseln häufig ihre Aktivitäten, machen viele Flüchtigkeitsfehler und erscheinen oft verträumt. Diese Probleme treten häufig erst im Kindergarten- oder Schulalter auf, wenn

erstmalig Anforderungen an das Konzentrationsvermögen der Kinder gestellt werden.

Häufig fällt bei den Kindern auch ihr ruheloses, zappeliges oder umtriebiges Verhalten auf. Sie können oft nicht still sitzen, selbst in Situationen, in denen es von ihnen verlangt wird (z.B. in der Schule oder beim Essen).

Genau diese Verhaltensweisen werden nach DSM-IV (Diagnostisch Statistisches Manual Psychischer Störungen, Saß et al., 1996) gefordert, um die Diagnose ADHS zu stellen. Dabei kommt es darauf an, dass mindestens 6 von 9 Kriterien aus einem oder beiden Unterbereichen (Unaufmerksamkeit u. Hyperaktivität/Impulsivität) über einen Zeitraum von mindestens 6 Monaten erfüllt sind. Außerdem müssen die Probleme bereits vor dem 7. Lebensjahr bestanden haben und in mindestens 2 Lebensbereichen auftreten (z.B. in der Schule, zu Hause oder im Freundeskreis). Die Störung wird gemäß DSM-IV in 3 verschiedene Subtypen unterteilt:

- „Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung, Mischtypus“(ADHS);
- „Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung, Vorwiegend Unaufmerksamer Typus“(ADS)
- „Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung, Vorwiegend Hyperaktiv-Impulsiver Typus“(HS)

Im Folgenden wird jedoch die Bezeichnung ADHS auch als Überbegriff für die Gesamtstörung im Sinne von Aufmerksamkeitsdefizit- und/oder Hyperaktivitätsstörung verwendet.

### **1.1.3 Prognose**

Es gibt nur wenige Studien zur Prävalenz von ADHS im Erwachsenenalter. Diese kommen außerdem zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Shaffer (1994) fand bei 8% der ehemals mit ADHS diagnostizierten Probanden andauernde Symptome, wohingegen Murphy et al. (1998) und Wender et al. (2001) bei mehr als 50%, bzw. bei 66% der Probanden über noch vorhandene Symptome berichten.

Im Erwachsenenalter treten Symptome der Hyperaktivität/Impulsivität eher in den Hintergrund; Symptome der Unaufmerksamkeit spielen eine wichtigere Rolle (Biederman et al., 2000). Barkley et al. (1990) und Gittelmann (1985) fanden heraus, dass Betroffene in der Adoleszenz und im frühen Erwachsenenalter gehäuft Verhaltensstörungen, antisoziale Persönlichkeitsstörungen und delinquentes Verhalten zeigen. Lauth & Schlottke (2002) berichten von schlechteren Leistungen in der Schule und in der Ausbildung.

## **1.2 Behandlung von ADHS**

Nur wenige Studien vergleichen die verschiedenen Behandlungsformen systematisch. Auch zur Stabilität der erzielten Therapieerfolge gibt es bisher nur wenige Untersuchungen, die zudem sehr uneinheitlich bezüglich des Zeitpunkts der Follow-up-Untersuchung sind. In diesem Kapitel werden nur solche Studien vorgestellt, die zusätzlich zu einer Nachuntersuchung direkt im Anschluss an die Therapie (Kurzzeiteffekte) später eine zweite Nachuntersuchung durchführten (Langzeiteffekte) und mögliche Veränderungen untersuchten. Die Zeiträume zwischen Therapieende und zweiter Nachuntersuchung reichen von einer Woche bis zu mehreren Jahren.

Einen Meilenstein in der ADHS-Forschung stellt die MTA-Studie (Multimodal Treatment Study of ADHD) dar. Zahlreiche Analysen dieser größten bislang durchgeführten Studie an ADHS-Kindern (46 Publikationen über Medline bei eingegebenem Suchbegriff: „Multimodal Treatment Study of ADHD“ or „Multimodal Treatment Study of Attention Deficit“) vergleichen die Kurz- und Langzeiteffekte der verschiedenen Therapien, suchen Prädiktoren für den Therapieerfolg oder untersuchen, welche Symptome am Besten auf die verschiedenen Therapien ansprechen.

Im Folgenden werden deshalb zunächst Analysen der MTA-Studie vorgestellt. Anschließend werden weitere Studien zu den Behandlungsmethoden, die in der MTA-Studie verglichen wurden, betrachtet, da sich diese nach Pelham (1999) alle als wirksam bei der Verbesserung der ADHS-Symptomatik erwiesen haben.

Dabei werden jeweils zunächst die Kurzzeiteffekte zusammengefasst, bevor dann näher auf mögliche Langzeiteffekte eingegangen wird.

### **1.2.1 MTA-Studie**

- **Ablauf:**

In dieser randomisierten klinischen Studie wurden 597 Kinder mit ADHS (Mischtyp), diagnostiziert nach DSM-IV, zwischen 7 und 9,9 Jahren zufällig in eine von 4 Therapiegruppen eingeteilt:

- Pharmakotherapie mit zusätzlicher Beratung
- Verhaltenstherapie
- Kombination aus Pharmako- und Verhaltenstherapie
- Standardtherapie (Behandlung mit verschiedenen wohnortnah angebotenen Methoden)

In den Gruppen, die eine Pharmako- bzw. Kombinationstherapie erhielten, wurde zunächst über einen Zeitraum von 28 Tagen die optimale Dosis für jedes Kind ermittelt. Neben den Stimulanzien Methylphenidat, D-Amphetamin und Pemolin, die mit Abstand am häufigsten eingesetzt wurden, erhielten einige Kinder auch das trizyklische Antidepressivum Imipramin oder Bupropion (Döpfner & Lehmkuhl, 2002). Bestandteil der Verhaltenstherapie waren Elternt raining, Intervention in der Schule (Lehrerberatung und direkte Betreuung des Kindes durch einen Trainer), sowie ein achtwöchiges Sommerferienprogramm, in dem neben Kompetenztrainings, Problemlösetrainings und Freizeitpädagogik auch Sport angeboten wurde. Die Probanden erhielten ihre Therapie 14 Monate lang und wurden dann erneut untersucht (Follow-up 1). Nach weiteren 10 Monaten erfolgte dann die zweite Nachuntersuchung (Follow-up2).

- **Kurzzeiteffekte:**

Bei Betrachtung der Veränderung der Kardinalsymptome der hyperkinetischen Störung (Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/Impulsivität) ergab sich eine Überlegenheit der Pharmako-/Kombinationstherapie gegenüber der alleinigen Verhaltenstherapie. Sowohl Eltern als auch Lehrer berichteten über eine Reduktion der „Aufmerksamkeitsstörung“. Im Elternurteil ergab sich außerdem eine deutliche Verbesserung der „Hyperaktivität/Impulsivität“. Im Lehrerurteil und in der Verhaltensbeobachtung trat hingegen kein Unterschied bei der Reduktion der „Hyperaktivität/Impulsivität“ zwischen Pharmako-, Kombinations- und Verhaltenstherapie auf. Die Kombinations- und die rein medikamentöse Therapie erwiesen sich als gleichwertig. Zusätzlich zu den oben erwähnten Kardinalsymptomen wurden auch Veränderungen von „aggressivem Verhalten“, „interner Symptomatik“, „sozialen Kompetenzen“ und der „Eltern-Kind-Beziehung“ erfasst. Beide waren in beinahe all diesen Parametern der Standardtherapie überlegen (MTA Cooperative Group 1999).

Pelham (1999) stellte fest, dass alle 4 Therapiegruppen deutliche Verbesserungen der ADHS-Symptomatik zeigten. Die Effektstärken lagen für die Verhaltenstherapie und Standardtherapie zwischen 0,9 und 1,3, für die Pharmakotherapie und die Kombinationstherapie zwischen 1,5 und 1,8 (zitiert nach Döpfner und Lehmkuhl, 2002). Obwohl mit der Kombinationstherapie keine signifikant besseren Ergebnisse erzielt werden konnten als durch die Pharmakotherapie, konnte man in diesen ersten Analysen schon den Trend erkennen, dass die Kombinationstherapie der Pharmakotherapie überlegen sein könnte. Diesen Trend konnten Conners et al. (2001) in einer erneuten Analyse der ersten Ergebnisse bestätigen (zitiert nach Döpfner und Lehmkuhl, 2002). Sie fassten hierfür die verschiedenen Erfolgsparameter zu einem globalen Erfolgsparameter zusammen und bezogen neben den Kernsymptomen auch andere Verhaltensauffälligkeiten mit ein. Bei dieser Art der Ergebnisanalyse erwies sich die Kombinationstherapie der Pharmakotherapie signifikant überlegen.

Auch Swanson et al. (2001) kamen zu dem Schluss, dass eine Kombinationstherapie gegenüber der reinen Medikamententherapie zusätzliche

Verbesserungen bringt (zitiert nach Döpfner und Lehmkuhl 2002). Sie untersuchten die verschiedenen Therapiegruppen aus der MTA-Studie im Hinblick auf eine Verbesserung des hyperkinetischen und oppositionellen Verhaltens. Durch die Standardtherapie konnten 25%, durch Verhaltenstherapie 34%, durch reine Stimulanzientherapie 56% und durch die Kombinations-therapie 68% der Patienten erfolgreich behandelt werden.

- **Langzeiteffekte:**

Die „MTA-Cooperative-Group“ veröffentlichte 2004 eine Untersuchung über die Stabilität der verschiedenen Therapieformen anhand der Ergebnisse der Follow-up-Untersuchung (NIMH, 2004). Diese fand 10 Monate nach der ersten Untersuchung statt. Während dieser 10 Monate hatten die Probanden zwar keine so intensive Behandlung wie während der Therapiephase erhalten, viele der Kinder wurden jedoch weiterhin mit Medikamenten behandelt, so dass die Ergebnisse nur wenige Aussagen über die Stabilität der verschiedenen Behandlungsmethoden zulassen. Auch zum Zeitpunkt der Follow-up-Untersuchung waren die Ergebnisse der beiden Gruppen, die Medikamente erhalten hatten, deutlich besser als die der beiden anderen Gruppen. Ein signifikanter Unterschied zwischen Kombinations- und Pharmakotherapie konnte zwar nicht gefunden werden, es stellte sich jedoch heraus, dass die Probanden der Medikamentengruppe zu diesem Zeitpunkt signifikant höhere Medikamentendosen einnahmen als die Probanden der Kombinationsgruppe, was für eine langfristige Überlegenheit der Kombinationstherapie spricht. Dies ist vor allem deshalb interessant, weil sich mit einer höheren Stimulanzindosis die Wahrscheinlichkeit von Nebenwirkungen erhöht (Barkley, 1998).

## **1.2.2 Studien zur Pharmakotherapie**

### **1.2.2.1 Stimulanzien**

Zur Gruppe der Stimulanzien zählen Methylphenidat, Dextro-Amphetamin (D-Amphetamin) und Pemolin, wobei die Wirkung von Methylphenidat mit Abstand am besten untersucht ist (Spencer et al., 1996).

- **Kurzzeiteffekte:**

Die Wirksamkeit von Stimulanzien bei ADHS konnte in zahlreichen Studien belegt werden. Barkley (1977) fand gemäß seiner Übersichtsarbeit in mehr als 120 Studien, dass bei 73-77% der mit Stimulanzien behandelten Kinder eine Verhaltensverbesserung eintrat. Hingegen zeigten nur 39% der Kinder, die ein Plazebo erhielten, ähnliche Verbesserungen.

Auch Wagner (2002) fand in über 100 randomisierten und kontrollierten Kurzzeitstudien, dass sich etwa 70% der Schulkinder nach Behandlung mit Stimulanzien in den Bereichen Unaufmerksamkeit, Hyperaktivität und Impulsivität signifikant verbesserten.

Bei der Stimulanzientherapie verbessern sich vor allem die Kernsymptome der Aufmerksamkeitsstörung: es tritt eine Erhöhung der Konzentrationsfähigkeit, sowie eine Verminderung der Bewegungsunruhe und unangemessener Verhaltensweisen ein (Lauth et al., 2002).

Andere wichtige Probleme, wie z.B. schlechte Schulnoten, geringes Selbstwertgefühl, schlechte soziale Kompetenz oder komorbide Störungen wie Enuresis, Angststörung oder Lernschwierigkeiten bleiben laut Pelham und Fabiano (2000) durch alleinige Stimulanzientherapie unverändert.

- **Langzeiteffekte:**

Barkley (1998) fand in seiner Übersichtsarbeit heraus, dass Ritalin zwar kurzzeitige Erfolge bewirkt, nach Absetzen der Medikation jedoch die erzielten Effekte verloren gehen. Er beruft sich dabei vor allem auf Arbeiten von Pelham (1985), Weiss & Hechtman (1993), sowie Schachar & Tannock (1993).

Auch Monastra et al. (2002) kamen zu ähnlichen Ergebnissen (siehe Kapitel 1.2.4: Langzeiteffekte). Pelham und Fabiano (2002) kommen sogar zu dem Schluss, dass es überhaupt keine Studie gibt, die eine langfristige Verbesserung der Probleme belegt.



Jensen (2002) untersucht in seiner Übersichtsarbeit mehrere Studien, die sich mit der Langzeitwirkung von Stimulanzien befassen. Dabei findet er widersprüchliche Ergebnisse:

So kamen Horn et al. (1991) und Ialongo et al. (1993) zu dem Ergebnis, dass der Effekt, der nach einer 3-monatigen Stimulanzientherapie mit Methylphenidat erreicht wurde, 9 Monate nach Beendigung der Therapie nicht mehr vorhanden war. Gillberg et al. (1997) fanden hingegen, dass der Effekt, der nach 15-monatiger Einnahme von Amphetamin auftrat, sich nach einer anschließenden 3-monatigen Placeboeinnahme nicht signifikant verringert hatte. Zu diesem Zeitpunkt der Studie nahmen jedoch nur noch so wenige Probanden an der Studie teil, dass aus den Ergebnissen keine sicheren Schlussfolgerungen gezogen werden können.

Hechtman und Abikoff (1995) untersuchten in ihrer Studie die Wirkung von „Booster-Sitzungen“ an 102 Kindern mit ADHS nach den Kriterien des DSM-III-R. Die Kinder, die zwischen 7 und 10 Jahre alt waren, wurden randomisiert und doppelblind in einer von 3 Therapiegruppen behandelt. Eine Gruppe erhielt Methylphenidat, die zweite zusätzlich eine psychosoziale Behandlung als Placebobedingung und die dritte Methylphenidat und zusätzlich eine multimodale Verhaltenstherapie. Die Probanden wurden zunächst 12 Monate lang behandelt und erhielten anschließend für weitere 12 Monate monatliche „Booster-Sitzungen“. Es zeigte sich, dass in allen Gruppen die Schwere der ADHS-Symptome bis 6 Monate nach Therapiebeginn nachließ. In den folgenden 18 Monaten blieb der Erfolg stabil. Unterschiede zwischen den verschiedenen Gruppen waren nicht signifikant. 18 der Kinder sollten sowohl 18 Monate nach Beginn der Therapie als auch direkt nach Therapieende für 4 Wochen ein Placebo erhalten. 17 dieser 18 Kinder erlitten einen Rückfall ihrer Symptome und nur wenige hielten die 4-wöchige Placebogabe überhaupt durch. Hechtman und Abikoff (1995) schlossen aus ihren Beobachtungen, dass Stimulanzien nach Absetzen keinen Effekt mehr haben, jedoch niederfrequente Auffrischungssitzungen ausreichend sind, um den erzielten Therapieerfolg aufrecht zu erhalten.

Die meisten Autoren kommen also zu der Einschätzung, dass Kurzzeiteffekte der Stimulanzien zwar gut belegt sind, diese jedoch keine langzeitigen oder gar dauerhaften Veränderungen des problematischen Verhaltens herbeiführen können.

#### **1.2.2.2 Studien zu anderen Medikamenten**

Neben den deutlich am häufigsten verordneten Stimulanzien kommen bei der Behandlung von ADHS auch andere Medikamente zum Einsatz.

- **Kurzzeiteffekte:**

Spencer et al. (1996) fanden 29 Studien, die die Sicherheit und Wirksamkeit von trizyklischen Antidepressiva (TCA) untersuchten. 27 dieser Studien berichteten mittlere (N=9) oder hohe (N=18) Ansprechraten der Probanden mit ADHS auf TCA. Im Vergleich mit Stimulanzien berichten 5 Studien eine Überlegenheit der Stimulanzien (Garfinkel et al., 1983; Gittelman-Klein, 1974; Greenberg et al., 1975; Rapoport, 1974; alle zitiert nach Spencer et al., 1996), 5 Studien kamen zu gleichwertigen Ergebnissen der beiden Medikamentengruppen (Gross, 1973; Huessy & Wright, 1970; Kupietz & Balka, 1976; Rapport et al., 1993; Yepes et al., 1977; alle zitiert nach Spencer et al., 1996) und 3 Studien fanden eine Überlegenheit der TCA (Watter & Dreyfuss, 1973; Werry, 1980; Winsberg et al., 1972; alle zitiert nach Spencer et al., 1996). Spencer et al. (1996) untersuchten außerdem 11 Studien zu nicht trizyklischen Antidepressiva, zu denen sie Monoaminoxidase-Hemmer (MAO-Hemmer), selektive Serotonin Wiederaufnahme-Hemmer (SSRI), Bupropion und Venlafaxin zählten. Dabei fanden sie ein starkes Ansprechen in 2 Studien und ein mittleres Ansprechen in 9 Studien.

Neben der Gruppe der Antidepressiva werden auch Neuroleptika als mögliche Therapie bei ADHS angesehen. Hierzu fanden Spencer et al. (1996) 12 Studien, in denen mit verschiedenen Phenothiazinen oder mit Haloperidol behandelt worden war. Drei dieser Studien berichteten eine starke, 5 eine mittlere, 1 eine gemischte und 3 eine schwache Verbesserungsrate.

Zusätzlich erfassten die Autoren 4 Studien, die die Wirksamkeit von Clonidin bei der Behandlung von ADHS untersuchten. Alle berichteten positive Veränderungen des Verhaltens, wobei 50%-70% der Probanden mindestens mäßig auf Clonidin ansprachen. Die kognitiven Probleme veränderten sich weniger stark. Je eine Studie berichtete über Verhaltens- und Aufmerksamkeitsverbesserungen bei der Behandlung mit Guanfazin und Propranolol. Greenhill et al. (1973) fanden heraus, dass die Behandlung mit Lithium bei Kindern ohne komorbide affektive Störung keine Verhaltensverbesserung bewirkt.

Neben den von Spencer et al. (1996) untersuchten Medikamenten spielt vor allem der hochselektive Noradrenalin Wiederaufnahme-Hemmer (SNRI) Atomoxetin eine zunehmend wichtige Rolle. Er ist seit Januar 2003 zur Behandlung von ADHS in den USA zugelassen (Leins, 2004).

- **Langzeiteffekte:**

Mögliche Langzeiteffekte der Medikamente, die nicht zur Gruppe der Stimulanzien gehören, sind nur unzureichend erforscht.

Biederman (2003) erwähnt 2 Studien, die die längerfristige Wirksamkeit von Atomoxetin bei der Behandlung von ADHS untersuchen. Beide Studien bestanden aus 3 Phasen: einer akuten Behandlungsphase, einer kurzen Unterbrechungsphase und einer „Erweiterungsphase“, in der offen mit Atomoxetin behandelt wurde (Heiligenstein et al., unveröffentlichte Daten, 2002; zitiert nach Biederman, 2003). In der akuten Behandlungsphase erwies sich die Behandlung mit Atomoxetin signifikant ( $p < 0,01$ ) der Placebogabe überlegen. Diese Überlegenheit wurde während der Unterbrechungsphase sogar noch deutlicher, wohingegen sie sich in der 3. Phase deutlich reduzierte.

Adler et al. (unveröffentlichte Daten, 2002; zitiert nach Biederman, 2003) berichten ähnliche Ergebnisse. Auch in ihrer Studie war die Behandlung mit Atomoxetin signifikant ( $p < 0,008$ ) der Placebo-Kontrolle überlegen. Die Patienten empfanden ihr Verhalten auch während der 34-wöchigen Unterbrechungsphase als verbessert.

### 1.2.3 Studien zur Verhaltenstherapie

- **Kurzzeiteffekte:**

Döpfner und Lehmkuhl (2002) kommen in ihrer Übersichtsarbeit zu dem Schluss, dass Elterntrainings und Interventionen in der Familie sehr gut belegte Erfolge zeigen. Auch die Wirksamkeit von Interventionen in Schule und Kindergarten ist sehr gut belegt. Ebenso konnten für intensive Sommerferienprogramme mit Kontingenzmanagement und sozialem Kompetenztraining Erfolge belegt werden, wohingegen für die Wirksamkeit von Selbstinstruktionstrainings keine ausreichenden Belege gefunden werden konnten.

- **Langzeiteffekte:**

Lauth und Schlottke (2002) berichten über gute Langzeiterfolge ihres Trainings. In 2 Studien wurde etwa 1-2 Jahre nach Beendigung der Therapie eine Follow-up-Untersuchung durchgeführt:

Linderkamp (2002) hat 30 Kinder im Alter von 7-11 Jahren, mit der klinischen Diagnose ADHS gemäß DSM-III-R mit dem „Training für aufmerksamkeitsgestörte Kinder“ von Lauth und Schlottke behandelt und untersucht. Die Kinder nahmen durchschnittlich an 12 Therapiesitzungen teil. Zusätzlich wurden die Eltern intensiv beraten. 22 der 30 trainierten Kinder nahmen an der Nachuntersuchung 1-2 Jahre nach der Therapie teil. Linderkamp fand bei 82% der Kinder auch zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keine Symptome von ADHS mehr. Lediglich 4 der 22 untersuchten Kinder zeigten noch die für ADHS-Kinder typischen Verhaltensauffälligkeiten.

Zu einem ähnlich guten Langzeitergebnis kam Naumann (2000). Sie kam zu dem Schluss, dass die Therapieerfolge auch nach einem Zeitraum von 1-2 Jahren noch stabil waren. 80% der Kinder waren zu diesem Zeitpunkt immer noch symptomfrei.

Zu weniger überzeugenden Ergebnissen kam Saile (1996) bei seiner Metaanalyse. Er untersuchte unter anderem die Abhängigkeit der Effektstärken der psychologischen Behandlung vom Zeitpunkt der Messung. Dabei bezieht

Saile Studien ein, die die Effekte von kognitiv-verhaltenstherapeutischer Behandlung, Selbstinstruktionstraining, Elterntraining, Entspannungstrainings (z.B. Biofeedback) und verschiedenen anderen Verfahren wie z.B. Modellernen oder operanten Techniken untersuchten.

Es zeigte sich, dass die Effektstärken am höchsten direkt nach dem Ende der Behandlung sind (in 77 Studien wurde eine durchschnittliche Effektstärke von 0,46 ermittelt). Bis 3 Monate nach Behandlungsende sind die Effektstärken jedoch nur wenig kleiner (bis 6 Wochen nach Behandlungsende zeigte sich in 17 Studien eine mittlere Effektstärke von 0,41; 6 Wochen bis 3 Monate nach Behandlungsende zeigte sich in den 12 Studien eine mittlere Effektstärke von 0,37).

In den wenigen Studien, bei denen der Zeitpunkt der Nachuntersuchung 9 Monate oder später nach Behandlungsende lag, fand Saile keinen Beleg für einen anhaltenden Effekt (in 4 Studien ergab sich eine mittlere Effektstärke von -0,17).

Langzeiteffekte von verhaltenstherapeutischen Ansätzen sind also bislang nur unzureichend untersucht, wobei die wenigen Studien, die sich mit Langzeiteffekten befassen, zu kontroversen Ergebnissen kommen.

#### **1.2.4 Studien zur Kombination von medikamentöser und Verhaltenstherapie**

- **Kurzzeiteffekte:**

Wie bereits erwähnt kam die MTA-Studie zu dem Ergebnis, dass die Kinder aus der Gruppe, die die Kombinationstherapie erhielt, kein signifikant besseres Ergebnis bei der Follow-up1-Untersuchung erzielten als die Kinder aus der Medikamentengruppe. Saile (1996) hingegen fand in seiner Metaanalyse eine Überlegenheit der Kombinationstherapie gegenüber einer rein medikamentösen Therapie. Pelham & Fabiano (2000) weisen darauf hin, dass in Studien, die eine Kombinationstherapie beinhalten, häufig die Intensität der Pharmakotherapie (geringere Dosis) und der Verhaltenstherapie (weniger Sitzungen) geringer ist, als in Studien, in denen nur eine der

Behandlungsmethoden angewendet wird. Demnach ist die Kombinationstherapie der alleinigen Pharmakotherapie möglicherweise deutlicher überlegen als diese Ergebnisse belegen.

- **Langzeiteffekte:**

Pelham und Fabiano (2000) fanden in ihrer Übersichtsarbeit nur 3 Studien, die die Langzeiteffekte von multimodalen Therapien sowohl nach Beendigung der medikamentösen als auch nach Beendigung der Verhaltenstherapie untersuchten:

Horn et al. (1991) fanden heraus, dass bei Probanden, bei denen zusätzlich zur medikamentösen Therapie ein Elterntraining durchgeführt wurde, auch 9 Monate nach Beendigung der Medikation noch anhaltende positive Effekte in den Elternfragebögen angegeben wurden. Auch Kinder, bei denen nur die Eltern ein Training erhielten, hatten ähnliche Ergebnisse. Von Probanden, die ausschließlich eine medikamentöse Therapie erhielten, wurden hingegen keine anhaltenden Verbesserungen seitens der Eltern berichtet.

Klein, Abikoff (1997) und Pelham et al. (1988) kamen auch zu dem Ergebnis, dass Patienten nach Beendigung einer multimodalen Therapie zwar weiterhin von der Verhaltenstherapie profitieren, nicht jedoch von der Medikamententherapie.

Auch Satterfield et al. (1987) fanden eine langfristige Überlegenheit der mehrdimensionalen Therapie gegenüber einer rein pharmakologischen.

## **1.3 Neurofeedbacktherapie**

### **1.3.1 Grundlagen des Neurofeedbacktrainings**

- **Definition von Neurofeedback:**

Beim Biofeedback soll Selbstkontrolle über ansonsten nicht bewusst wahrgenommene physiologische Parameter (beim Neurofeedback z.B. Zustand der Hirnströme) erlernt werden. Hierzu werden dem Patienten die körperlichen Zustände, die er willentlich zu beeinflussen versucht, akustisch oder optisch

rückgemeldet. Jede Veränderung in die gewünschte Richtung wirkt positiv verstärkend im Sinne der operanten Konditionierung. Auf diese Weise können Patienten lernen, Einfluss sogar auf nicht der Wahrnehmung zugängliche Vorgänge, wie z.B. die Aktivität ihrer Hirnrinde zu nehmen. Dass dies möglich ist, zeigte beispielsweise Elbert (1980) für das Erlernen von Selbstkontrolle über langsame Potenziale (LP), sowie Kamiya (1968) für das Erlernen von Selbstkontrolle über EEG-Oszillationen.

Ziel des Biofeedbacks ist die Veränderung/ Beseitigung von Symptomen, die eng mit dysfunktionaler Einstellung physischer Parameter zusammenhängen.

- **Auswahl der rückgemeldeten Parameter:**

Zunächst gilt es zu untersuchen, welche Parameter bei Personen, die unter einer Krankheit leiden im Vergleich zur Normalbevölkerung verändert sind.

So geht sowohl im Tierexperiment (Caspers et al., 1984 und Speckmann & Elger, 1987) als auch beim Menschen (Ikeda et al., 1996) der Beginn epileptischer Aktivität häufig mit einer Negativierung der LP einher.

Kotchoubey et al. (2001) zeigten in einer kontrollierten, jedoch nicht randomisierten Studie, dass Patienten mit einer medikamentenresistenten Epilepsie lernen können, ihre LP zu kontrollieren und die Häufigkeit der Anfälle signifikant zu reduzieren.

In einer Studie mit 18 Patienten aus dieser Gruppe (Kotchoubey et al., 1997) zeigte sich, dass die Patienten die Selbstkontrolle über die LP während einer 6-monatigen Pause nicht verlernt hatten, sondern sich sogar in den Aufgaben ohne Feedback noch verbessern konnten. In dieser Studie konnte erstmals an einer größeren Fallzahl gezeigt werden, dass durch Neurofeedback stabile Veränderungen erreicht werden können. Zwar gab es schon andere Studien, die stabile Erfolge erzielten, diese hatten jedoch immer nur Einzelfälle oder kleine Probandengruppen untersucht.

Es erscheint also sinnvoll, wenn die Patienten gezielt Selbstkontrolle über diejenigen Parameter erlangen, die bei einer Krankheit pathologisch verändert sind.

Nachfolgend wird nach einigen allgemeinen Erläuterungen zum EEG, näher auf EEG-Veränderungen bei ADHS-Patienten eingegangen.

- **Kurze Einführung zum EEG:**

Anhand des EEGs lassen sich Aussagen über die kortikale Aktivität (Wahrnehmungsleistungen, kognitive Tätigkeit, Planung und Initiierung motorischer Tätigkeiten) und das Aktivitätsniveau des Gehirns machen (Zschocke, 2002). Das EEG lässt sich in mehrere Komponenten unterteilen:

**Spontan-EEG:**

Anhand der physiologischen Oszillationen lässt sich die Aktivierung beurteilen:

**Tabelle 1:** Übersicht über EEG-Frequenzbänder, modifiziert nach Schandry, 1988

EEG-Frequenzband	Frequenz	Bewusstseinsgrad
Delta-Wellen	0,5-4 Hz	Tiefschlaf oder Bewusstlosigkeit
Theta-Wellen	4-8 Hz	Dösen oder Einschlafen
Alpha-Wellen	8-13 Hz	Entspannter Wachzustand
Beta-Wellen	13 – 30 Hz	Angespannter Wachzustand

Außerdem können pathologische EEG-Muster wie z.B. „Spikes“ und „Waves“ bei Epilepsie erkannt werden.

**Ereigniskorrelierte Potenziale (EKP):**

EKP sind Potenzialverschiebungen, die in engem Zusammenhang zu einem Ereignis stehen. Dies kann ein sensorischer Reiz, aber auch eine Emotion oder ein Gedanke sein. Evozierte Potenziale treten 10 ms bis 1 s nach dem Ereignis auf (Birbaumer u. Schmidt, 2003). Nach dem Zeitpunkt des Auftretens lassen sich verschiedene evozierte Potenziale unterscheiden (z.B. N100, P300 und N400), die verschiedenen Stufen der Reizverarbeitung entsprechen.

Neben diesen evozierten Potenzialen werden auch die langsamen Potenziale zu den ereigniskorrelierten Potenzialen gerechnet (Leins, 2004). LP treten ab



500 ms nach dem Reiz auf und entstehen z.B. bei der Vorbereitung auf Bewegungen als sogenannte Bereitschaftspotenziale. Außer diesen Bereitschaftspotenzialen wird auch die CNV (Contingent Negative Variation) zu den langsamen Potenzialen gezählt, welche immer dann beobachtet wird, wenn ein Reiz erwartet wird. Deshalb wird sie auch als Erwartungswelle bezeichnet.

### **1.3.2 EEG-Veränderungen bei ADHS**

- **Spontan-EEG:**

In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass Patienten mit Aufmerksamkeitsstörungen im Vergleich zu Gesunden einen höheren Anteil an niederfrequenten Hirnwellen haben (Barry et al., 2003). Dies zeigt sich sowohl an einer verstärkten Theta-, als auch an einer verminderten Alpha- und Betaaktivität. Barry et al. (2003) werteten die vermehrte Aktivität langsamer Frequenzbänder als Zeichen einer kortikalen Untererregung. Es stellte sich heraus, dass das Übermaß an Thetaaktivität, meist frontal am deutlichsten ist, was auf eine Dysfunktion des Frontallappens schließen lässt (Chabot & Serfontein, 1996). Lubar (1991), Chabot & Serfontein (1996) und Monastra et al. (2001) (alle zitiert nach Holtmann et al., 2004) fanden heraus, dass das Verhältnis von Theta- zu Betaaktivität (QT) ein geeignetes Maß ist, um zwischen an ADHS erkrankten und gesunden Kindern zu unterscheiden.

- **Ereigniskorrelierte Potenziale:**

Holtmann et al. (2004) stellen fest, dass in den meisten Studien zu ereigniskorrelierten Potenzialen bei ADHS über niedrigere Amplituden und teilweise größere Latenzen der P300-Komponenten berichtet wird. Darin sehen Holtmann et al. (2004) einen Hinweis auf eine Dysfunktion reizbezogener kognitiver Verarbeitungs- und Aktivierungsprozesse.

Elbert und Rockstroh (1987) sehen in den langsamen Potenzialen ein Korrelat der Aufmerksamkeitsregulation. Positive LP treten beispielsweise beim Übergang vom Wach- in den Schlafzustand auf, was einer verminderten

kortikalen Erregbarkeit entspricht. Negative LP lassen hingegen auf eine erhöhte Erregbarkeit schließen.

Rockstroh et al. (1990) fanden bei Kindern, die nach dem Urteil ihrer Lehrer Aufmerksamkeitsprobleme haben, im Vergleich zu Kindern, die nach der Lehrerbeurteilung keine Aufmerksamkeitsprobleme haben, eine geringere Negativierung der langsamen Potenziale beim Erwarten einer Aufgabe.

### **1.3.3 Neurofeedback bei ADHS**

- **Kurzzeiteffekte:**

Linden et al. (2002) untersuchten in einer kontrollierten Studie die Effekte einer Neurofeedbacktherapie bei Kindern im Alter von 5-15 Jahren, bei denen ADS, ADHS oder eine Lernstörung gemäß den DSM-III-R-Kriterien mittels des IOWA-Connors-Verhaltens-Beurteilungsfragebogens diagnostiziert worden war. 18 Kinder wurden zufällig entweder in die Therapiegruppe oder in eine Wartelistenkontrollgruppe eingeteilt. Keiner der Probanden erhielt während des Neurofeedbacktrainings eine zusätzliche Pharmakotherapie oder Psychotherapie. Die Therapiegruppe nahm an 40 Neurofeedbacksitzungen teil, in denen die Kinder lernen sollten, ihre Beta-Wellen zu verstärken und ihre Theta-Wellen zu unterdrücken.

Anschließend wurde der Therapieerfolg anhand von Elternfragebögen und einem Intelligenztest im Vorher/Nachher-Vergleich ermittelt. Es zeigte sich, dass die beiden Gruppen zum Zeitpunkt des Therapiebeginns vergleichbar waren, was IQ, Alter, ADS, ADHS und oppositionelles Verhalten anbelangte. Nach der Behandlung zeigte die Therapiegruppe eine signifikante Verbesserung des IQs, nicht aber die Kontrollgruppe. Außerdem konnte sie signifikant die von den Eltern bewerteten unaufmerksamen Verhaltensweisen verringern. Hyperaktive oder aggressive Verhaltensweisen hingegen verbesserten sich zwar stärker in der Therapiegruppe, dieser Effekt war jedoch nicht signifikant. Auch Lubar et al. (1995), Thompson & Thompson (1998), Fuchs et al. (2003) und Monastra et al. (2002) berichten über gute Ergebnisse. In den Studien von Lubar et al. (1995) und Monastra (2002) war das Ziel eine

Verstärkung der Beta- und eine Verringerung der Thetaaktivität. Auf die Ergebnisse der Monastra-Studie wird im Abschnitt über die Langzeiteffekte noch näher eingegangen. Thompson & Thompson (1998) wollten außerdem bei einigen Kindern den Anteil der Alpha-Frequenzen vermindern und den des Sensomotorischen Rhythmus (SMR) verstärken. Fuchs et al. (2003) führten ein Neurofeedbacktraining durch, das sowohl eine SMR-, als auch eine Beta-Verstärkung zum Ziel hatte. In allen genannten Studien fanden sich bei der Nachuntersuchung Verbesserungen im Verhalten und bessere Leistungen in den Aufmerksamkeitstests. In den Studien, die zusätzlich Intelligenztests zur Erfolgskontrolle verwendet hatten, zeigten sich außerdem Verbesserungen des Intelligenzquotienten.

- **Langzeiteffekte:**

Zu möglichen Langzeiteffekten von Neurofeedbacktherapie bei ADHS liegen bisher nur wenige Erkenntnisse vor.

Lubar & Shouse (1976, 1979) führten mit einem 8 Jahre und 11 Monate alten Kind mit ADHD ein SMR-Training durch. Die Eltern berichteten eine Verbesserung des oppositionellen Verhaltens, außerdem kooperierte das Kind besser im Klassenzimmer. Nach nochmaligem Training zeigte sich eine weitere Verbesserung des sozialen und schulischen Verhaltens, die sogar noch nach mehreren Jahren stabil war.

Othmer et al. (1991) führten mit 15 Schulkindern, von denen bei 14 ADHS diagnostiziert worden war, 35 Sitzungen eines Neurofeedbacktrainings durch, in dem die Kinder lernen sollten Hirnwellen im Bereich 15-18 Hz zu verstärken und die im Bereich 4-7Hz sowie 22-30Hz zu unterdrücken. Die signifikanten Verbesserungen im Verhalten, bei den kognitiven Fähigkeiten und Schulleistungen nach dem Training konnten mehr als ein Jahr nach Trainingsbeginn, was etwa 9 Monate nach Trainingsende entspricht, bestätigt werden. Dazu wurden von den Eltern beschriebene deutliche Verbesserungen mit +1, sehr starke Verbesserungen mit +2 und unverändertes oder gar verschlechtertes Verhalten mit -1 bewertet. Besonders verbessert zeigten sich zum Zeitpunkt des Follow-ups das Selbstwertgefühl (16+, 1-), die Konzentration

(13+, 4-), die Schulnoten (8+, 1-), aber auch die Hyperaktivität (7+, 2-) und die Selbstorganisation (7+, 1-). Andere Probleme, wie z.B. das Verhalten in der Schule (8+,5-) oder zu Hause (6+, 5-), sowie Stimmungsschwankungen (8+,4-) blieben dagegen weitgehend unverändert.

Andere Autoren berichten ähnlich positive Langzeiterfolge (Tansey, 1993; Lubar, 1995).

Rossiter und La Vaque (2001) finden diese Ergebnisse zwar ermutigend, fordern jedoch systematischere Follow-up-Untersuchungen, größere Probandenzahlen und objektivere Tests für künftige Studien.

Monastra et al. (2002) führten eine Studie mit 100 Kindern im Alter von 6-19 Jahren durch. Alle Kinder hatten die Diagnose ADHS aufgrund der DSM-IV-Kriterien bekommen, darunter 24 als „Unaufmerksamkeits-Typ“ und 76 als „Mischtyp“.

Je nach Wunsch der Eltern wurden die Kinder entweder in eine Gruppe eingeteilt, deren Therapie eine medikamentöse Behandlung, Elternberatung und Beratung in der Schule beinhaltete (CCC), oder in eine Gruppe, die zusätzlich ein Neurofeedback-Programm absolvierte (CCC+B). Die CCC+B-Gruppe sollte durch das Neurofeedback-Programm lernen, ihren QT-Quotienten zu verringern.

Die Probanden wurden zu drei Zeitpunkten untersucht: vor der Therapie, ein Jahr nach der Voruntersuchung (die Patienten wurden zu diesem Zeitpunkt noch mit Ritalin behandelt) und nach einer einwöchigen „Auswaschphase“, in der die Probanden kein Ritalin erhalten hatten. Bei jeder dieser Untersuchungen wurden Fragebögen über das Verhalten der Kinder sowohl von den Eltern, als auch von den Lehrern ausgefüllt, ein Aufmerksamkeitstest durchgeführt und ein QEEG (quantitatives EEG) gemessen, um zu überprüfen, ob sich die für ADHD-Patienten typische Verlangsamung der Aktivität über Teilen des Frontalhirns durch die Therapie verändert hat.

Es zeigte sich, dass die Probanden aus der CCC+B-Gruppe nicht nur besser bei der ersten Nachuntersuchung abschnitten, sondern, dass der Erfolg, den diese Gruppe erzielte, auch ohne die Einnahme von Ritalin stabil blieb,

wohingegen die Probanden aus der CCC-Gruppe bei der zweiten Nachuntersuchung schlechter als bei der ersten abschnitten.

## 1.4 Zusammenfassung und Fragestellung

ADHS ist oft bis ins Erwachsenenalter stabil und stellt somit ein großes Problem für die Entwicklung der Betroffenen dar. Da es nur schlecht möglich ist, eine bestimmte Therapie dauerhaft durchzuführen (bei Verhaltenstherapie aus Zeitgründen, bei der Stimulanzientherapie aufgrund der schlechter werdenden Compliance, der Nebenwirkungen und der evtl. zunehmend größeren benötigten Medikamentendosen (Monastra et al., 2002)), erscheint es notwendig, dass neben der kurzfristigen Symptomreduktion auch langfristige Veränderungen des problematischen Verhaltens erzielt werden. Diese positiven Langzeiteffekte gibt es bei der Behandlung mit Stimulanzien offensichtlich nicht (Barkley, 1998; Pelham & Fabiano, 2002; Horn, 1991; Jalongo, 1993; Hechtman & Abikoff, 1995; Monastra, 2002). Mögliche Langzeiteffekte psychotherapeutischer Verfahren und multimodaler Behandlungen sind bisher nur unzureichend untersucht. Über die Stabilität der Therapieeffekte verhaltenstherapeutischer Ansätze liegen bisher kontroverse Ergebnisse vor. Hingegen sind die Ergebnisse der wenigen Studien, die die Stabilität der Effekte einer kombinierten Behandlung mit Stimulanzien und Verhaltenstherapie untersuchen, vielversprechend.

Auch die langfristige Wirksamkeit einer Behandlung mit Neurofeedback ist bisher nur unzureichend belegt. So sind die untersuchten Stichproben meist sehr klein (Lubar & Shouse, 1976, 1979; Tansey, 1993), die zur Messung der Effektivität eingesetzten Instrumente wenig objektiv (Othmer et al., 1991)) oder der Zeitpunkt der Nachuntersuchung zu kurz nach Beendigung der Therapie (Monastra (2002)). Ziel dieser Arbeit ist es, die teilweise ermutigenden Langzeitergebnisse anderer Neurofeedback-Studien anhand folgender Fragestellungen zu überprüfen:

- Wie stabil ist die durch Neurofeedback erlernte Selbstkontrolle von langsamen kortikalen Potenzialen?
- Wie stabil ist die durch Neurofeedback erlernte Selbstkontrolle über den Theta/Beta-Quotienten?

- Wie stabil ist der klinische Erfolg nach einem Training zur Selbstkontrolle der langsamen kortikalen Potenziale?
- Wie stabil ist der klinische Erfolg nach einem Training zur Selbstkontrolle des Theta/Beta-Quotienten?
- Unterscheiden sich die beiden Trainings bezüglich der Stabilität der durch sie erzielten Veränderungen?

## **2 Probanden und Methoden**

Die Stabilität der erlernten Selbstkontrolle von LP bzw. des QT-Quotienten, sowie die Stabilität des klinischen Erfolgs einer EEG-Feedbacktherapie wurde im Rahmen einer Pilotstudie, mit dem Ziel zwei verschiedene Neurofeedbackverfahren zur Behandlung von ADHS zu entwickeln, am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Universität Tübingen untersucht. In diesem Kapitel wird zunächst das Therapieprogramm der gesamten Studie beschrieben, wobei Kapitel 2.1-2.3.1.2 an Goth (2005) und Kapitel 2.4 an Rumpf (2005) angelehnt sind. In Kapitel 2.5 wird dann speziell auf die Auswertungsstrategie und die in der vorliegenden Arbeit verwendeten statistischen Methoden eingegangen.

### **2.1 Probanden**

Die Stichprobe bestand aus 46 Kindern im Alter von 7 bis 13 Jahren, die die Diagnosekriterien für ADHS, ADS oder HS gemäß DSM-IV erfüllten. Das Neurofeedbacktraining wurde mit zwei Experimentalgruppen durchgeführt. Der einen Gruppe wurden die langsamen Potenziale (LP-Gruppe), der anderen der Theta/Beta-Quotient (QT-Gruppe) rückgemeldet. Die Patienten wurden randomisiert den beiden Experimentalgruppen zugewiesen. Durch Paarbildung wurden die beiden Gruppen bezüglich Alter, IQ, Geschlecht, Medikation und Diagnose parallelisiert.

### **2.2 Versuchsplan**

Das Training der beiden Experimentalgruppen fand von Oktober 2001 bis Mai 2004 statt. Es erstreckte sich jeweils über drei zweiwöchige Phasen, wobei pro Phase 10 Sitzungen durchgeführt wurden. Eine Sitzung dauerte etwa eine Stunde.

Vor der ersten Trainingsphase (Screening), unmittelbar nach Beendigung des Trainings (Post 1) und ein halbes Jahr danach (Post 2) wurden Fragebögen an



Eltern, Kinder und Lehrer ausgegeben, Tests durchgeführt und Elterngespräche vorgenommen. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über den Studienablauf.

**Tabelle 2:** Studienablauf; modifiziert nach Leins (2004)

<b>Trainingsabschnitt</b>	<b>Inhalt</b>	<b>Zeitdauer</b>
Screening	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebögen</li> <li>• Tests</li> <li>• Elterngespräch</li> </ul>	ca. 2 Wochen
Neurofeedbacktraining	<b>Trainingsphase I:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 Sitzungen mit durchschnittlich 4 Durchgängen (Runs)</li> <li>• Plazebofragebögen</li> </ul>	2 Wochen
	Trainingspause, Transferübungen	4-6 Wochen
	<b>Trainingsphase II:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 Sitzungen mit durchschnittlich 4 Durchgängen (Runs)</li> <li>• Plazebofragebögen</li> </ul>	2 Wochen
	Trainingspause, Transferübungen	4-6 Wochen
	<b>Trainingsphase III:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 Sitzungen mit durchschnittlich 4 Durchgängen (Runs)</li> <li>• Durchführung von Transferübungen</li> <li>• Plazebofragebögen</li> </ul>	2 Wochen
Post1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragebögen</li> <li>• Tests</li> <li>• Elterngespräch</li> </ul>	ca. 2 Wochen
Post2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>3 Trainingssitzungen</b></li> <li>• Fragebögen</li> <li>• Tests</li> <li>• Elterngespräch</li> </ul>	ca. 2 Wochen

## 2.3 Messinstrumente

Die Messinstrumente dienen sowohl der Diagnostik, als auch der Messung der Verhaltensveränderung. Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die Fragebögen und die Tests, die im Screening und in den beiden Nachuntersuchungen eingesetzt wurden.

### **2.3.1 Fragebögen**

Zusätzlich zu den Elternfragebögen wurden auch Fragebögen von Kindern und Lehrern ausgefüllt, um ein möglichst breites Spektrum an Informationen aus verschiedenen Lebensbereichen zu erfassen.

#### **2.3.1.1 Fragebögen für Eltern**

Mit dem Anamnesefragebogen zur Entwicklung bei Schulkindern (Anders & Bahn Müller, 2000) werden Informationen über Schwangerschaft, Geburt Entwicklung bis zum Schulalter und die familiäre Situation erhoben. Hierbei wird besonders auf für ADHS typische Verhaltensauffälligkeiten geachtet, da die Diagnostik nach DSM-IV das Auftreten einiger Symptome bereits vor dem 7. Lebensjahr voraussetzt. Außerdem trägt der Fragebogen dazu bei, dass Aufmerksamkeits- und Impulsivitäts-/ Hyperaktivitätsprobleme als reaktive Störungen ausgeschlossen werden können.

Anhand des DSM-Fragebogens für die Eltern (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke) werden die im DSM-IV angegebenen Kriterien für ADHS erfasst.

Mit Hilfe der Elternversion des Kindl-Fragebogens zur Lebenszufriedenheit (Ravens-Sieberer, 2003) lässt sich die subjektive gesundheitsbezogene Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen anhand von 6 Dimensionen (Körper, Psyche, Selbstwert, Familie, Freunde und schulische Aspekte) erfassen.

Der Fragebogen zur Problembelastung und Problemhäufigkeit (Eyberg & Pincus, 1999) erfragt die Häufigkeit problematischer Verhaltensweisen und das Ausmaß an Belastung, das durch diese für die Eltern entsteht.

Die Conners' Rating Scale (Conners, 1997, modifiziert von Lauth & Schlottke) stellt eine Ergänzung des Fragebogens zur Problembelastung und Problemhäufigkeit nach Eyberg & Robinson (1983) dar. Sie erfragt die Ausprägung problematischer Verhaltensweisen mit Hilfe eines Protokollbogens, den die Eltern an drei aufeinander folgenden Tagen ausfüllen.

Der Fragebogen zum Erziehungsverhalten ist eine von Miller (2000) erstellte deutsche Fassung der Parenting Scale von Arnold et al. (1993). Er überprüft verschiedene Erziehungsstrategien beim Umgang mit unangemessenem Verhalten.

### **2.3.1.2 Fragebogen für Lehrer/innen**

Der Einsatz des Fragebogens für Lehrer/innen (Anders & Bahn Müller, 2000) ist notwendig, da das DSM-IV eine Beeinträchtigung durch die ADHS-Symptomatik in zwei oder mehr Lebensbereichen fordert. Lehrer/innen beurteilen das Verhalten in der Schule in 6 Dimensionen (Unaufmerksamkeit, Hyperaktivität, Impulsivität, Emotionalität, intellektuelle Leistung, Sozialverhalten). Ferner werden Informationen über den aktuellen Notenstand erhoben.

### **2.3.1.3 Fragebögen für Kinder**

Barkley (1998) bezweifelt, dass junge ADHS-Patienten eine geeignete Informationsquelle zur Diagnostik sind, da sie meist eine geringe Krankheitseinsicht haben. Auch Kuhlmann (1998) fand in ihrer Studie, dass sich die Einschätzungen der Eltern und der Kinder zumeist nicht decken. Deshalb wurden die von den Kindern erhobenen Daten nicht zur Diagnostik, sondern nur für die Erfolgsmessung (Leins, 2004) und zur Bestimmung möglicher Prädiktoren (Goth, 2005) verwendet.

Im DSM-Fragebogen für das Kind (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke), werden 16 Items die sich an den DSM-III-R-Kriterien für ADHS orientieren, vom Kind mit „stimme zu“ oder „stimme nicht zu“ bewertet. Kuhlmann (1998) weist darauf hin, dass die Kriterien für Hyperaktivität/Impulsivität ausreichend, diejenigen für Unaufmerksamkeit jedoch nur unzureichend repräsentiert sind.

Die Kinderversion des Kindl-Fragebogens zur Lebenszufriedenheit (Ravens-Sieberer, 2003) ist eine kindgerecht formulierte Version des bereits beschriebenen Fragebogens für die Eltern.

Im Fragebogen zur Händigkeit (Oldfield, 1971) wird anhand von 12 Items die Händigkeit erfasst.

### **2.3.2 Tests**

Die Tests wurden sowohl im Screening als auch in den beiden Follow-up-Untersuchungen durchgeführt. Dabei sollten im Screening durch die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) die subjektiven Daten aus den Fragebögen objektiviert und mittels HAWIK-III (Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder, Tewes et al., 1999) der IQ erfasst werden.

Die Testdaten aus den Follow-up-Untersuchungen wurden zur Kontrolle des klinischen Erfolgs mit denen aus dem Screening verglichen. Um Einflüsse situativer Faktoren auf die Testergebnisse zu minimieren, wurde darauf geachtet, dass alle Tests eines Probanden zur selben Uhrzeit und gegebenenfalls unter derselben Medikation stattfanden.

#### **2.3.2.1 Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)**

Im Rahmen dieser Studie wurden zu allen 3 Testzeitpunkten folgende 7 Untertests aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung, Version 1.7 (TAP, Zimmermann & Fimm, 2002) durchgeführt: Alertness, geteilte Aufmerksamkeit, Go/NoGo, Inkompatibilität, Visuelles Scanning, Reaktionswechsel und Vigilanz. Die Untertests erfassen jeweils verschiedene Komponenten von Aufmerksamkeit, wobei für eine genaue Beschreibung der Komponenten und des Testaufbaus auf das entsprechende Testhandbuch verwiesen wird. Für jeden Untertest wurden die mittlere Reaktionszeit, die Stabilität der Reaktionsgeschwindigkeit, Fehlreaktionen und das Auslassen von Reaktionen erfasst und mit den altersentsprechenden Normen aus dem Testhandbuch verglichen.

Földényi et al. (2000) verglichen 20 Kinder mit ADHS mit 20 gesunden Kindern. Die Gruppe der ADHS-Kinder zeigte sowohl häufigere Fehlreaktionen und Auslassungen, als auch eine stärkere intraindividuelle Schwankung zwischen den Untertests. Die Unterschiede waren besonders signifikant in den beiden

Untertests Go/NoGo und Reaktionswechsel. Die Spezifität dieser beiden Untertests lag bei 93%, die Sensitivität bei 86%. Außerdem korrelierten die Ergebnisse der TAP stark mit Einschätzungen der Eltern und mittel mit Bewertungen der Lehrer. Diese Untertests und Testmaße scheinen also gut zwischen Kindern mit ADHS und gesunden Kontrollkindern unterscheiden zu können. Allerdings war die Stichprobe der genannten Studie klein, so dass die Ergebnisse als noch vorläufig betrachtet werden müssen. Im Untertest Reaktionswechsel wurden für mehrere verschiedene Teilaufgaben die mittlere Reaktionszeit, die Stabilität der Reaktionsgeschwindigkeit, Fehlreaktionen und das Auslassen von Reaktionen ermittelt. Durch diese weitere Unterteilung wurde die Anzahl der für jede Teilaufgabe ermittelten Werte sehr klein, weswegen in der vorliegenden Arbeit der Untertest Reaktionswechsel nicht ausgewertet wird.

#### **2.3.2.2 Intelligenztests**

Sowohl im Screening als auch bei der zweiten Follow-up-Untersuchung (Post2) wurde der IQ mit dem HAWIK-III; (Tewes et al., 1999) bestimmt. Dieser Test besteht aus 10 Untertests (Bilderergänzen, allgemeines Wissen, Zahlen-Symbol-Test, Gemeinsamkeitenfinden, Bilderordnen, rechnerisches Denken, Mosaik-Test, Wortschatz-Test, Figurenlegen und allgemeines Verständnis) und 3 Zusatztests (Symbolsuche, Zahlennachsprechen, Labyrinth-Test), welche jedoch nicht durchgeführt wurden. Für den Test wird ein IQ für den Verbalteil, einer für den Handlungsteil und ein Geamt-IQ bestimmt. Retesteffekte werden für den HAWIK-III nur für ein Intervall von weniger als 6 Monaten zwischen den Tests angegeben (Leins, 2004). Der Zeitraum zwischen Screening und Post2 beträgt in dieser Studie mindestens 9 Monate, so dass bei Post2 nicht mit durch Retesteffekte verfälschten Ergebnissen zu rechnen ist. Da zwischen Screening und Post1 jedoch nur 14-18 Wochen liegen, wurde bei der Post1-Untersuchung das Adaptive Intelligenzdiagnostikum (AID; Kubinger & Wurst, 2000) verwendet. Die Intelligenztests wurden in dieser Studie eingesetzt, um die Einschlusskriterien ( $IQ > 80$ ) zu überprüfen und mögliche alternative Ursachen der Verhaltensauffälligkeiten und der Schulprobleme abzuklären

(Lernschwäche, Hochbegabung, geistige Behinderung). Für die Diagnosestellung ist der IQ ungeeignet. Der Vergleich von vor und nach der Therapie gemessenem IQ diene als Erfolgsmaß.

### **2.3.3 Elterngespräche**

Das Elterngespräch im Screening diene der Diagnosestellung, der Klärung nicht eindeutiger Antworten in den Fragebögen und der Besprechung von Fragen der Eltern zum Ablauf der Studie. Außerdem wurden die Eltern über die Ergebnisse der Tests und Fragebögen, sowie bei Bedarf über die Störung selbst informiert.

Bei den beiden Gesprächen der Follow-up-Untersuchungen waren teilweise auch die Kinder anwesend. Im Gespräch bei der Post1-Untersuchung wurden die Eltern über die Trainingsergebnisse und die Test- und Fragebogenergebnisse der Post1-Untersuchung informiert. Außerdem wurde mit den Eltern und dem Kind überlegt, in welchen Situationen das Kind die erlernte Fähigkeit zur Gehirnaktivierung bevorzugt einsetzen kann. Zusätzlich wurden wie im Screening Informationen zu den Fragebögen eingeholt und DSM-IV-Kriterien erfragt, wobei explizit nach Verhaltensveränderungen seit Beginn des Neurofeedbacktrainings gefragt wurde.

Im Elterngespräch zum Zeitpunkt der Post2-Untersuchung wurden die Eltern und das Kind erneut über das Abschneiden in den Tests, die Ergebnisse der Fragebögen und die Leistung in den Post2-Trainingssitzungen informiert. Wiederum wurde nach Veränderungen gefragt und besprochen, inwieweit das Kind seine Fähigkeit zur Gehirnaktivierung einsetzen konnte.

**Tabelle 3:** Übersicht über die verwendeten Fragebögen und Tests, modifiziert nach Leins (2004)

	<b>Fragebögen &amp; Tests</b>	<b>Zeitpunkt</b>	<b>Funktion</b>
<b>Eltern</b>	Anamnesefragebogen zur Entwicklung bei Schulkindern (Anders, A. & Bahn Müller, H., 2000)	Screening	Diagnostik
	DSM-Fragebogen für die Eltern (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke)	Screening Post1 Post2	Diagnostik Erfolgskontrolle
	Kindl-Fragebögen zur Lebenszufriedenheit; Elternversion (Ravens-Sieberer, 2003)	Screening Post1 Post2	Diagnostik
	Conners-Fragebogen (Conners, 1989; modifiziert von Lauth & Schlottke)	Screening Post1 Post2	Diagnostik
	Fragebogen zur Problembelastung und Problemhäufigkeit nach Eyberg und Pincus (1999)	Screening Post1 Post2	Diagnostik Erfolgskontrolle
	Fragebogen zum Erziehungsverhalten nach Arnold et al. (1993; deutsche Fassung Miller, 2000)	Screening Post1 Post2	Diagnostik Beratung der Eltern
<b>Kinder</b>	DSM-Fragebogen für das Kind (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke)	Screening Post1 Post2	Erfolgskontrolle
	Kindl-Fragebögen zur Lebenszufriedenheit; Kinderversion (Ravens-Sieberer, 2003)	Screening Post1 Post2	
	Fragebogen zur Händigkeit (Oldfield, 1971)	Screening	
	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung, Version 1.7 (Zimmermann & Fimm, 2002)	Screening Post1 Post2	Diagnostik Erfolgskontrolle
	Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder (HAWIK-III; Tewes et al., 1999)	Screening Post2	Diagnostik Erfolgskontrolle
	Adaptives Intelligenz Diagnostikum (AID; Kubinger & Wurst, 2000)	Post1	Erfolgskontrolle
<b>Lehrer</b>	Fragebogen für Lehrer/innen (Anders, A. & Bahn Müller, H., 2000)	Screening Post1 Post2	Diagnostik Erfolgskontrolle

## **2.4 Neurofeedbacktraining**

Der Ablauf des Therapieprogramms wurde bereits kurz in Kapitel 2.2. vorgestellt. Hier soll nun genauer auf die die technischen Details und die Einzelheiten eingegangen werden.

### **2.4.1 Die beiden Experimentalgruppen**

In beiden Gruppen sollte die willkürliche Beeinflussung der Kortexaktivität erlernt werden. Um dies zu erreichen, bekamen die Probanden in beiden Gruppen in randomisierter Folge die Aufgabe, ihren Kortex zu aktivieren bzw. zu deaktivieren. Je nach Gruppe wurden unterschiedliche Merkmale der Kortexaktivität rückgemeldet.

#### **LP-Gruppe:**

Hier wurden Langsame Potenziale (LP) rückgemeldet. Bei Aktivierungsaufgaben war eine Negativierung der LP verlangt, bei Deaktivierungsaufgaben entsprechend eine Positivierung der LP.

#### **Theta/Beta-Gruppe:**

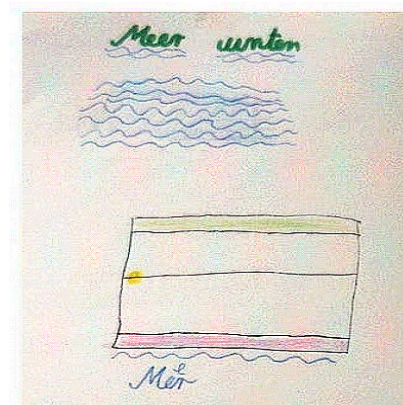
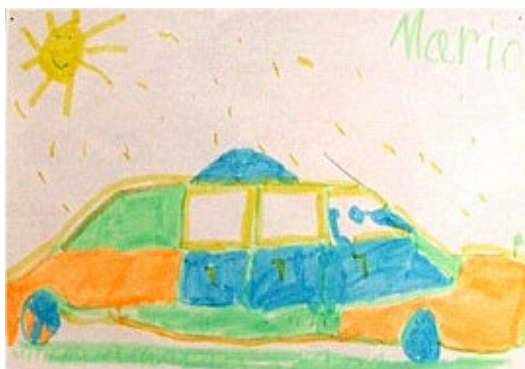
Hier wurde der Theta/Beta-Quotient rückgemeldet. Bei Aktivierungsaufgaben war ein kleiner Theta/Beta-Quotient (möglichst mehr Beta und weniger Theta als während der Baseline) das Ziel, bei Deaktivierungsaufgaben entsprechend ein großer (möglichst weniger Beta und mehr Theta als während der Baseline).

### **2.4.2 Trainingssetting**

In den ersten 15 Sitzungen hatten die Kinder in 50% der Aufgaben die Aufforderung ihr Gehirn zu aktivieren, während ab der 16. Sitzung zu 75% Aktivierungs- und zu 25% Deaktivierungsaufgaben gestellt wurden. Eine Sitzung bestand im Durchschnitt aus 4 Durchgängen, die je 38 bis 40 Aufgaben beinhalteten. Das Kind nahm in einem bequemen Stuhl, in ca. 1,20 m Entfernung von einem 17 Zoll großen Bildschirm Platz. In der ersten Sitzung



wurden mit dem Kind der Ablauf und das Lernziel des Trainings besprochen. Außerdem wurde das Kind dazu angehalten, Strategien zu entwickeln, um sein Gehirn, je nach Aufgabenstellung, zu aktivieren bzw. zu deaktivieren. Es handelte sich hierbei meist um konkrete Vorstellungen, wie „Achterbahn fahren“ (Aktivierung) oder „ein langweiliges Buch lesen“ (Deaktivierung). In Abbildung 1 sind zwei von einem Kind gezeichnete Strategien dargestellt, eine für die Aktivierungsaufgaben, eine für die Deaktivierungsaufgaben. Danach wurden die Elektroden befestigt (s. Kapitel 2.4.5). Während des Durchgangs hielt sich der Trainer in einem anderen Raum auf, von wo aus er das Kind über einen Monitor beobachten und außerdem bei Bedarf über eine wechselseitige Sprechverbindung Kontakt aufnehmen konnte. In der kurzen Pause zwischen den Durchgängen bestand die Möglichkeit, über aufgetretene Probleme zu sprechen, neue Strategien zu entwickeln und das Kind weiter zu motivieren. Am Ende der Sitzung wurde dann die Anzahl der richtig gelösten Aufgaben in Punkte umgerechnet, die das Kind in eine „Belohnungskarte“ eintragen konnte. Die Punkte waren so berechnet, dass die Kinder ungefähr nach drei Trainingstagen eine solche Karte voll hatten und diese gegen eine kleine Belohnung im Wert von ca. 1,50 Euro eintauschen konnten.



**Abbildung 1:** Strategien zur Aktivierung (linkes Bild) bzw. Deaktivierung (rechtes Bild) der Gehirnaktivität (Leins, 2004).

### **2.4.3 Übungsaufgaben für den Transfer in Alltagssituationen**

Damit die Kinder das Gelernte auch in Alltagssituationen anwenden können, war es wichtig, zusätzlich zu den Transferaufgaben im Labor (s. Kapitel 2.4.8) weitere Transferübungen für den Alltag in das Therapieprogramm aufzunehmen.

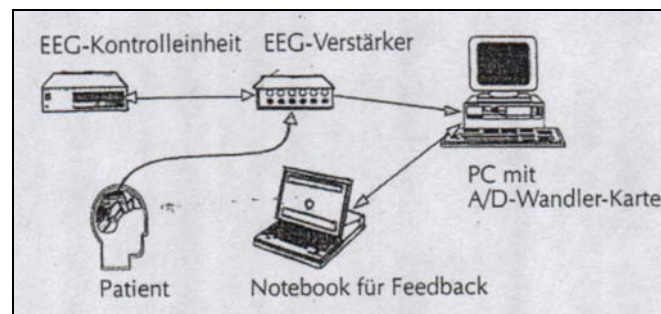
So hatten die Kinder die Aufgabe, in den Trainingspausen zwischen den einzelnen Blöcken, das im Labor Gelernte zu Hause in der Vorstellung zu üben. Zwischen dem ersten und zweiten Block sollten sie dreimal am Tag in zuvor definierten Situationen, ihre Aktivierungs- und Deaktivierungsstrategie anwenden. Zwischen dem zweiten und dritten Block wurde dann nur noch die Aktivierungsstrategie, und zwar in Problemsituationen, wie Hausaufgaben und Klassenarbeiten, benutzt. Als Anreiz für die Übungen zu Hause bekamen die Kinder einen „Detektivbogen“ als Protokollblatt. In diesem konnten sie vermerken, wann sie geübt hatten, und erhielten dafür am Anfang des nächsten Blockes Punkte, welche in die Belohnungskarten eingetragen wurden.

Im dritten Block bearbeiteten die Kinder im Anschluss an jede Trainingssitzung ihre Hausaufgaben eigenständig. Ein Trainer war anwesend und hielt die Kinder dazu an, ihre Strategien anzuwenden.

### **2.4.4 Geräte**

Die neuronale Gehirnaktivität wurde mit Hilfe von Silber/Silberchlorid-Elektroden abgeleitet und mit dem EEG-Verstärker EEG8 (Contact Precision Instruments) verstärkt. Danach wurde das Signal bei einer Zeitkonstante von 16 s gefiltert (Hochpassfilter 0,01 Hz, Tiefpassfilter 40 Hz) und mit Hilfe des A/D-Wandlers auf den Trainingsrechner übertragen. Für die weitere Verarbeitung verwendeten wir das TTD (Thought-Translation-Device), ein Feedbackprogramm, das von Hinterberger et al. (2001) am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Universität Tübingen entwickelt wurde. Das Programm sorgt zum einen für die Darstellung gefilterter EEG-Signale und des Grand Average auf dem Bildschirm des Trainers und gibt so die Möglichkeit zur Online-Analyse und Artefaktkontrolle. Zum anderen erstellt es die auditiven und

visuellen Feedbackelemente und macht sie der Versuchsperson hör- bzw. sichtbar (zur Geräteverschaltung s. Abbildung 2). Außerdem ist das Programm für die Organisation der Zeitstruktur des Experiments, die Darstellung der Aufgabe und natürlich für die Datenspeicherung zuständig. Auch zur statistischen Datenanalyse wurde dieses Programm u.a. verwendet.



**Abbildung 2:** Geräteverschaltung (Hinterberger et al. 1999)

### 2.4.5 Ableitung des EEG- und EOG-Signals

Die Elektroden (Silber/Silberchlorid-Napfelektroden) wurden, nach vorheriger Desinfektion und Reinigung der entsprechenden Stelle mit Peelingpaste, nach dem 10/20-System nach Jasper (1958) platziert. Zur Befestigung und besseren Leitfähigkeit wurde die Elektrodenleitpaste Elefix verwendet. Die Eingangswiderstände der Elektroden mussten unter 5 Kilo-Ohm liegen, bevor mit dem Training begonnen werden konnte.

Als Referenz dienten in beiden Gruppen die an beiden Mastoiden oder den Ohrfläppchen abgeleiteten und dann gemittelten Signale. Als Erdung wurde eine Elektrode an der Stirn befestigt. Bei beiden Gruppen wurden die vertikalen Augenbewegungen zur Artefaktkontrolle abgeleitet, wozu über und unter einem Auge je eine Elektrode befestigt wurde.

Für die EEG-Ableitung gab es, je nach Versuchsgruppe und Sitzungstag, zwei verschiedene Varianten. Für Variante 1 (Ableitung nach Hjorth, 1975) wurde eine Elektrode an Cz und 4 weitere Elektroden auf jeweils der Mitte der Strecke zwischen C3 und F3 (C3f), C4 und F4 (C4f), C3 und P3 (C3p) und C4 und P4 (C4p) befestigt. Diese Methode wurde bei der QT-Gruppe in allen Sitzungen,

bei der LP-Gruppe am ersten und letzten Tag eines Trainingsblocks und am zweiten Sitzungstag von Post2 verwendet. Eine Ausnahme bildete der erste Trainingsblock, da die erste Sitzung nicht in die Auswertung mit einbezogen wurde. An den übrigen Sitzungstagen wurde bei der LP-Gruppe Variante 2 verwendet und die Potenziale lediglich mit einer Elektrode an Cz gegen die gemittelten Signale der Mastoiden, bzw. der Ohrläppchen abgeleitet. Auch hier wurde die Erdungselektrode an der Stirn befestigt.

## 2.4.6 Die Berechnung des Feedbacksignals

### LP-Training:

Die Signale an der Elektrode an Cz wurden gegen die an den über beiden Mastoiden bzw. beiden Ohrläppchen abgeleiteten und gemittelten Signale gemessen. Der Vergleich dieser Werte (Frequenzbereich <1Hz) mit den Werten der Baseline wurde als Ballbewegung umgesetzt. Die Signale an den an manchen Sitzungstagen zusätzlich verwendeten Elektroden waren lediglich für spätere Auswertungszwecke, nicht aber für das Feedback, erfasst.

$$LP - Feedbacksignal = \frac{(Cz - A1) + (Cz - A2)}{2}$$

**Abbildung 3:** Berechnung des LP-Feedbacksignals

### Theta/Beta-Training:

Hier wurden die Signale an C3f und C4f abgeleitet, gemittelt und gegen die Referenz gemessen. Um das Feedbacksignal zu berechnen, verwendeten wir die Frequenzen zwischen 3 und 7 Hz (Theta) und zwischen 12 und 20 Hz (Beta) und bildeten aus ihnen den Theta/Beta-Quotienten. Ein kleinerer Quotient (Aktivierung) im Vergleich zur Baseline bewirkte eine Ballbewegung nach oben, ein größerer Quotient (Deaktivierung) eine Ballbewegung nach unten.

Auch hier waren die Signale der übrigen Elektroden nur für spätere Auswertungszwecke erfasst.

$$\text{Theta / Beta - Feedbacksignal} = \frac{(C3f + C4f)}{2} - Cz$$

**Abbildung 4:** Berechnung des Theta/Beta-Feedbacksignals

## 2.4.7 Aufbau einer Aufgabe

Wie bereits erwähnt, wurde in einem Durchgang einer Trainingssitzung 38 bis 40 mal die Aufgabe gestellt den Kortex zu aktivieren bzw. zu deaktivieren. Vor der Aufgabenstellung wurde jedes Mal die Baseline bestimmt und nach der Aufgabenstellung bekam der Proband in den Feedbackaufgaben Information darüber, ob die Aufgabe richtig oder falsch gelöst wurde.

### Aufbau einer Aufgabe in der LP-Gruppe:

Wie aus Abbildung 5 ersichtlich, wurde am Ende der 2 Sekunden dauernden Pause die Baseline bestimmt, mit welcher die langsame Potenzialverschiebung in den auf den Aufgabenbeginn folgenden 5,5 Sekunden verglichen wurde. Bei den Feedback-Aufgaben wurde dem Probanden das LP-Signal über das gesamte Aufgabenintervall in Form eines gelben Balles rückgemeldet. In der letzten halben Sekunde der insgesamt 8 Sekunden dauernden Aufgabe bekam der Proband dann eine Information darüber, ob die Aufgabe richtig (Smiley) oder falsch (Bildschirm blieb leer) gelöst wurde, bzw. ob die Aufgabe als ungültig bewertet wurde (rotes Kreuz). Als richtig wurde eine Aufgabe dann gewertet, wenn die LP-Amplitude die Baseline je nach Aufgabenstellung in die elektrisch positive bzw. negative Richtung überschritt.

Die Auswertung des EEG-Signals erfolgte blockweise, wobei in jedem Block 16 Abtastpunkte bei einer Samplingrate von 256 pro Sekunde zusammengefasst wurden.

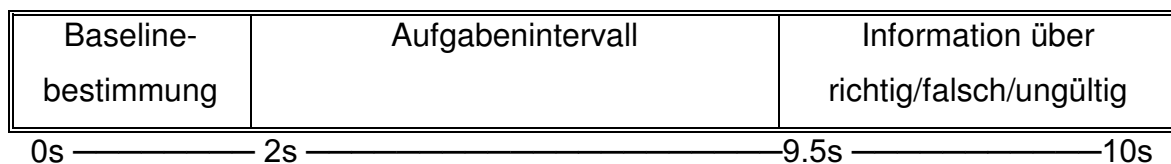
Pause	Baseline- bestimmung	Aufgabenintervall	Information über richtig/falsch/ungültig
0s —————	1.9s —————	2s —————	7.5s ————— 8s

**Abbildung 5:** Aufbau einer Aufgabe in der LP-Gruppe

### Aufbau einer Aufgabe in der T/B-Gruppe:

Für die Bestimmung der Baseline wurde hier aufgrund der mit großer Variabilität auftretenden Oszillationen eine längere Zeitdauer vorgesehen. Zum einen wurde die Baseline-Phase während der Aufgabe von 0,1s auf 2s verlängert, zum anderen wurde vor der ersten Aufgabe eines jeden Sitzungstages eine zusätzliche 8s dauernde Bestimmung der Baseline durchgeführt. Diese erste, in insgesamt 10s errechnete Baseline, wurde zu Beginn jeder neuen Aufgabe mit der neu gemessenen Baseline verrechnet und somit fortlaufend adaptiert.

Ein weiterer Unterschied im Aufgabenaufbau betraf das Aufgabenintervall, welches in der T/B-Gruppe ebenfalls wegen der größeren Variabilität der Theta- und Beta-Oszillationen um 2s länger war.

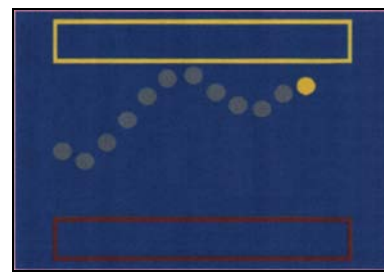
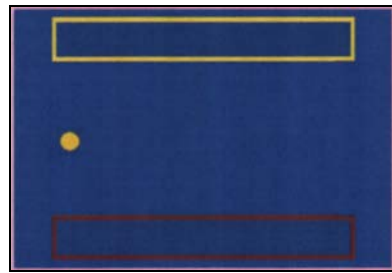


**Abbildung 6:** Aufbau einer Aufgabe in der Theta/Beta-Gruppe

### 2.4.8 Darstellung der Aufgaben

Die jeweilige Aufgabenstellung wurde sowohl akustisch als auch optisch auf dem Feedbackmonitor angezeigt. Bei Aufleuchten eines gelben Balkens am oberen Bildschirmrand und dem Wort „hoch“, sollten die Probanden ihren Kortex aktivieren, bei Aufleuchten des Balkens am unteren Bildschirmrand und dem Wort „tief“, entsprechend deaktivieren (s. Abbildung 7). Bei 77% aller Aufgaben erhielten die Probanden akustisches und optisches Feedback darüber, wie gut sie die Aufgabe bewältigten. Das optische Feedback bestand in einem gelben Ball, der den Bildschirm von links nach rechts durchquerte und dessen vertikale Ablenkung den momentanen Aktivierungsgrad des Probanden anzeigte (s. Abbildung 8). Bei der LP-Gruppe näherte sich der Ball dem oberen

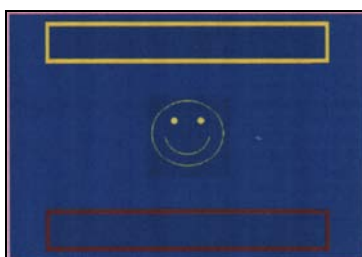
Balken, wenn ein im Vergleich zur Baseline negatives Potenzial (Aktivierung) und dem unteren Balken, wenn ein positives Potenzial (Deaktivierung) erzeugt wurde. Bei der QT-Gruppe näherte sich der „Ball“ dem oberen Balken, wenn der QT gegenüber dem Baseline kleiner und dem unteren Balken, wenn der QT größer wurde (s. Kapitel 2.4.5). Akustisches Feedback bekamen die Probanden in Form einer Tonfolge, dessen Frequenz mit zunehmender Aktivierung anstieg.



**Abbildung 7:** Aufgabenstellung    **Abbildung 8:** optisches Feedback

Die übrigen 23% der Aufgaben waren Transferaufgaben, in denen die Probanden weder akustisches noch optisches Feedback erhielten.

Galt eine Aufgabe als richtig gelöst, erschien am Ende der Aufgabe ein Smiley in der Bildschirmmitte und eine Tonfolge war zu hören (s. Abbildung 9). Galt sie als falsch gelöst, blieb der Bildschirm leer (s. Abbildung 10). Sobald die EEG- und EOG- Aktivität bestimmte Werte überschritt und die Aufgabe somit als ungültig bewertet wurde, erschien ein rotes Kreuz in der Bildschirmmitte (s. Abbildung 11), begleitet von einem tiefen Ton.



**Abbildung 9:** „richtig“

**Abbildung 10:** „falsch“

**Abbildung 11:** „ungültig“

### **2.4.9 Artefaktkontrolle**

Da EEG-Signale sehr schwach sind, können sie leicht von anderen Spannungsquellen überlagert werden. Dazu gehören Netzbrumm und Spannungsschwankungen an Elektrodenkabeln, aber auch Lid- und Augenbewegungen, die Atmung, sowie jegliche Muskelanspannung. Dies macht es notwendig, mögliche Störgrößen so gut wie möglich zu kontrollieren.

#### **Online-Kontrolle:**

Ein gewisser Teil der Artefakte konnte durch den Trainer über den Trainingsbildschirm kontrolliert werden. So wurden Lid- oder Augenbewegungen durch das EOG als typische Spannungsschwankungen auf dem Bildschirm sichtbar gemacht und die Anspannung bestimmter Muskeln konnte als Frequenzzunahme im EEG beobachtet werden. Die Kamera bot eine zusätzliche Möglichkeit, Bewegungen des Kindes zu registrieren und diese gegebenenfalls zu unterbinden.

Unabhängig vom Trainer wurde ein Durchgang als ungültig bewertet, wenn die EEG-Aktivität einen Wert von 200 Mikrovolt, oder die EOG-Aktivität einen Wert von 800 Mikrovolt überschritt. Diese Art der Artefaktkontrolle bezog sich allerdings in beiden Trainingsgruppen auf die LP, die an Cz abgeleitet wurden, da sich Bewegungsartefakte vor allem in langsamen Potenzialschwankungen zeigen.

In der LP-Gruppe war noch zusätzlich ein EOG-Korrekturfaktor im Feedbackintervall wirksam. Er trat in Kraft, wenn EOG- und LP-Amplitude das gleiche Vorzeichen hatten, es also nicht auszuschließen war, dass die LP-Amplitude mit durch die EOG-Amplitude verursacht war. War die EOG-Amplitude größer als die LP-Amplitude setzte das Feedback kurz aus, war sie kleiner, wurde die LP-Amplitude um 15% in elektrisch negative bzw. positive Richtung korrigiert.

Dieser Korrekturfaktor wurde nur in der LP-Gruppe verwendet, da nicht anzunehmen ist, dass bei der Theta/Beta-Gruppe überhaupt ein Einfluss der Augenbewegungen (Spannungsschwankungen zwischen 0 und 1,5 Hz) auf das gefilterte EEG-Signal möglich ist.



**Offline-Kontrolle:**

Auch hier wurde ein Durchgang für ungültig erklärt (und damit nicht in die Auswertung übernommen), sobald die EEG- bzw. EOG-Aktivität einen Wert von 200 Mikrovolt überschritten. Der EOG-Korrekturfaktor betrug jedoch im Unterschied zur Online-Korrektur nur 12% (gegenüber 15% bei der online-Korrektur). Dieser Unterschied lässt sich damit begründen, dass das Feedback in keinem Fall durch Artefakte gesteuert werden darf, die Korrektur also großzügig gewählt werden sollte (Hinterberger, 1999), während für die Datenauswertung ein möglichst nahe an der Realität liegendes EEG-Signal wichtig ist.

**Überprüfung der Atmung als Artefakt:**

Der Einfluss von Atmungsartefakten wurde durch die Verwendung eines auf der Bauchdecke angebrachten Bewegungssensors, der die Atembewegungen in ein auf dem Trainingsrechner sichtbares Spannungssignal umsetzt, überprüft. Wie Weber (2003) zeigen konnte, bestand jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen den generierten LP und der Atmung.

## **2.5 Auswertung**

### **2.5.1 Drop-outs**

Bis Juli 2004 nahmen 27 Kinder an dem Training zur Selbstregulation des QT und 26 Kinder an dem Training zur Selbstregulation der LP teil. Insgesamt beendeten 4 Kinder der QT-Gruppe und ein Kind der LP-Gruppe das Training vor Abschluss der 30. Sitzung. Ein Kind der LP-Gruppe beendete zwar das Training, nahm jedoch nicht mehr an der Post2-Untersuchung teil. Zwei Kinder der QT-Gruppe und ein Kind der LP-Gruppe sind momentan in der Phase zwischen Post1 und Post2. Von der Auswertung ausgeschlossen wurden außerdem Kinder, die während der Teilnahme an dieser Studie mit einer anderen Therapie begonnen haben. Dies betraf zwei Kinder der LP-Gruppe. Beide hatten in der Pause zwischen Post1 und Post2 mit einer Stimulanzienbehandlung begonnen. Somit gingen in diese Arbeit Daten von je 21 Kindern der QT-Gruppe und der LP-Gruppe ein.

### **2.5.2 Bildung der ausgewerteten Gruppen**

#### **2.5.2.1 Gruppenbildung für die Auswertung der EEG-Daten**

Da die EEG-Daten der LP- und der QT-Gruppe nicht vergleichbar sind, wurde hier auf eine Parallelisierung und einen Gruppenvergleich verzichtet. In die Auswertung wurden deshalb die Daten aller Kinder einbezogen, die bis Juli 2004 an allen 3 Trainingsterminen der Post2-Untersuchung teilgenommen haben und im Screening einen IQ von mindestens 80 erreichten.

Um zu untersuchen, ob eine zusätzliche Behandlung mit Stimulanzien einen Einfluss auf das Erlernen von Selbstkontrolle über die Hirnpotenziale bzw. die Stabilität der Fähigkeit, die Hirnpotenziale zu beeinflussen, hat, wurden die beiden Experimentalgruppen weiter in eine LP(med)-Gruppe bzw. QT(med)-Gruppe (Kinder, die zusätzlich mit Stimulanzien behandelt wurden) und eine LP(ohne)-Gruppe bzw. QT(ohne)-Gruppe (Kinder, die keine zusätzliche Behandlung mit Stimulanzien erhielten) unterteilt. Dafür wurde zunächst

überprüft, ob die eingenommenen Stimulanzen zum Zeitpunkt des Trainings noch wirksam waren. Wenn dies der Fall war, wurde das entsprechende Kind als medikamentös behandelt angesehen. Kinder, die überhaupt keine Stimulanzen einnahmen wurden als nicht medikamentös behandelt angesehen, Kinder, die Medikamente nahmen, deren Wirkung zum Zeitpunkt des Trainings jedoch nicht mehr vorhanden war, wurden nicht in die Auswertung einbezogen. Da nur ein Kind die Kriterien für die QT(med)-Gruppe erfüllte, wird für die QT-Gruppe auf die Untersuchung des Einflusses einer zusätzlichen Behandlung mit Stimulanzen verzichtet. Es wird also nur die QT(ohne)-Gruppe untersucht.

**Tabelle 4:** Beschreibung der ausgewerteten Gruppen (Stabilität der kortikalen Selbstregulation)

	LP(ohne)-Gruppe	LP(med)-Gruppe	QT(ohne)-Gruppe
Geschlecht (N)	männlich:9 weiblich:4	männlich:5 weiblich:0	männlich:11 weiblich:3
Alter (Jahre)	Mittelwert:9,46 Range:8-13	Mittelwert:9,8 Range:8-12	Mittelwert:9,21 Range:8-12
Diagnose (N)	ADHS:11 ADS:2	ADHS:4 ADS:1	ADHS:10 ADS:3 HS:1
Intelligenzquotient (nach HAWIK-III-R)	Mittelwert:102,5 Range:85-126	Mittelwert:100,6 Range:83-120	Mittelwert:99,6 Range:82-111
Medikamentendosis (mg)		Mittelwert:35,6 Range:25-60	

### 2.5.2.2 Gruppenbildung für die Auswertung der Fragebogen- und Testdaten

Da die beiden Experimentalgruppen bezüglich der Verbesserung kognitiver Variablen und des Verhaltens, sowie der Stabilität dieser Verbesserung miteinander verglichen werden sollten, war es notwendig, dass die beiden Gruppen vergleichbar sind. Deshalb wurden in die Auswertung nur Daten von solchen Probanden einbezogen, die einen vergleichbaren Partner in der anderen Gruppe hatten. Da Kinder, die zusätzlich zum Neurofeedbacktraining eine Stimulanzientherapie erhielten, einen etwas anderen Lernverlauf zeigten

(Kapitel 3.1.1), wurden alle Kinder, die zu irgendeinem Zeitpunkt während der Studie zusätzlich Stimulanzen erhielten, von der Auswertung ausgeschlossen. Tab.5 gibt einen Überblick über die so gebildeten Experimentalgruppen.

**Tabelle 5:** Beschreibung der beiden Experimentalgruppen (Stabilität des klinischen Erfolgs)

	LP(klinisch)-Gruppe	QT(klinisch)-Gruppe
Geschlecht (N)	männlich: 10 weiblich: 3	männlich: 10 weiblich: 3
Alter (Jahre)	Mittelwert: 9,46 Range: 8-13	Mittelwert: 9,31 Range: 8-12
Diagnose (N)	ADHS: 11 ADS: 2	ADHS: 11 ADS: 2
Intelligenzquotient (nach HAWIK-III-R)	Mittelwert: 99,92 Range: 85-116	Mittelwert: 100,54 Range: 82-113

## 2.5.3 Datenverarbeitung

### 2.5.3.1 Verarbeitung der EEG-Daten

Um die Stabilität des Trainingserfolgs zu untersuchen, wurden EEG-Daten von 3 verschiedenen Zeitpunkten betrachtet. Da die erste Trainingssitzung lediglich zum Kennenlernen und zum Erklären des Trainings diente, wurden die Trainingsdaten aus der zweiten und dritten Sitzung als Referenz (Messzeitpunkt 1) verwendet. Daten aus der vorletzten und letzten Sitzung des dritten Blocks dienten dazu, den durch das Training erzielten Erfolg zu veranschaulichen (Messzeitpunkt 2). Zusätzlich wurden dann die EEG-Daten aus der zweiten und dritten Sitzung der Post2-Untersuchung (Messzeitpunkt 3) betrachtet, um zu beurteilen, ob der Lernerfolg stabil war. Die erste Sitzung der Post-2-Untersuchung diente dazu, dass sich die Kinder wieder an die Trainingsbedingungen gewöhnen konnten.

Bei der LP-Gruppe wurde zunächst für jeden Trial eine mittlere Potenzialdifferenz zwischen Aufgaben- und Baselinephase berechnet. Anschließend wurden für jedes Kind einzeln die Potenzialdifferenzen aller Trials eines Messzeitpunkts getrennt nach Aufgabentyp und Bedingung gemittelt, so

dass sich für jedes Kind zu jedem Messzeitpunkt 4 Werte (Aktivierung/Deaktivierung mit/ohne Feedback) ergaben.

Bei der QT-Gruppe wurde entsprechend für jedes Trial eine Differenz aus dem mittleren QT während der Aufgaben- und der Baselinephase (QT-Differenz) berechnet. Anschließend wurden auch hier für jedes Kind alle Trials eines Messzeitpunkts getrennt nach Aufgabentyp und Bedingung gemittelt.

#### **2.5.3.2 Verarbeitung der Fragebogen- und Testdaten**

Um die Stabilität des klinischen Erfolgs zu untersuchen, wurden ebenfalls Daten von 3 Messzeitpunkten (Screening, Post1, Post2) verglichen. Hierfür wurden die in den Fragebögen und Tests ermittelten Werte verwendet. Wie bei der Untersuchung der EEG-Daten ging also jedes Kind genau mit einem Datum für jeden Messzeitpunkt in die Auswertung mit ein.

Mit Ausnahme des Fragebogens für Lehrer/innen (Anders & Bahnmüller, 2000) waren die Fragebogen- und Testdaten vollständig. Von je einem Kind der QT-Gruppe fehlte dieser Fragebogen vom Screening bzw. der Post2-Untersuchung.

### **2.5.4 Statistische Verfahren**

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS™ 11.0 für Windows.

Alle Daten, die als abhängige Variablen verwendet wurden, wurden zunächst mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung überprüft. Dabei erwiesen sich alle abhängigen Variablen bis auf die Anzahl der erfüllten DSM-IV-Kriterien (gemessen mit dem DSM-Fragebogen für die Eltern (Wittchen 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke) als normalverteilt.

#### **2.5.4.1 Statistische Überprüfung der EEG-Veränderungen**

In Kapitel 3.1 werden die Verläufe der mittleren Potenzialdifferenzen bzw. der mittleren QT-Differenzen getrennt nach Aktivierungs- und Deaktivierungsaufgaben in Liniendiagrammen dargestellt. Die Verläufe der mittels Fragebögen und Tests gewonnenen Daten werden in Kapitel 3.2

ebenfalls als Liniendiagramme dargestellt. Da es sich jedoch um verbundene Stichproben handelt, wären eigentlich Ladder-Plots die Diagramme der Wahl. Diese Schaubilder waren jedoch weniger übersichtlich, werden jedoch im Anhang zusätzlich gezeigt.

Um zu überprüfen, ob die Gruppen während der Aufgabenphase des Neurofeedbacktrainings unterschiedlich auf die beiden Aufgaben Aktivierung bzw. Deaktivierung reagieren konnten, und ob sich die Fähigkeit, zwischen den beiden Aufgaben zu differenzieren, zwischen den drei Messzeitpunkten veränderte, wurde die Nullhypothese (die mittleren Potenzialdifferenzen bzw. die mittleren QT-Differenzen der verschiedenen Aufgabentypen und Messzeitpunkte stammen aus einer Grundgesamtheit) mittels ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Aufgabe überprüft. Für die LP-Gruppe wurde die Nullhypothese zusätzlich für den Faktor Medikamente (ja/nein), sowie die Interaktion dieses Faktors mit den oben beschriebenen Faktoren überprüft.

#### **2.5.4.2 Statistische Überprüfung der Veränderungen der Fragebogen- und Testdaten**

Um die Veränderungen der Fragebogen- und Testdaten, sowie mögliche Unterschiede der beiden Gruppen in der Stabilität ihres klinischen Erfolgs zu untersuchen, wurde mit den abhängigen Variablen eine ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Gruppe durchgeführt. Da die Anzahl der im Elternfragebogen erfüllten DSM-IV-Kriterien nicht normalverteilt und lediglich ordinal skaliert ist, wurden die Daten der 3 Messzeitpunkte mittels Wilcoxon-Test darauf überprüft, ob sie sich signifikant unterscheiden. Dabei wurden die Daten von Screening und Post1, Post1 und Post2, sowie Screening und Post2 verglichen. Um festzustellen, ob sich die beiden Gruppen bezüglich möglicher Veränderungen und deren Stabilität unterscheiden, wurde zunächst für jedes Kind die Differenz der Anzahl an erfüllten Kriterien zwischen den Zeitpunkten Screening und Post1, Post1 und Post2, sowie Screening und Post2 berechnet. Anschließend wurden die so ermittelten Veränderungen der beiden Gruppen mittels Mann-Whitney-Test auf Unterschiede getestet.

#### **2.5.4.3 Definition von Stabilität**

Als stabil wurden alle Effekte angesehen, die sich zwischen Post1 und Post2 weiter verstärkten. Zusätzlich wurden auch diejenigen Effekte als stabil bewertet, die sich zwischen Post1 und Post2 nicht veränderten oder sich lediglich tendenziell ( $p > 0,5$ ) verringerten, wobei die Verschlechterung nicht dazu führen durfte, dass signifikante Veränderungen, die zwischen Screening und Post1 auftraten, zwischen Screening und Post2 keine Signifikanz mehr erreichten.

Da eine große Anzahl an Tests durchgeführt wurde, ist der Fehler 1. Art, und damit die Wahrscheinlichkeit, dass eigentlich stabile Veränderungen aufgrund einer Verschlechterung zwischen Post1 und Post2 als nicht stabil angesehen werden, größer als 5 %. Um die Stabilität der Veränderungen aber möglichst kritisch zu überprüfen wurde auf das Verfahren von Bonferoni bewusst verzichtet. Dies hat jedoch zur Folge, dass die positiven Effekte, die zwischen den Messzeitpunkten auftreten, kritisch betrachtet werden müssen.

## **3 Ergebnisse**

In diesem Kapitel wird zunächst die Stabilität der kortikalen Selbstregulation untersucht. Anschließend werden die mit Hilfe der Fragebögen und Tests ermittelten Veränderungen des Verhaltens und kognitiver Parameter auf Stabilität überprüft. Am Ende des Kapitels wird ein Überblick über die gefundenen Ergebnisse gegeben. Im Anhang befindet sich zu jedem Schaubild eine Tabelle mit den dargestellten Mittelwerten und Standardabweichungen.

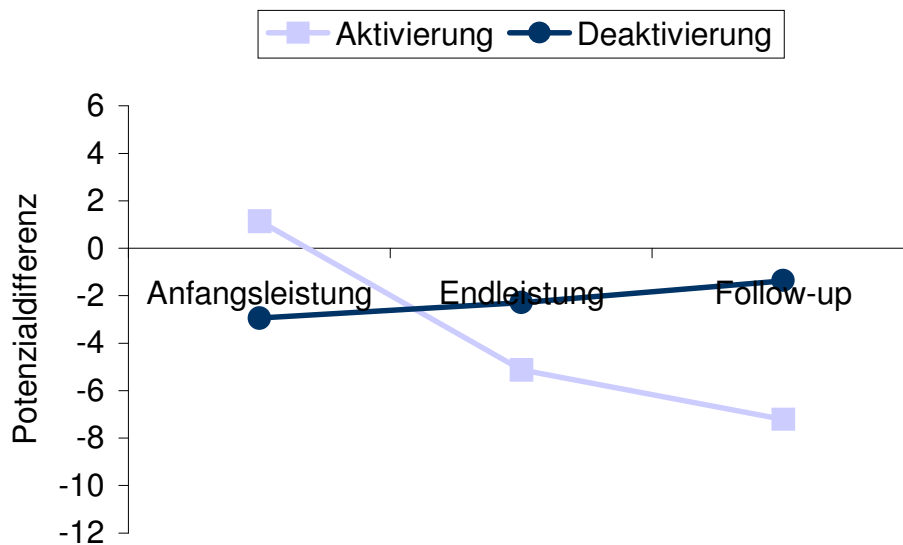
### **3.1 Stabilität der kortikalen Selbstregulation**

Um die Stabilität der kortikalen Selbstregulation zu untersuchen, werden im Folgenden zunächst jeweils die zu den 3 Messzeitpunkten (Sitzung 1+2, vorletzte und letzte Sitzung, 2. und 3. Sitzung von Post2) ermittelten EEG-Daten dargestellt. Im Anschluss wird dann mittels ANOVA mit Messwiederholung überprüft, ob die Zunahme der Fähigkeit zwischen den beiden Aufgabentypen zu differenzieren, signifikant ist. Eine detaillierte Beschreibung der Auswertung befindet sich in Kapitel 2.5.3. Da ein Vergleich der beiden Gruppen aufgrund der Verschiedenheit der rückgemeldeten Parameter (LP-Gruppe: Potenzialdifferenz ( $\mu\text{V}$ ); QT-Gruppe: Differenz des QT-Quotienten (dimensionslos)) nicht sinnvoll erscheint, werden beide Gruppen getrennt betrachtet.

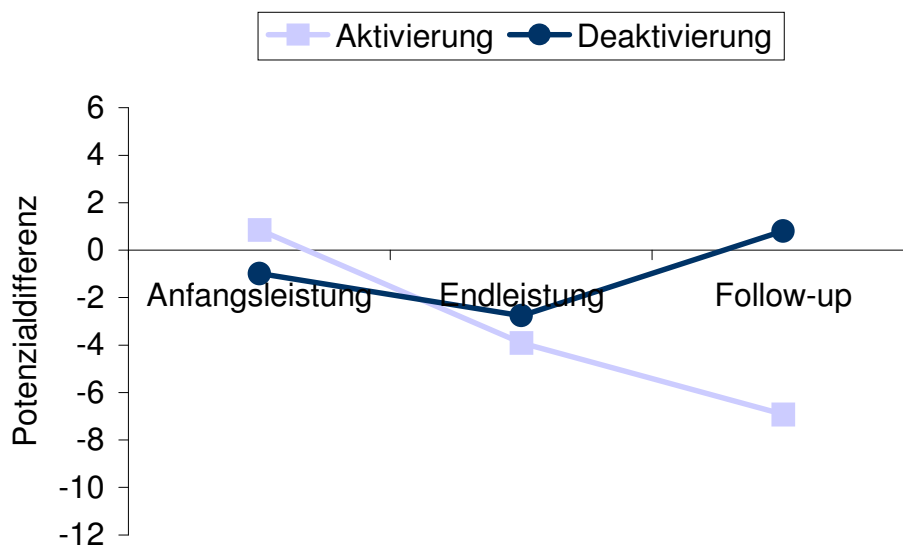
#### **3.1.1 LP-Gruppe**

Die Abbildungen 12-17 zeigen den Trainingsverlauf und Trainingserfolg der Kinder, die am LP-Training teilnahmen. In den Abbildungen 12-17 ist jeweils die durchschnittliche Differenz der LP-Amplitude von Aufgaben- und Baselinephase getrennt für die Aufgaben Aktivierung und Deaktivierung dargestellt. Da vermutet wird, dass besonders die Leistung in der Transferbedingung für den klinischen Erfolg von Bedeutung ist (Goth, 2005), werden Feedback- und Transferbedingung getrennt betrachtet.



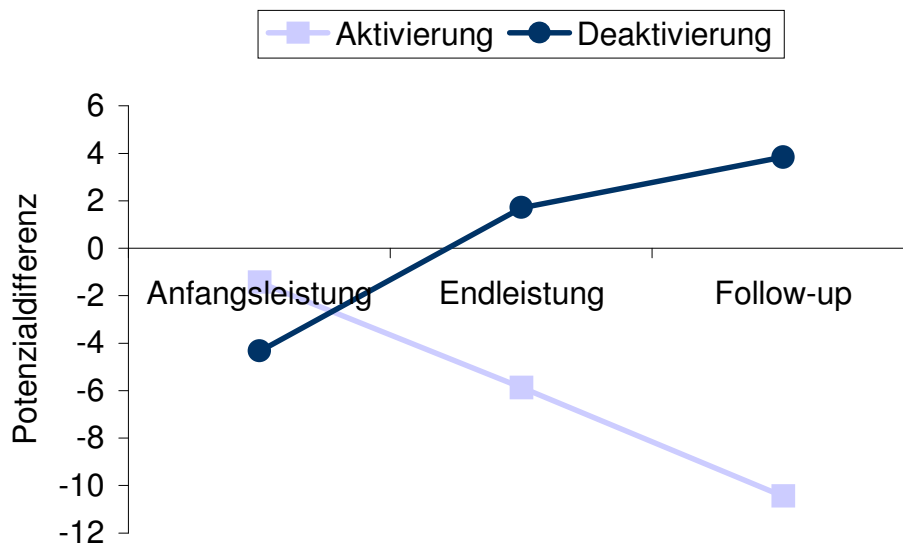


**Abbildung 12:** Verlauf der Leistung der LP-Gruppe (N=18) im Neurofeedback in den Aufgaben **mit** Feedback

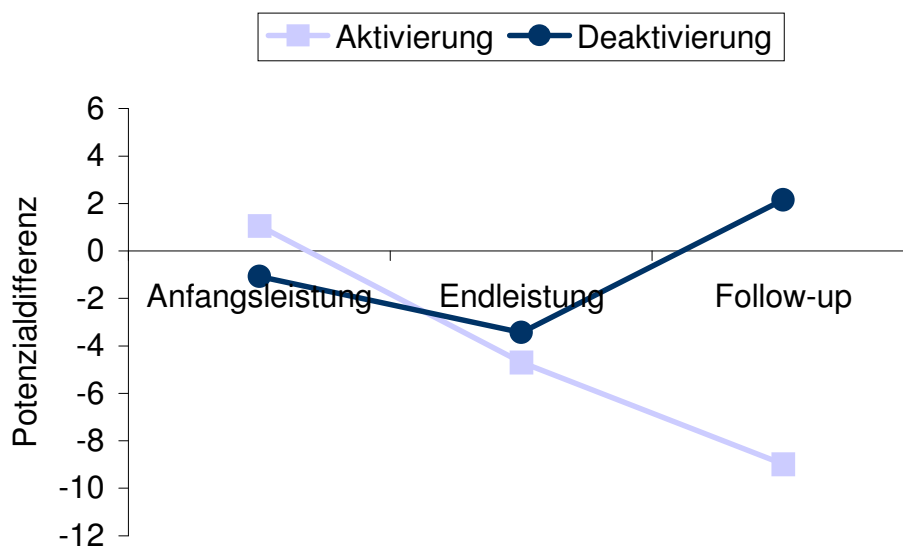


**Abbildung 13:** Verlauf der Leistung der LP-Gruppe (N=18) im Neurofeedback in den Aufgaben **ohne** Feedback

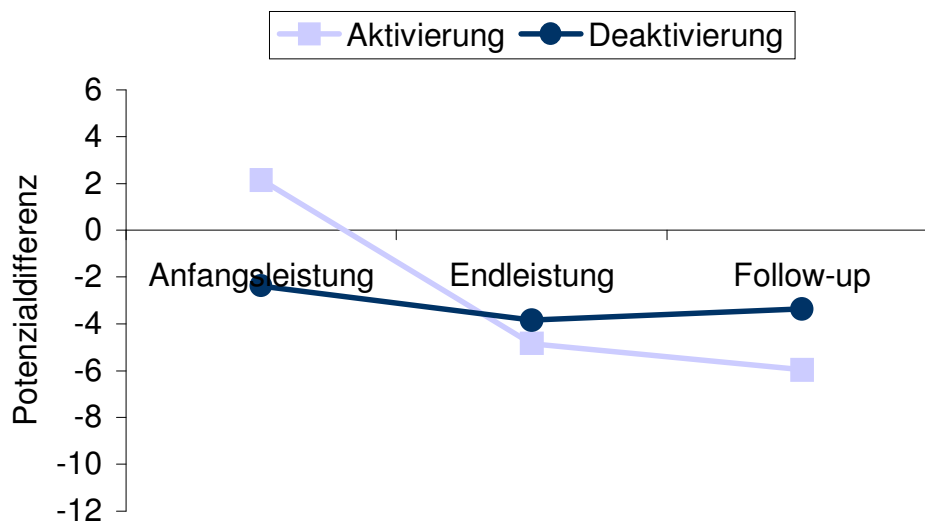
Außerdem werden zusätzlich zur gesamten LP-Gruppe (N=18) getrennt die Kinder, die zusätzlich Stimulanzen erhielten (LP(med)-Gruppe (N=5)) und die Kinder, die keine zusätzliche Stimulanzen erhielten (LP(ohne)-Gruppe (N=13)), betrachtet. Damit soll untersucht werden, ob eine zusätzliche Stimulanzen-Therapie Einfluss auf den Lernerfolg und den Lernverlauf des LP-Trainings hat.



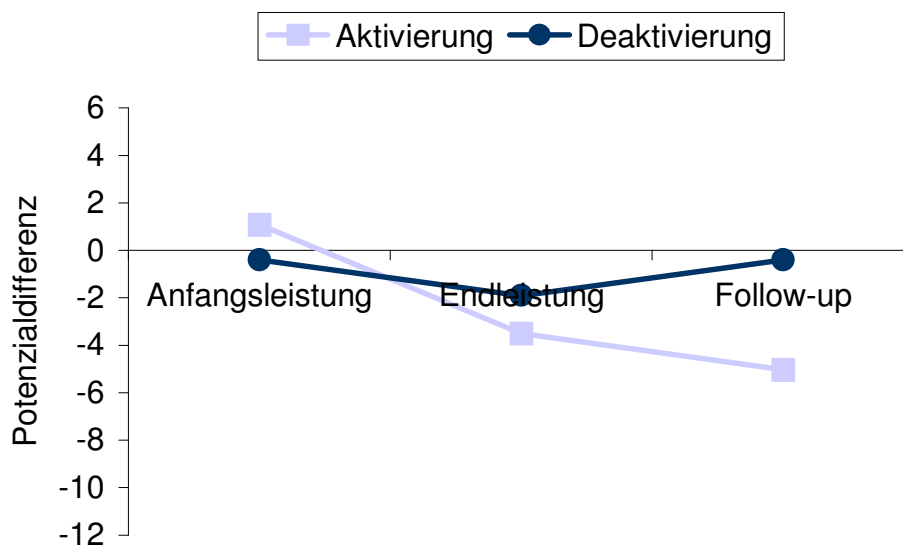
**Abbildung 14:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden (N=5), im Neurofeedback in den Aufgaben mit Feedback



**Abbildung 15:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden (N=5), im Neurofeedback in den Aufgaben ohne Feedback



**Abbildung 16:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die keine zusätzliche Behandlung mit Stimulanzen erhielten (N=13), im Neurofeedback in den Aufgaben **mit** Feedback



**Abbildung 17:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die keine zusätzliche Behandlung mit Stimulanzen erhielten (N=13), im Neurofeedback in den Aufgaben **ohne** Feedback

Aus Abb.12–17 ist ersichtlich, dass die Endleistung der Kinder in den Aktivierungsaufgaben besser als die Anfangsleistung war. Die Fähigkeit zu negativieren verbesserte sich im Follow-up weiter. Ein weniger einheitliches Bild

ergibt sich hingegen für die Deaktivierungsaufgaben. Aus Abb.12 ist ersichtlich, dass es der gesamten LP-Gruppe in den Aufgaben mit Feedback nicht gelang, die LP-Amplitude in einen elektrisch positiven Bereich zu bringen. Hingegen konnten sich diejenigen Kinder der LP-Gruppe, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden, in den Aufgaben mit Feedback zwischen den Messzeitpunkten steigern (Abb.14), sodass sie am Ende positivieren konnten. In allen 6 Abbildungen sieht man, dass die Differenz zwischen den Potenzialdifferenzen von Aktivierungs- und Deaktivierungsaufgaben sowohl zwischen Anfangs- und Endleistung, als auch zwischen Endleistung und Follow-up zunimmt. Die Kinder lernten also, zwischen den beiden Aufgaben zu differenzieren.

Um zu überprüfen, ob die in Abb.12 und 13 dargestellten Lernerfolge der LP-Gruppe (N=18) signifikant sind, wurde eine ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Aufgabe durchgeführt. Damit soll überprüft werden, ob die Kinder mit der Zeit lernten, besser zwischen den beiden Aufgaben zu unterscheiden.

Tabelle 6 zeigt, dass sich sowohl für die Feedback- ( $p=0,002$ ), als auch für die Transferbedingung ( $p=0,03$ ) eine signifikante Interaktion der Faktoren Messzeitpunkt und Aufgabe ergab.

**Tabelle 6:** ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Aufgabe für die mittleren Potenzialdifferenzen der LP-Gruppe (N=18) getrennt für die Bedingungen Feedback und Transfer

	Aufgabentyp			Messzeitpunkt x Aufgabentyp			Messzeitpunkt		
	df	F	p	df	F	p	df	F	p
Feedback	1	2	0,167	2	8,05	0,002	2	1,35	0,264
Transfer	1	2,12	0,155	2	3,73	0,03	2	2,35	0,104

Um genauer zu untersuchen, woran diese signifikante Interaktion lag, werden nun in einer erneuten ANOVA mit Messwiederholung die 3 Messzeitpunkte einzeln verglichen. Die Ergebnisse dieser 3 Analysen sind in Tabelle 7 dargestellt. In den Aufgaben mit Feedback konnte die LP-Gruppe demnach am Ende des Trainings signifikant ( $p=0,042$ ) besser zwischen den beiden Aufgaben unterscheiden als zu Beginn. Diese Fähigkeit war zum Messzeitpunkt 3 weiter

verbessert, jedoch nicht signifikant ( $p=0,124$ ). In den Aufgaben mit Transfer verbesserte die LP-Gruppe die Fähigkeit, zwischen den beiden Aufgaben zu unterscheiden, sowohl zu Messzeitpunkt 2, als auch zu Messzeitpunkt 3. Signifikant war die Verbesserung zwischen Messzeitpunkt 1 und Messzeitpunkt 3 ( $p=0,012$ ).

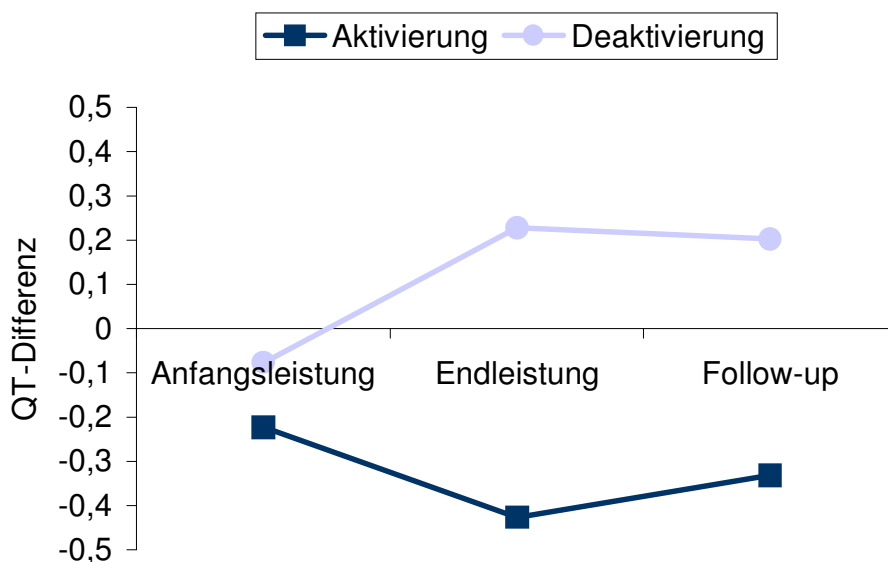
**Tabelle 7:** ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Aufgabe für die mittleren Potenzialdifferenzen der gesamten LP-Gruppe ( $N=18$ ) getrennt für die beiden Bedingungen Feedback und Transfer

		Aufgabentyp			Messzeitpunkt x Aufgabentyp			Messzeitpunkt		
		df	F	p	df	F	p	df	F	p
Feedback	Screening & Post1	1	0,12	0,736	1	4,47	0,042	1	2,98	0,093
	Post1 & Post2	1	3,72	0,124	1	2,48	0,124	1	0,36	0,553
	Screening & Post2	1	0,17	0,68	1	10,84	0,002	1	5,08	0,031
Transfer	Screening & Post1	1	0,003	0,957	1	0,92	0,344	1	4,04	0,053
	Post1 & Post2	1	5,48	0,025	1	2,46	0,126	1	0,01	0,912
	Screening & Post2	1	1,43	0,24	1	6,99	0,012	1	4,21	0,048

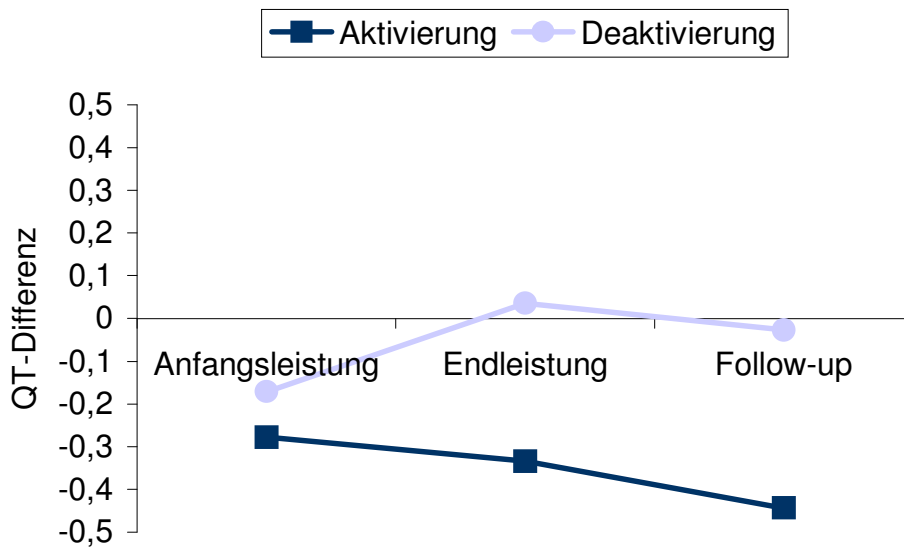
Zwischen den Kindern mit und ohne Stimulanzen ergab sich kein signifikanter Unterschied im Lernverlauf.

### 3.1.1 QT-Gruppe

Die Abbildungen 18 und 19 zeigen den Lernverlauf und Lernerfolg der Kinder, die am QT-Training teilnahmen. Ziel während der Aktivierungsaufgaben war es, den Quotienten der Amplituden von Theta und Beta (QT) gegenüber der Baselinephase zu verringern. Während der Deaktivierungsaufgaben sollte der Quotient gegenüber der Baselinephase erhöht werden. Wie in Kapitel 3.1.1 werden auch hier die Aufgaben mit und ohne Feedback getrennt betrachtet. Da nur ein Kind die in Kapitel 2.5.2.1 beschriebenen Kriterien für Kinder mit zusätzlicher Stimulanzientherapie erfüllte, werden hier nur die Kinder ohne zusätzliche Stimulanzienbehandlung betrachtet.



**Abbildung 18:** Verlauf der Leistung der QT(ohne)-Gruppe (N=14) im Neurofeedback in den Aufgaben **mit** Feedback



**Abbildung 19:** Verlauf der Leistung der QT(ohne)-Gruppe (N=14) im Neurofeedback in den Aufgaben **ohne** Feedback

Aus Abb.18 und 19 ist ersichtlich, dass die Kinder schon zu Beginn des Trainings zwischen den beiden Aufgaben differenzieren konnten. Allerdings gelang es ihnen zu diesem Zeitpunkt bei den Deaktivierungsaufgaben noch nicht, den QT gegenüber der Baselinephase zu erhöhen. Sowohl in den Aufgaben mit Feedback, als auch ohne Feedback konnten die Kinder am Ende des Trainings besser zwischen den beiden Aufgaben differenzieren als zu Beginn und den QT während der Deaktivierungsaufgaben erhöhen.

In den Aufgaben mit Feedback war beim Follow-up die Fähigkeit, den Quotienten während der Deaktivierungsaufgaben zu erhöhen, erhalten. Allerdings war zu diesem Zeitpunkt sowohl in den Aktivierungs-, als auch in den Deaktivierungsaufgaben die Differenz zwischen den Quotienten nicht mehr so groß wie am Ende des Trainings. In den Aufgaben ohne Feedback war beim Follow-up die Aktivierungsleistung noch größer, wohingegen die Leistung in den Deaktivierungsaufgaben etwas nachließ.

Die in Abb.18 und 19 dargestellten Lernerfolge wurden mittels ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Aufgabe auf Signifikanz getestet. Tabelle 8 zeigt, dass sich nur für die Feedbackbedingung eine signifikante Interaktion ( $p=0,006$ ) der Faktoren Messzeitpunkt und Aufgabentyp ergab. Für beide

Bedingungen ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen Aktivierung und Deaktivierung ( $p < \text{bzw. } = 0,001$ ). Die Kinder konnten also über alle Zeitpunkte betrachtet zwischen den beiden Aufgaben differenzieren.

**Tabelle 8:** ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Aufgabe für die mittleren QT-Differenzen der QT(ohne)-Gruppe (N=14) getrennt für die beiden Bedingungen

	Aufgabentyp (Aktivierung/ Deaktivierung)			Messzeitpunkt x Aufgabentyp			Messzeitpunkt		
	df	F	p	df	F	p	df	F	p
Feedback	1	26,61	<0,001	2	5,96	0,006	2	0,62	0,527
Transfer	1	14,87	0,001	2	2,04	0,141	2	0,65	0,523

Anschließend wurden mit einer weiteren ANOVA mit Messwiederholung die 3 Messzeitpunkte verglichen. Die Ergebnisse dieser 3 Analysen sind in Tabelle 9 dargestellt.

**Tabelle 9:** ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Aufgabe für die mittleren QT-Differenzen der QT(ohne)-Gruppe (N=14) der Aufgaben mit Feedback.

		Aufgabentyp (Aktivierung/ Deaktivierung)			Messzeitpunkt x Aufgabentyp			Messzeitpunkt		
		df	F	p	df	F	p	df	F	p
Feedback	Screening & Post1	1	19,3	<0,001	1	8,9	0,006	1	0,35	0,559
	Post1 & Post2	1	24,1	<0,001	1	0,58	0,452	1	0,2	0,661
	Screening & Post2	1	21,94	<0,001	1	8,82	0,006	1	1,71	0,202

In den Aufgaben mit Feedback konnte die QT-Gruppe demnach zum Messzeitpunkt 2 signifikant ( $p = 0,006$ ) besser zwischen den beiden Aufgaben differenzieren, als zu Beginn des Trainings. Diese Fähigkeit war zum Messzeitpunkt 3 etwas verschlechtert, jedoch nicht signifikant ( $p = 0,452$ ), so dass zwischen den Messzeitpunkten 1 und 2 eine signifikante Verbesserung der Differenzierungsfähigkeit besteht ( $p = 0,006$ ).



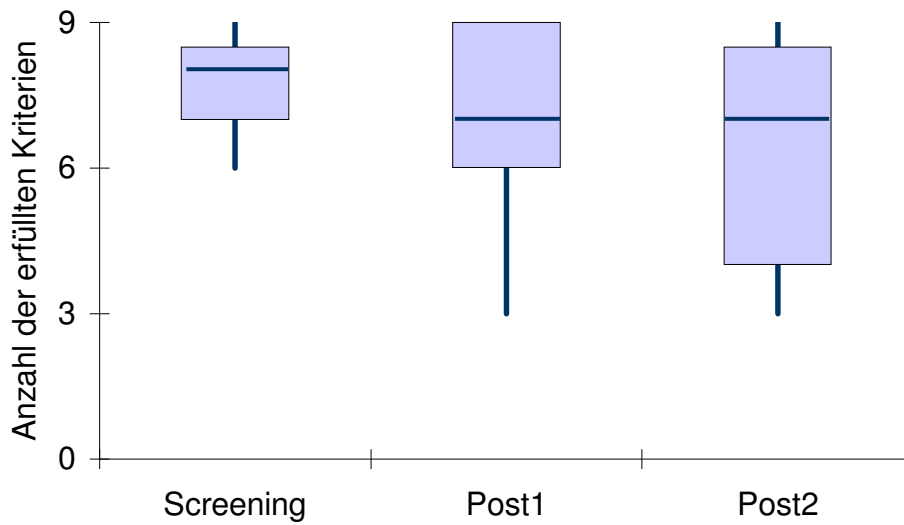
## **3.2 Stabilität der Veränderung der ADHS-Symptomatik**

Um zu untersuchen, ob durch die Neurofeedbackbehandlung signifikante Veränderungen des Verhaltens und kognitiver Parameter auftraten, und ob diese stabil sind, werden die Fragebogen- und Testdaten der 3 Messzeitpunkte Screening, Post1 und Post2 verglichen. Zusätzlich wird untersucht, ob sich die beiden Gruppen bezüglich der Veränderung ihrer Symptomatik und der Stabilität dieser Veränderungen unterscheiden. Eine genaue Beschreibung der Auswertung findet sich in Kapitel 2.5.3.

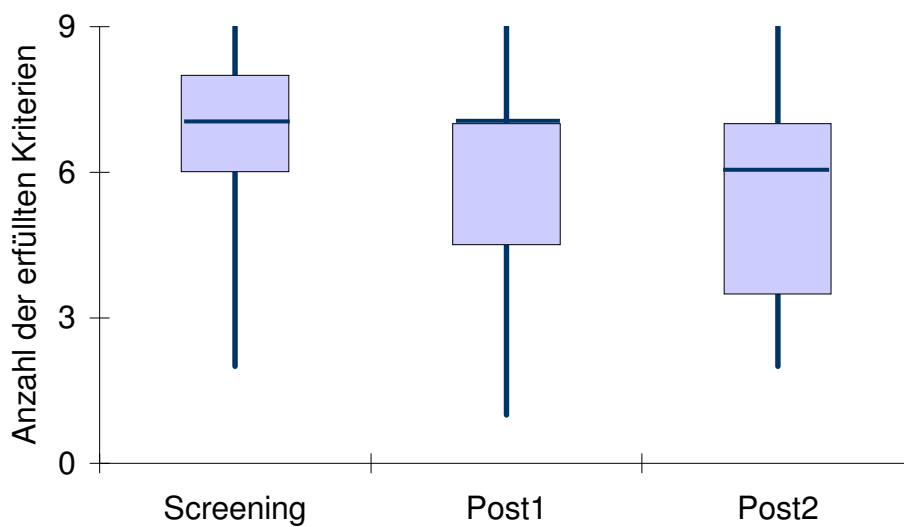
### **3.2.1 Fragebogendaten**

#### **3.2.1.1 DSM-IV-Fragebogen für die Eltern**

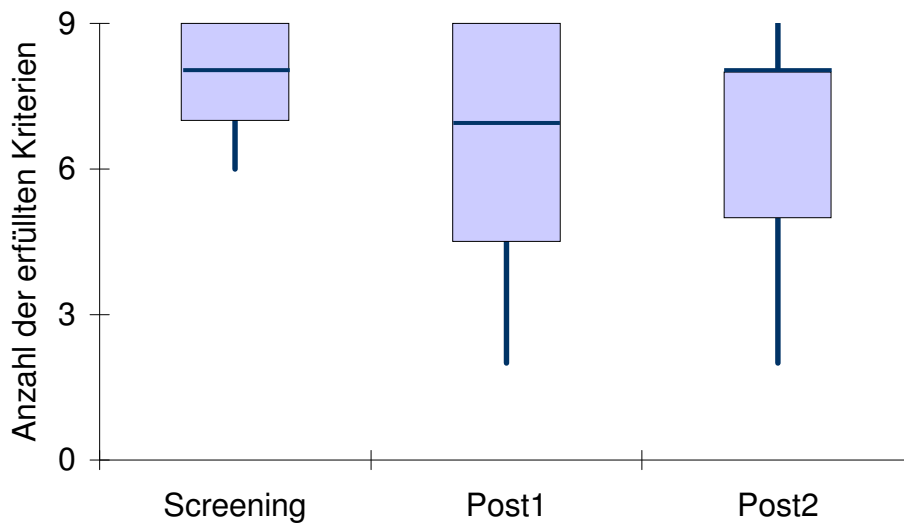
Abb.17-20 zeigen Box-Plots von der Anzahl an erfüllten DSM-IV-Kriterien zu den 3 Messzeitpunkten. Dabei ist die Anzahl der erfüllten Kriterien jeweils für die beiden Gruppen einzeln dargestellt. Abb.20 und 21 zeigen die Anzahl der erfüllten Kriterien für Unaufmerksamkeit. Abb.22 und 23 zeigen die erfüllten Kriterien für Hyperaktivität/Impulsivität.



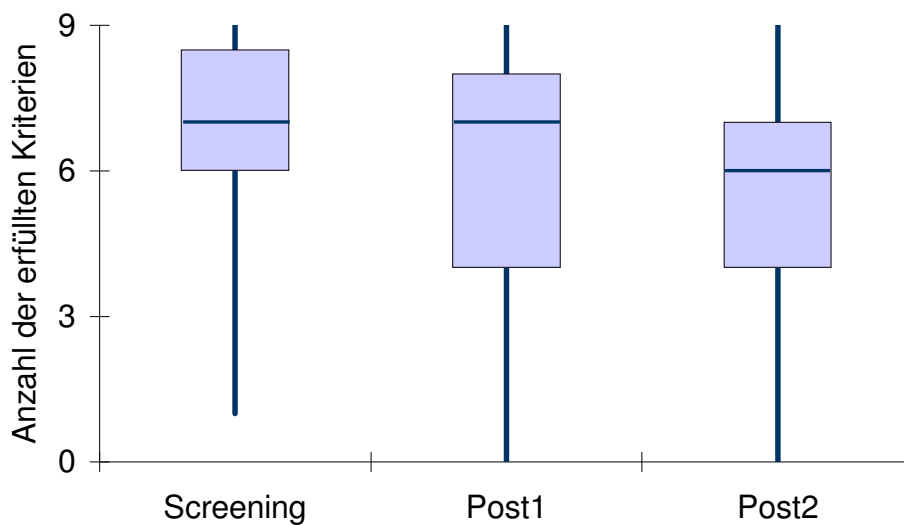
**Abbildung 20:** LP-Gruppe (N=13): Anzahl der gemäß DSM-IV erfüllten Kriterien für **Unaufmerksamkeit**



**Abbildung 21:** LP-Gruppe (N=13): Anzahl der gemäß DSM-IV erfüllten Kriterien für **Hyperaktivität/Impulsivität**



**Abbildung 22:** QT-Gruppe (N=13): Anzahl der gemäß DSM-IV erfüllten Kriterien für **Unaufmerksamkeit**



**Abbildung 23:** QT-Gruppe (N=13): Anzahl der gemäß DSM-IV erfüllten Kriterien für **Hyperaktivität/Impulsivität**

Die Abb. 20-23 zeigen, dass in beiden Gruppen die Anzahl der erfüllten DSM-IV-Kriterien in den Bereichen Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/Impulsivität abnimmt.

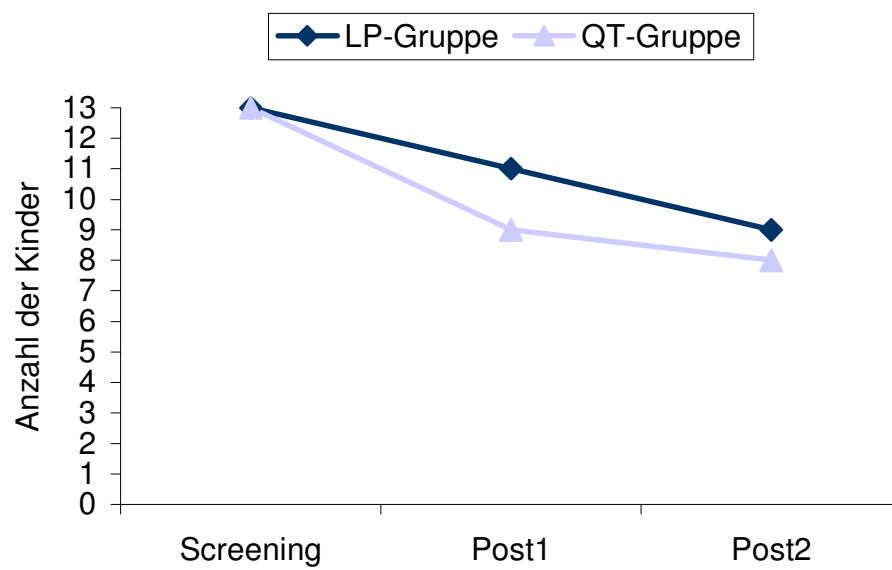
Um dies zu verdeutlichen, sind in Tabelle 10 (Unaufmerksamkeit) und Tabelle 11 (Hyperaktivität/Impulsivität) die Anzahl der erfüllten Kriterien der einzelnen Kinder, sowie der gesamten LP- bzw. QT-Gruppe angegeben. Verbesserungen

zwischen den Zeitpunkten sind gelb unterlegt, Verschlechterungen blau. Zusätzlich zeigen Tabelle 10 und 11 die Anzahl der Kinder, die die zur Diagnose geforderte Anzahl von 6 Kriterien erfüllen.

**Tabelle 10:** Anzahl der erfüllten DSM-IV-Kriterien für **Unaufmerksamkeit** pro Kind und Gruppe. S: Screening; P1: Post1; P2: Post2; V1: Veränderung von Screening zu Post1; V2: Veränderung von Post1 zu Post2; V3: Veränderung von Screening zu Post2; \*Anzahl der Kinder, die die zur Diagnose geforderte Anzahl von 6 Kriterien erfüllen.

	LP-Gruppe						QT-Gruppe					
Kind	S	P1	P2	V1	V2	V3	S	P1	P2	V1	V2	V3
1	7	7	7	0	0	0	8	7	5	-1	-2	-3
2	9	9	9	0	0	0	9	9	9	0	0	0
3	9	9	9	0	0	0	7	8	6	1	-2	-1
4	9	9	8	0	-1	-1	8	7	8	-1	1	0
5	6	6	7	0	1	1	9	8	9	-1	1	0
6	8	6	3	-2	-3	-5	9	4	4	-5	0	-5
7	8	7	7	-1	0	-1	9	9	8	0	-1	-1
8	7	7	8	0	1	1	8	9	8	1	-1	0
9	6	3	3	-3	0	-3	7	3	5	-4	2	-2
10	8	9	9	1	0	1	7	6	8	-1	2	1
11	8	6	3	-2	-3	-5	9	9	8	0	-1	-1
12	7	6	8	-1	2	1	6	2	2	-4	0	-4
13	7	3	5	-4	2	-2	7	5	5	-2	0	-2
$\Sigma$	<b>99</b>	<b>87</b>	<b>86</b>	<b>-12</b>	<b>-1</b>	<b>-13</b>	<b>103</b>	<b>86</b>	<b>85</b>	<b>-17</b>	<b>-1</b>	<b>-18</b>
<b>N*</b>	<b>13</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>-2</b>	<b>-2</b>	<b>-4</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>-4</b>	<b>-1</b>	<b>-5</b>

Aus Tabelle 10 und Abbildung 24 ist ersichtlich, dass die Zahl der Kinder, die mindestens die kritische Anzahl von 6 Kriterien erfüllte in der LP-Gruppe von 13 im Screening über 11 bei der Post1-Untersuchung auf 9 in der Post2-Untersuchung sank. In der QT-Gruppe erfüllten im Screening alle 13 Kinder mindestens 6 Kriterien, zum Zeitpunkt Post1 nur noch 9 und zum Zeitpunkt Post2 noch 8.

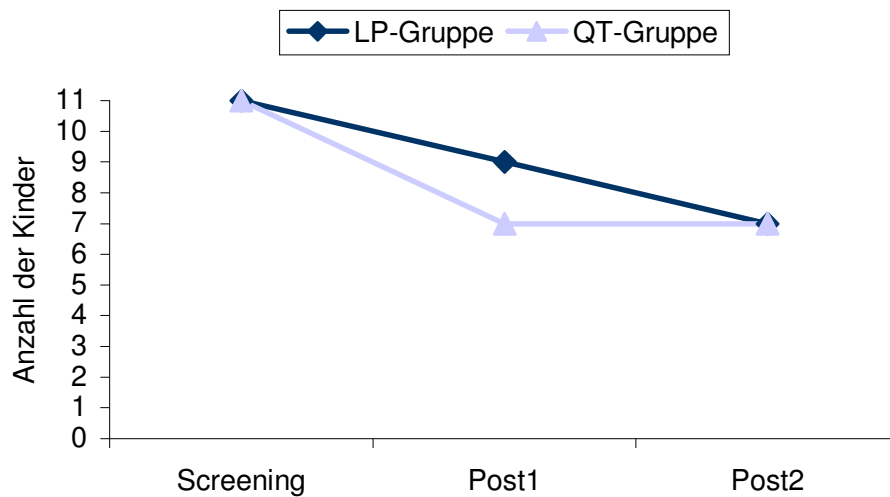


**Abbildung 24:** Anzahl der Kinder, die gemäß DSM-IV mindestens 6 Kriterien für **Unaufmerksamkeit** erfüllten.

**Tabelle 11:** Anzahl der erfüllten DSM-IV-Kriterien für **Hyperaktivität/Impulsivität**. S: Screening; P1: Post1; P2: Post2; V1: Veränderung von Screening zu Post1; V2: Veränderung von Post1 zu Post2; V3: Veränderung von Screening zu Post2; \*Anzahl der Kinder, die die zur Diagnose geforderte Anzahl von 6 Kriterien erfüllen.

	LP-Gruppe						QT-Gruppe					
Kind	S	P1	P2	V1	V2	V3	S	P1	P2	V1	V2	V3
1	7	7	7	0	0	0	6	4	5	-2	1	-1
2	9	7	9	-2	2	0	9	9	9	0	0	0
3	7	7	7	0	0	0	7	7	6	0	-1	-1
4	8	9	7	1	-2	-1	6	4	6	-2	2	0
5	7	6	5	-1	-1	-2	7	7	8	0	1	1
6	6	6	3	0	-3	-3	8	8	4	0	-4	-4
7	7	7	5	0	-2	-2	9	9	7	0	-2	-2
8	8	8	8	0	0	0	8	8	7	0	-1	-1
9	8	4	6	-4	2	-2	8	5	4	-3	-1	-4
10	2	4	4	2	0	2	7	5	5	-2	0	-2
11	9	7	3	-2	-4	-6	9	8	7	-1	-1	-2
12	6	5	7	-1	2	1	1	0	0	-1	0	-1
13	4	1	2	-3	1	-2	4	3	2	-1	-1	-2
$\Sigma$	<b>88</b>	<b>78</b>	<b>73</b>	<b>-10</b>	<b>-5</b>	<b>-15</b>	<b>89</b>	<b>77</b>	<b>70</b>	<b>-12</b>	<b>-7</b>	<b>-19</b>
<b>N*</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>-2</b>	<b>-2</b>	<b>-4</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>-4</b>	<b>0</b>	<b>-4</b>

Die Anzahl der Kinder der LP-Gruppe, die mindestens 6 Kriterien erfüllten, verringerte sich von 11 im Screening über 9 bei der Post1-Untersuchung auf 7 bei der Post2-Untersuchung. In der QT-Gruppe verringerte sich die Zahl der Kinder von 11 im Screening auf 7 bei der Post1-Untersuchung und blieb dann bei Post2 stabil (s. Abbildung 25).



**Abbildung 25:** Anzahl der Kinder, die gemäß DSM-IV mindestens 6 Kriterien für **Hyperaktivität/Impulsivität** erfüllten.

Um zu überprüfen, ob die Verringerung der Anzahl an erfüllten DSM-IV-Kriterien signifikant ist, wurde mit den Daten von je 2 Messzeitpunkten getrennt für die beiden Kategorien Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/Impulsivität, sowie für die LP- und QT-Gruppe der Wilcoxon-Test durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 dargestellt

**Tabelle 12:** Wilcoxon-Test für die Anzahl erfüllter DSM-IV-Kriterien beider Gruppen (jeweils N=13) getrennt nach den Kategorien Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/Impulsivität. \*wurde anhand einer gängigen Tabelle ermittelt; \*\*Anzahl der verglichenen Wertepaare minus Anzahl der Wertepaardifferenzen, die gleich 0 sind.

Gruppe	Kriterium	verglichene Messzeitpunkte	n**	T	p*
LP	Unaufmerksamkeit	Screening & Post1	7	2	0,023
		Post1 & Post2	7	13	0,469
		Screening & Post2	10	14	0,097
	Hyperaktivität/Impulsivität	Screening & Post1	8	7	0,074
		Post1 & Post2	9	16,5	0,248<p<0,285
		Screening & Post2	9	6,5	0,037
QT	Unaufmerksamkeit	Screening & Post1	10	7	0,019
		Post1 & Post2	9	18,5	0,326<p<0,367
		Screening & Post2	9	2,5	0,006<p<0,01
	Hyperaktivität/Impulsivität	Screening & Post1	7	0	0,008
		Post1 & Post2	10	16,5	0,138<p<0,161
		Screening & Post2	11	3	0,002

Aus Tabelle 12 ist ersichtlich, dass in beiden Gruppen die Verringerung der Anzahl der erfüllten Kriterien für Unaufmerksamkeit zwischen Screening und Post1 signifikant ist. Die LP-Gruppe verschlechterte sich zwischen Post1 und Post2. Diese Verschlechterung erwies sich nicht als signifikant. Allerdings führte sie dazu, dass die Verbesserung zwischen Screening und Post2 das 5%-Signifikanzniveau verfehlte. Die Veränderung von Screening zu Post1 war also nicht stabil. Die QT-Gruppe hingegen konnte sich auch zwischen Post1 und Post2 verbessern (allerdings nicht signifikant), so dass die Verbesserung zwischen Screening und Post2 noch stärker ist. Im Bereich Hyperaktivität/Impulsivität verbesserte sich die LP-Gruppe zwar sowohl von Screening zu Post1, als auch von Post1 zu Post2, beide Verbesserungen

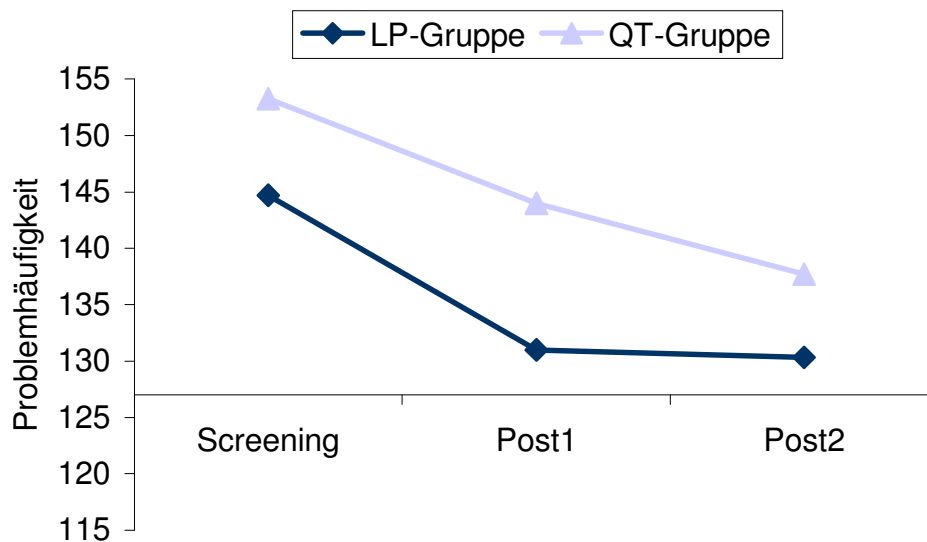


erwiesen sich jedoch nicht als signifikant. Die QT-Gruppe konnte sich zwischen Screening und Post1 signifikant und zwischen Post1 und Post2 tendenziell verbessern. Beide Gruppen verbesserten sich signifikant von Screening zu Post2.

Um zu untersuchen, ob sich die beiden Gruppen bezüglich der Verhaltensverbesserung und der Stabilität dieser Verbesserung unterscheiden, wurden die in den Tabellen 11 und 12 angegebenen Veränderungen zwischen Screening und Post1, Post1 und Post2, sowie Screening und Post2 mittels Mann-Whitney-Test verglichen. Dabei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

### 3.2.1.2 Elternfragebogen zur Problemhäufigkeit

Abb. 26 zeigt für beide Gruppen (jeweils N=13) die von den Eltern im Fragebogen von Eyberg & Pincus (1999) angegebene Häufigkeit des Problemverhaltens zu den 3 Messzeitpunkten.



**Abbildung 26:** Häufigkeit der problematischen Verhaltensweisen zu Hause

Abb. 26 zeigt, dass sich beide Gruppen im Mittelwert kontinuierlich verbessert haben, den kritischen Wert von 127 jedoch zu keinem Zeitpunkt unterschreiten konnten.

Um zu testen, ob die Veränderungen signifikant sind und ob evtl. ein signifikanter Unterschied bezüglich der Veränderung der beiden Gruppen besteht, wurde eine ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Gruppe durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 dargestellt.

**Tabelle 13:** ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Gruppe für die von den Eltern im Fragebogen von Eyberg & Pincus (1999) angegebene Problemhäufigkeit.

	Gruppe			Messzeitpunkt x Gruppe			Messzeitpunkt		
	df	F	p-Wert	df	F	p-Wert	df	F	p-Wert
Screening, Post1 & Post2	1	0,65	0,43	2	0,21	0,792	2	5,77	0,008

Aus Tabelle 13 ist ersichtlich, dass der Faktor Messzeitpunkt einen signifikanten Einfluss hat ( $p=0,008$ ). Um herauszufinden, zwischen welchen beiden Messzeitpunkten die Veränderung signifikant ist, wurden anschließend in einer weiteren ANOVA mit Messwiederholung die 3 Messzeitpunkte einzeln verglichen. Die Ergebnisse dieser 3 Analysen sind in Tabelle 14 dargestellt.

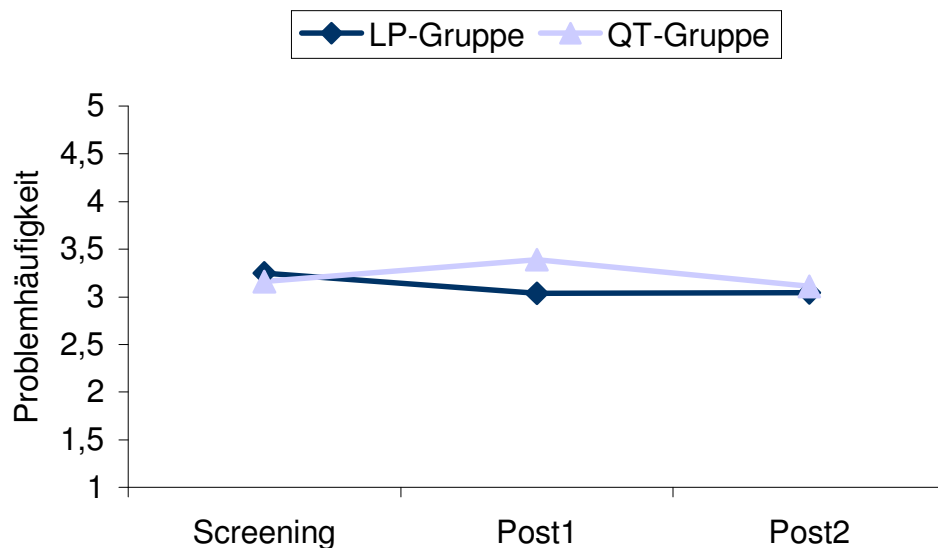
**Tabelle 14:** ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Gruppe für die von den Eltern im Fragebogen von Eyberg & Pincus (1999) angegebene Problemhäufigkeit.

	Gruppe			Messzeitpunkt x Gruppe			Messzeitpunkt		
	df	F	p	df	F	p	df	F	p
Screening & Post1	1	0,75	0,397	1	0,22	0,647	1	5,67	0,025
Post1 & Post2	1	0,57	0,458	1	0,55	0,468	1	0,85	0,367
Screening & Post2	1	0,55	0,467	1	0,01	0,911	1	8,59	0,007

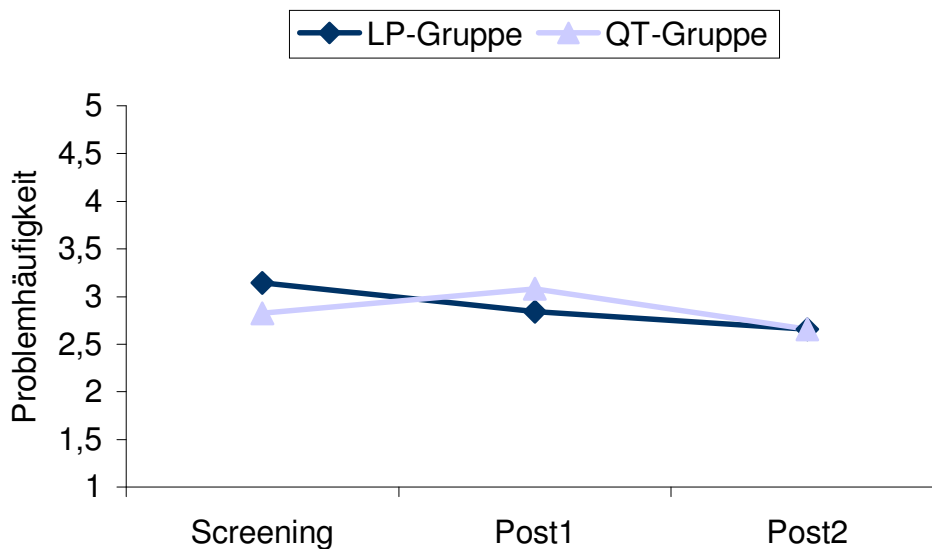
Aus Tabelle 14 ist ersichtlich, dass sich die von den Eltern berichtete Häufigkeit des Problemverhaltens signifikant zwischen Screening und Post1 verringerte. Die weitere Verbesserung zum Zeitpunkt Post2 war zwar nicht signifikant, führte jedoch dazu, dass die Verbesserung zwischen Screening und Post2 stärker signifikant wurde als der Unterschied zwischen Screening und Post1.

### 3.2.1.3 Fragebogen für Lehrer/innen

Die Abb. 27 und 28 zeigen die zu den 3 Messzeitpunkten im Fragebogen für Lehrer/innen (Anders & Bahn Müller, 2000) angegebenen Häufigkeiten des unaufmerksamen bzw. hyperaktiven/impulsiven Verhaltens.



**Abbildung 27:** Häufigkeit unaufmerksamen Verhaltens in der Schule (Lehrerbeurteilung)



**Abbildung 28:** Häufigkeit hyperaktiven/impulsiven Verhaltens in der Schule (Lehrerbeurteilung)

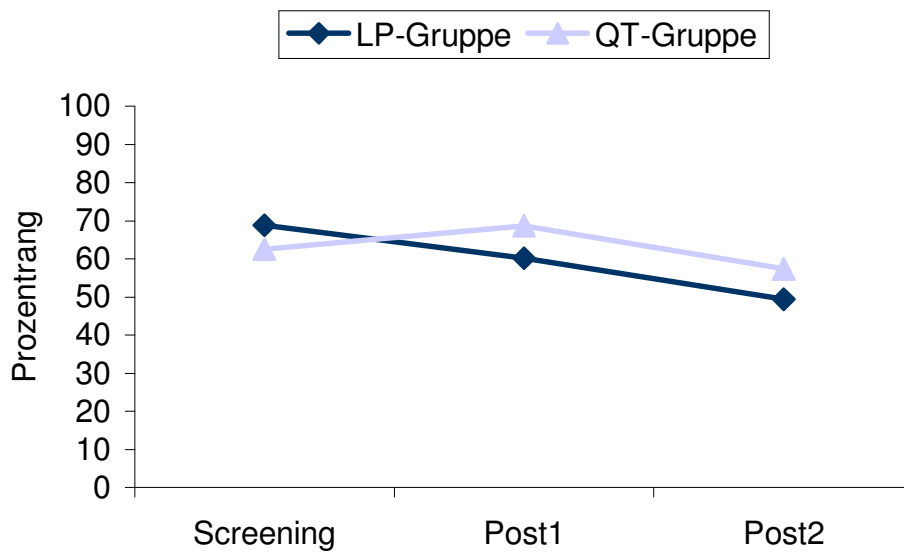
Die in den Abb.27 und 28 dargestellten Verläufe weisen auf eine Verbesserung über die Zeit in beiden Gruppen (jeweils N=13 mit je einem fehlenden Fragebogen für die Messzeitpunkte Screening und Post2 in der QT-Gruppe) hin, allerdings erwies sich keiner der Unterschiede als signifikant. Der kritische Wert von 3 wurde von beiden Gruppen im Bereich Hyperaktivität/Impulsivität unterschritten.

## 3.2.2 Testdaten

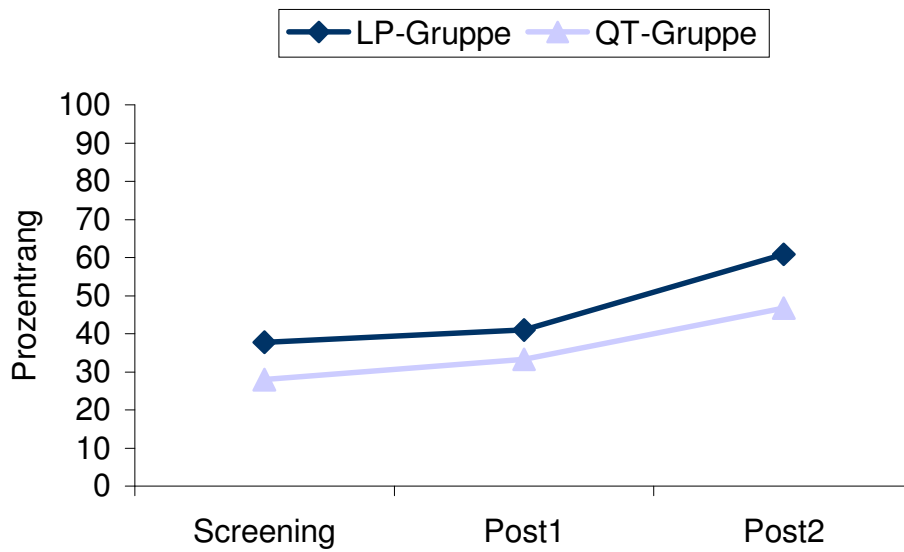
### 3.2.2.1 Aufmerksamkeitstest

In Abb. 29 ist der von den Gruppen (jeweils N=13) in der TAP (Zimmermann & Fimm, 2002) durchschnittlich erreichte Prozentrang des Medians (GOM) der Reaktionsgeschwindigkeit im Untertest Go/NoGo zu den 3 Messzeitpunkten Screening, Post1 und Post2 dargestellt. Abb. 30 zeigt die Prozentränge der Standardabweichung (GOS) im Untertest Go/NoGo, die ein Maß für gleichmäßiges Reagieren ist. Abb. 31 und 32 zeigen die durchschnittliche Anzahl der Testmaße des Gesamttests, in denen die Kinder einen schlechteren/besseren Prozentrang als 25/75 (PR25 bzw. PR75) erreichten.

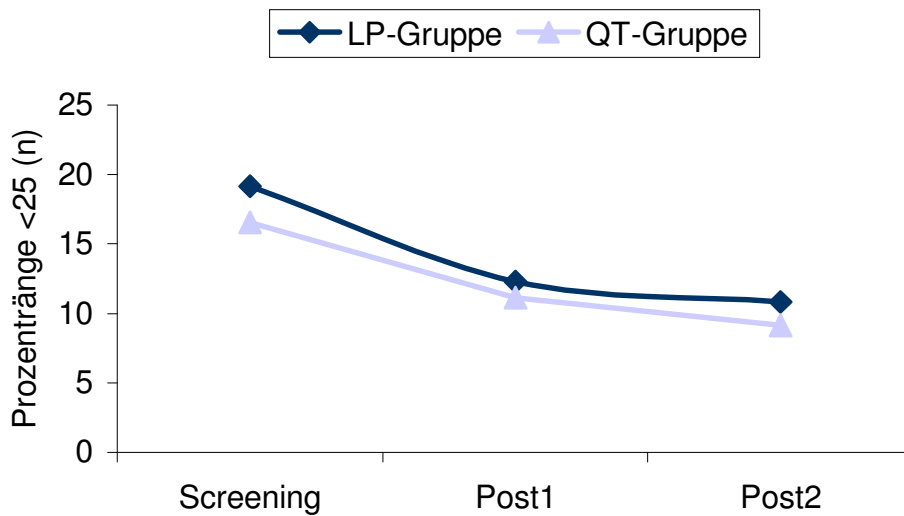
Aus Abb. 29 und 30 ist ersichtlich, dass sich die Kinder beider Gruppen zwar bezüglich der Prozentränge des Medians im Untertest Go/NoGo verschlechterten, jedoch bessere Prozentränge der Standardabweichung erreichten. Abb. 31 und 32 zeigen, dass in beiden Gruppen die Anzahl der unterdurchschnittlichen Testmaße abnahm, die Anzahl der überdurchschnittlichen Testmaße hingegen zunahm.



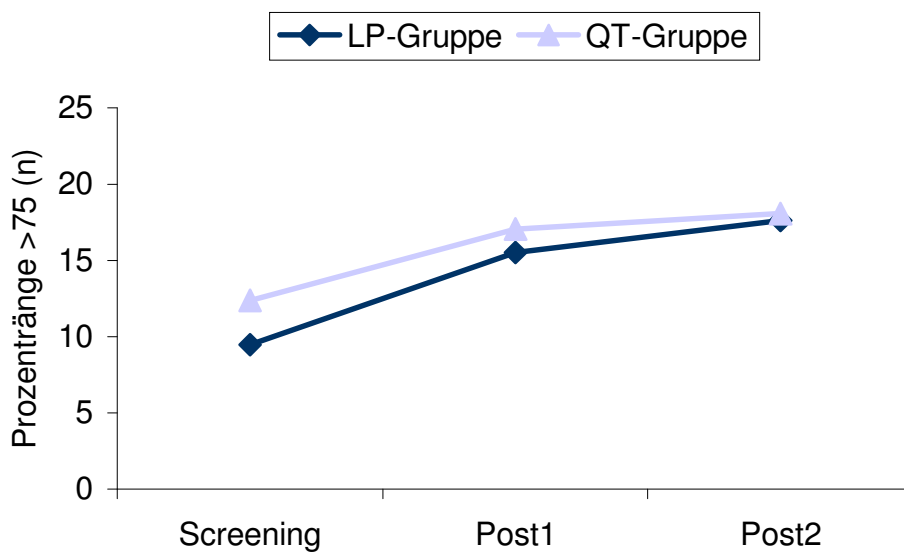
**Abbildung 29:** Prozentränge des Medians der Reaktionsgeschwindigkeit im Untertest Go/NoGo der TAP



**Abbildung 30:** Prozenträge der Standardabweichung der Reaktionsgeschwindigkeit im Untertest Go/NoGo der TAP



**Abbildung 31:** Anzahl der Testmaße des Gesamttests, in denen ein Prozentrang <25 erreicht wurde



**Abbildung 32:** Anzahl der Testmaße des Gesamttests, in denen ein Prozentrang >75 erreicht wurde

Diese Veränderungen werden mittels ANOVA mit Messwiederholung auf Signifikanz überprüft (Tabelle 15).

**Tabelle 15:** ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Gruppe für die Ergebnisse der TAP

	Gruppe			Messzeitpunkt x Gruppe			Messzeitpunkt		
	df	F	p	df	F	p	df	F	p
GOM	1	0,11	0,747	2	1,09	0,343	2	1,85	0,171
GOS	1	1,31	0,264	2	0,11	0,893	2	0,97	0,384
PR25	1	0,28	0,603	2	0,13	0,874	2	16,06	<0,001
PR75	1	0,31	0,586	2	0,34	0,711	2	11,82	<0,001

Tabelle 15 zeigt, dass die Veränderungen der Anzahl an unter-/überdurchschnittlichen Testmaßen signifikant sind (beide  $p < 0,001$ ). Die Veränderungen der Prozenträge des Medians und der Standardabweichung im Untertest Go/NoGo erreichten hingegen keine Signifikanz. Der Faktor Gruppe und die Interaktion der Faktoren Gruppe und Messzeitpunkt erreichten für keine der abhängigen Variablen signifikante Werte.

Um zu überprüfen, zwischen welchen Messzeitpunkten die signifikante Verbesserung erfolgte, werden die einzelnen Messzeitpunkte mittels ANOVA mit Messwiederholung getestet (Tabelle 16).

**Tabelle 16:** ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Gruppe für die Ergebnisse der TAP

		Gruppe			Messzeitpunkt x Gruppe			Messzeitpunkt		
		df	F	p	df	F	p	df	F	p
PR<25	Screening & Post1	1	0,25	0,624	1	0,23	0,64	1	15,74	0,001
	Post1 & Post2	1	0,16	0,696	1	0,04	0,841	1	1,69	0,205
	Screening & Post2	1	0,44	0,512	1	0,1	0,759	1	27,92	<0,001
PR>75	Screening & Post1	1	0,51	0,482	1	0,24	0,629	1	14,48	0,001
	Post1 & Post2	1	0,09	0,768	1	0,13	0,727	1	1,02	0,322
	Screening & Post2	1	0,37	0,549	1	0,63	0,434	1	20,07	<0,001

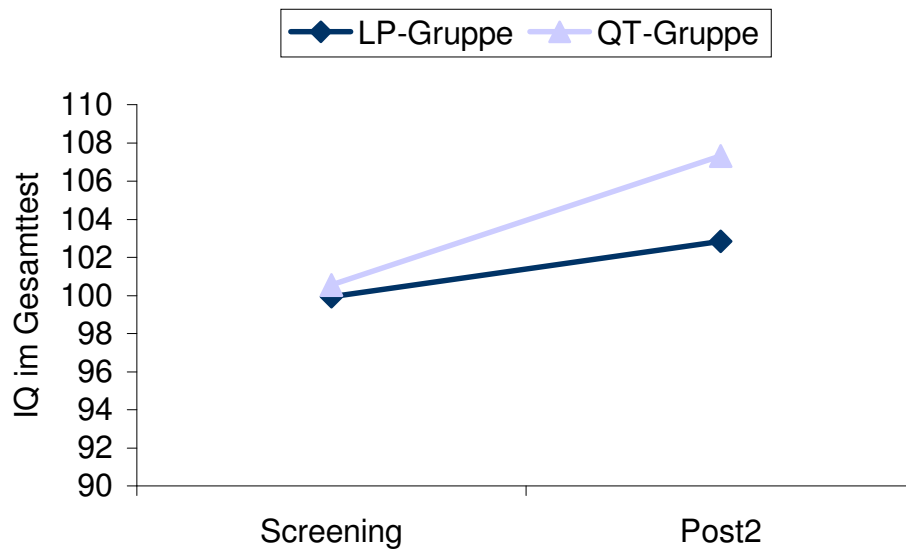
Tabelle 16 zeigt, dass sich sowohl die Anzahl der unterdurchschnittlichen Testmaße ( $p=0,001$ ), als auch die Anzahl der überdurchschnittlichen Testmaße ( $p=0,001$ ) signifikant von Screening zu Post1 veränderte. Die Veränderungen von Post1 zu Post2 waren nicht signifikant. Der Unterschied zwischen Screening und Post2 war noch stärker signifikant ( $p<0,001$ ), als die Verbesserung zwischen Screening und Post1.

### 3.2.2.1 Intelligenztest

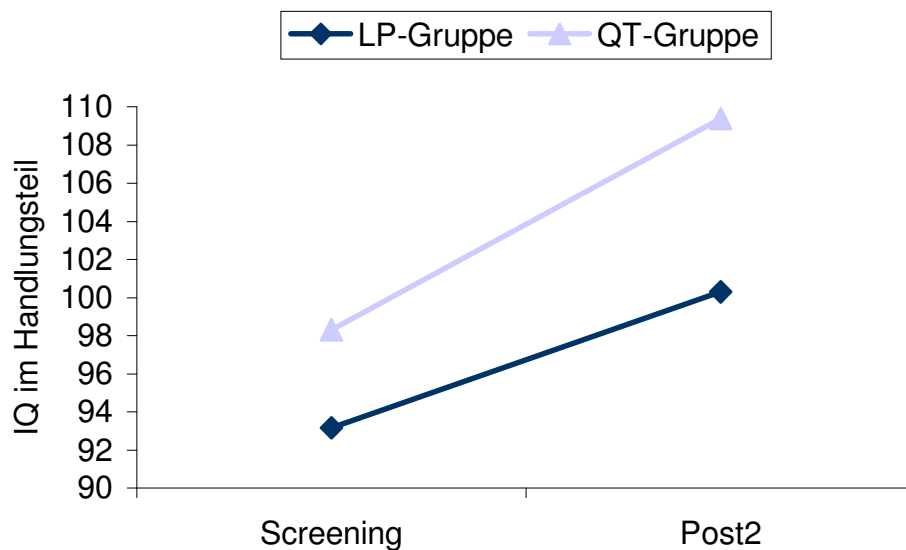
Um mögliche Übungseffekte durch wiederholtes Testen zu vermeiden, wurde nur im Screening und bei der Post2-Untersuchung der HAWIK-III (Tewes et al., 1999) verwendet, bei der Post1-Untersuchung der AID (Kubinger & Wurst, 2000). Da den beiden Tests jedoch unterschiedliche Intelligenzmodelle zugrunde liegen, werden hier nur die Ergebnisse vom Screening und von Post2 miteinander verglichen. Zwischen diesen beiden Testungen lagen mindestens 9



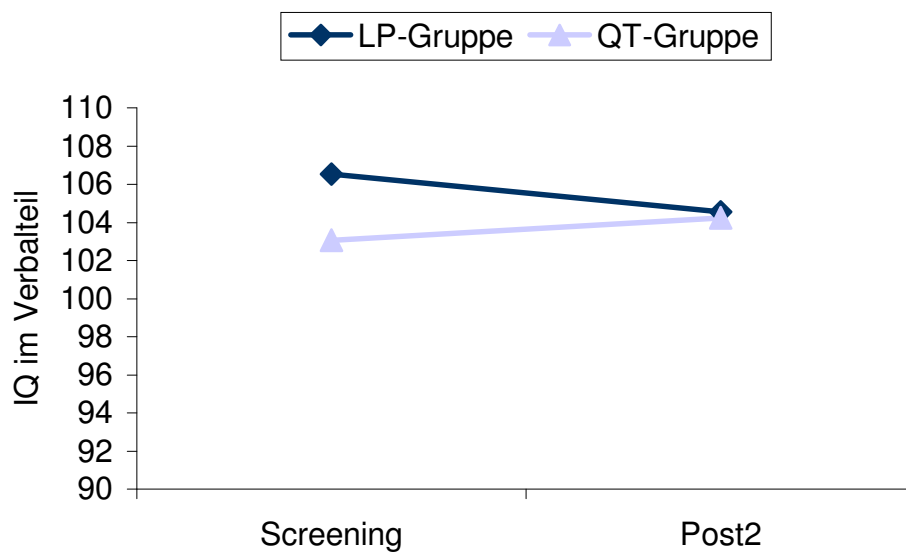
Monate. Abb. 33 zeigt für beide Gruppen den im Gesamttest durchschnittlich ermittelten Intelligenzquotienten, Abb. 334 den Verbal-IQ; der Handlungs-IQ ist schließlich in Abb. 35 dargestellt.



**Abbildung 33:** HAWIK-III für beide Experimentalgruppen (jeweils N=13)



**Abbildung 34:** Handlungsteil des HAWIK-III für beide Experimentalgruppen (jeweils N=13)



**Abbildung 35:** Verbalteil des HAWIK-III für beide Experimentalgruppen (jeweils N=13)

Aus Abb. 33 und 34 ist ersichtlich, dass beide Gruppen zum Zeitpunkt Post2 einen höheren Gesamt - und Handlungs -IQ erreichten als im Screening. Die Kinder der QT-Gruppe konnten sich auch im Verbalteil geringfügig verbessern, während sich die Kinder der LP-Gruppe hier leicht verschlechterten (Abb. 35).

In Tabelle 17 sind die Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Gruppe dargestellt, durch welche die Verläufe auf Signifikanz getestet wurden.

**Tabelle 17:** ANOVA mit Messwiederholung und dem Faktor Gruppe für die mittels HAWIK-III (Tewes et al., 1999) ermittelten Intelligenzquotienten.

	Gruppe			Messzeitpunkt x Gruppe			Messzeitpunkt		
	df	F	p-Wert	df	F	p-Wert	df	F	p-Wert
Gesamt-IQ	1	0,41	0,53	1	1,21	0,283	1	7,65	0,011
Verbal-IQ	1	0,20	0,66	1	0,63	0,435	1	0,05	0,833
Handlungs-IQ	1	2,35	0,139	1	1,07	0,311	1	23,12	<0,001

Aus Tabelle 17 ist ersichtlich, dass die Verbesserungen des Gesamt-IQs ( $p=0,011$ ) und des Handlungs-IQs ( $p<0,001$ ) signifikant sind. Zwischen den Gruppen gibt es keine signifikanten Unterschiede.

### 3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Dieser Abschnitt soll einen Überblick über die wesentlichen Ergebnisse geben. In Tabelle 18 sind zunächst die signifikanten EEG-Veränderungen dargestellt. Dabei sollte untersucht werden, ob im Laufe der Zeit die Fähigkeit, unterschiedlich auf die beiden Aufgabenstellungen zu reagieren, zunimmt. Deshalb werden nur die p-Werte für die Interaktion der Faktoren Aufgabentyp und Messzeitpunkt betrachtet. Da die Parameter der beiden Gruppen nicht miteinander vergleichbar sind, wurde auf einen Vergleich verzichtet. Beide Gruppen wurden getrennt betrachtet.

Kein signifikanter Einfluss der Interaktion von Messzeitpunkt und Aufgabentyp ergab sich für folgende Variable:

- Mittlere Differenz der QT-Quotienten während Aufgaben- und Baselinephase in den Aufgaben mit Transferbedingung.

Außerdem wurde noch der Einfluss einer zusätzlichen Behandlung mit Stimulanzen auf den Verlauf der Differenzierungsfähigkeit überprüft, wobei sich jedoch kein signifikanter Einfluss ergab.

**Tabelle 18:** Signifikante Ergebnisse im Neurofeedback. \* signifikant auf dem 5%-Niveau; \*\* signifikant auf dem 1%-Niveau; 0 keine signifikante Veränderung

Gruppe	Bedingung	Verglichene Parameter		
		Anfangsleistung & Endleistung	Endleistung & Follow-up	Anfangsleistung & Follow-up
LP-Gruppe	Feedback	*	0	**
	Transfer	0	0	*
QT-Gruppe	Feedback	**	0	**

Aus Tabelle 18 ist ersichtlich, dass zwischen Endleistung und der Leistung im Follow-up keine signifikanten Unterschiede bestehen und die Verbesserung der Leistung im Follow-up gegenüber der Anfangsleistung signifikant ist. Die kortikale Selbstregulation ist also stabil.

Tabelle 19 zeigt die Fragebögen und Tests in denen signifikante Verbesserungen gemessen wurden. Es sind die Signifikanzen angegeben, die sich in den Tests zwischen den Messzeitpunkten Screening & Post1, Post1 und Post2, sowie Screening und Post2 ergaben. Keine signifikanten Veränderungen ergaben sich für:

- Häufigkeit des unaufmerksamen und hyperaktiven/impulsiven Verhaltens, gemessen mit dem Fragebogen für Lehrer/innen (Anders & Bahnmüller, 2000) **(beide Gruppen)**
- IQ im Verbalteil des HAWIK-III (Tewes et al., 1999) **(beide Gruppen)**
- Prozentrang des Medians und der Standardabweichung der Reaktionsgeschwindigkeit im Untertest Go/NoGo der TAP (Zimmermann & Fimm, 2002) **(beide Gruppen)**

**Tabelle 19:** Signifikante Veränderungen der Fragebogen- und Testdaten. \* signifikant auf dem 5%-Niveau; \*\* signifikant auf dem 1%-Niveau; 0 keine signifikante Veränderung.

Instrument	Kategorie		Verglichene Zeitpunkte		
			Screening & Post1	Post1 & Post2	Screening & Post2
DSM-Fragebogen für die Eltern (Wittchen,1989, modifiziert von Lauth & Schlottke)	Unaufmerksamkeit	LP-Gruppe	*	0	0
		QT-Gruppe	*	0	**
	Hyperaktivität/Impulsivität	LP-Gruppe	0	0	*
		QT-Gruppe	**	0	**
Fragebogen von Eyberg & Pincus (1999)	Problemhäufigkeit		*	0	**
TAP (Zimmermann & Fimm, 2002)	Anzahl der Testmaße des Gesamttests in denen Prozentränge <25 erreicht wurden		**	0	**
	Anzahl der Testmaße des Gesamttests in denen Prozentränge >75 erreicht wurden		**	0	**
HAWIK-III (Tewes et al.,1999)	IQ im Gesamttest		Zum Zeitpunkt Post1 wurde der HAWIK-III nicht verwendet.		*
	IQ im Handlungsteil				**

Tabelle 19 zeigt, dass zwischen Post1 und Post2 keine signifikanten Veränderungen auftraten und dass die zwischen Screening und Post1 aufgetretenen signifikanten Verbesserungen zum Zeitpunkt Post2 noch bestanden, teilweise sogar auf einem höheren Signifikanzniveau. Auch die klinischen Veränderungen erwiesen sich also als stabil. Eine Ausnahme bildet die Anzahl erfüllter DSM-IV-Kriterien für Unaufmerksamkeit in der LP-Gruppe. Diese Gruppe verbesserte sich zunächst signifikant von Screening zu Post1. Eine nicht signifikante Verschlechterung zwischen Post1 und Post2 führte dazu, dass sich die Verbesserung zwischen Screening und Post2 nicht mehr als signifikant erwies und deshalb als instabil betrachtet werden muss.

## **4 Diskussion**

### **4.1 Ausgangspunkt und Zielsetzung**

In der Forschung zum Neurofeedback bei ADHS-Kindern werden positive Kurz- und Langzeiteffekte berichtet. Da die meisten Studien jedoch methodische Mängel aufweisen, ist die Effektivität von Neurofeedback, sowie die Stabilität der Veränderungen nicht ausreichend belegt. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war die Überprüfung der Stabilität der Effekte eines psychophysiologischen Programms zum Erlernen der Selbstkontrolle über die langsamen kortikalen Potenziale bzw. die Theta/Beta-Aktivität. Das Programm wurde für Kinder mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) entwickelt. Der Versuch, ADHS mittels eines Neurofeedbackprogramms zum Erlernen der Selbstkontrolle über die LP zu therapieren, stellt eine Neuheit in der Neurofeedbackforschung dar.

Die zentralen Fragestellungen beziehen sich auf die Stabilität der erlernten Fähigkeit zur Selbstkontrolle über die LP bzw. den Theta/Beta-Quotienten und die Stabilität der Effekte des Programms hinsichtlich der ADHS-Symptomatik (kognitive Variablen, Verhaltensmaße). Zusätzlich wurde untersucht, ob sich die beiden Experimentalgruppen bezüglich der Stabilität des klinischen Erfolgs unterscheiden. Im Theorieteil dieser Arbeit wurde herausgearbeitet, dass über mögliche Langzeiteffekte der momentan am häufigsten eingesetzten Therapieformen bislang nur unzureichende und teilweise kontroverse Erkenntnisse vorliegen.

### **4.2 Stabilität der kortikalen Selbstregulation**

Die Stabilität der kortikalen Selbstregulation wurde für beide Experimentalgruppen getrennt voneinander untersucht. Ein Vergleich der EEG-Veränderungen während des Trainings der beiden Gruppen war nicht möglich, da sich die LP von den Frequenzbändern Theta und Beta sowohl im Ausmaß

ihrer Amplitude, als auch in ihrer Variabilität stark unterscheiden (Leins, 2004) und die rückgemeldeten Parameter aufgrund unterschiedlicher Dimensionen (LP-Gruppe:  $\mu V$ ; QT-Gruppe: dimensionslos) nicht vergleichbar sind.

#### **4.2.1 LP-Gruppe**

Die LP-Gruppe hatte am Ende des Trainings gelernt, in der Feedbackbedingung zwischen den Aktivierungs- und Deaktivierungsaufgaben zu unterscheiden. Diese Differenzierungsfähigkeit nahm zwischen dem Ende des Trainings und der Follow-up-Untersuchung weiter zu, was sich jedoch nicht als signifikant erwies. Die kortikale Selbstregulation der LP in den Aufgaben mit Feedback erwies sich also als stabil. Es konnte sogar ein nicht signifikanter Trend zu einer weiteren Verbesserung der Differenzierungsfähigkeit festgestellt werden.

In der Transferbedingung lernten die Kinder, sowohl zwischen Trainingsbeginn und Trainingsende, als auch zwischen Trainingsende und Follow-up, in den Aktivierungsaufgaben deutlicher zu negativieren und zwischen den Aufgaben stärker zu differenzieren. Die Differenzierungsfähigkeit im Follow-up erwies sich als signifikant besser als zu Beginn des Trainings. Auch in den Aufgaben mit Transferbedingung erwies sich die kortikale Selbstregulation der LP folglich als stabil. Gerade dies scheint von großer Wichtigkeit, da Goth (2005) zeigen konnte, dass die klinische Verbesserung nach einem Neurofeedbacktraining der langsamen Potenziale mit der Leistung in den Transferaufgaben korreliert.

Birbaumer et al. (1990) zeigten, dass negative LP über frontalen Hirnregionen das Gleichgewicht zwischen cholinерger und dopaminерger Aktivität widerspiegeln. Die kortikale Selbstregulation langsamer Potenziale könnte somit ähnlich wie eine Behandlung Stimulanzien einen Einfluss auf eben dieses Gleichgewicht haben. Dies würde bedeuten, dass Kinder mit ADHD durch Neurofeedback lernen können das Verhältnis von Dopamin und Acetylcholin entsprechend der jeweiligen Anforderungen zu beeinflussen.

Zusätzlich wurde untersucht, welchen Einfluss eine Behandlung mit Stimulanzien auf die Stabilität der kortikalen Selbstregulation der LP hat. Die

LP(med)-Gruppe zeigte zwar eine stärkere Zunahme der Fähigkeit, zwischen den Aufgaben zu differenzieren, der Unterschied von LP(med)- und LP(ohne)-Gruppe erwies sich jedoch nicht als signifikant. Allerdings war die Anzahl der zusätzlich mit Stimulanzen behandelten Kinder mit N=5 sehr gering. Außerdem waren die beiden Gruppen bezüglich der Geschlechtsverteilung nicht vergleichbar. Goth (2005) fand heraus, dass männliche Probanden die kortikale Selbstregulation der langsamen Potenziale besser erlernen als weibliche. Es scheint daher interessant, den Einfluss einer zusätzlichen Behandlung mit Stimulanzen mit größeren und homogeneren Stichproben zu untersuchen. Vermutlich erfordert das in dieser Studie durchgeführte Neurofeedbacktraining von den Probanden ein gewisses Maß an Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeit. Würde sich dieser positive Einfluss einer zusätzlichen Stimulanzientherapie bestätigen, könnte man die Kinder zu Beginn des Neurofeedbacktrainings zusätzlich mit Stimulanzen behandeln und diese dann im Laufe des Trainings ausschleichen.

In dieser Studie konnte erstmals gezeigt werden, dass Kinder mit ADHS Selbstkontrolle über langsame Potenziale erlernen können, und dass die Fähigkeit, die LP gezielt zu beeinflussen, stabil ist. Auch Kotchoubey et al. (1997) kamen in einer Studie mit 18 Epilepsiepatienten zu dem Ergebnis, dass die erlernte Selbstkontrolle über die LP sechs Monate nach dem Ende des Trainings nicht nur stabil, sondern tendenziell sogar noch verbessert ist. Kotchoubey et al. (1997) führen dies auf eine Konsolidierung neuer Synapsen zurück.

Haist (1999) untersuchte, welche Art von Lernen der Selbstregulation langsamer Potenziale zugrunde liegt. Dabei korrelierten weder die Ergebnisse der expliziten noch der impliziten Lerntests mit dem Erlernen von Selbstkontrolle über die LP. Dennoch ist davon auszugehen, dass das implizite (prozedurale) Gedächtnis für die Stabilität der kortikalen Selbstregulation verantwortlich ist. Anders als bei den von Haist (1999) durchgeführten Testverfahren (Spiegelschriftlesen, Fragpix-Test) handelt es sich beim Erlernen kortikaler Selbstregulation um einen sehr komplexen Prozess. Dabei spielen neben Priming, operanter Konditionierung und affektiven Einflüssen auch



nichtassoziative Lernprozesse eine wichtige Rolle. Angesichts dieser multifaktoriellen Einflüsse überraschen die von Haist gefundenen Ergebnisse nicht. Es ist also nach wie vor nicht geklärt, ob die Fähigkeit, die LP entsprechend der jeweiligen Anforderungen zu beeinflussen, automatisiert wird, oder ob die erworbenen Strategien explizit angewendet werden müssen. Die Tatsache, dass Kinder mit ADHS nach einem Intervall von 6 Monaten auch ohne Auffrischungssitzungen noch in der Lage sind, Einfluss auf die LP zu nehmen, spricht jedoch dafür, dass diese Fähigkeit zumindest teilweise automatisiert zur Anwendung kommt.

#### **4.2.2 QT-Gruppe**

Die Kinder der QT-Gruppe konnten sowohl in den Aufgaben mit, als auch ohne Feedback am Ende des Trainings adäquat auf die Aufgaben reagieren (Zunahme des Theta/Beta-Quotienten in den Deaktivierungsaufgaben, Abnahme des Theta/Beta-Quotienten in den Aktivierungsaufgaben). Die Zunahme der Fähigkeit, zwischen den beiden Aufgabentypen zu differenzieren erwies sich jedoch nur für die Feedbackbedingung als signifikant. Am Ende des Trainings konnten die Kinder signifikant besser zwischen den beiden Aufgaben unterscheiden als zu Beginn. Diese Fähigkeit ließ dann beim Follow-up wieder etwas nach. Die Verbesserung der Differenzierungsfähigkeit gegenüber der Anfangsleistung blieb jedoch signifikant. Die erlernte Selbstregulation des Theta/Beta-Quotienten erwies sich also in den Aufgaben mit Feedback als stabil. Auch in den Aufgaben ohne Feedback erwies sich die verbesserte Fähigkeit, zwischen den beiden Aufgaben zu differenzieren, stabil (Abb.16). In der Neurofeedbackforschung gibt es bisher nur eine Studie, die Angaben über den Verlauf von EEG-Parametern während des Trainings macht. Lubar et al. (1995) fanden einen stetigen Anstieg der Leistung der Probanden. Dabei untersuchten sie jedoch lediglich das Theta-Band. Eine Follow-up-Untersuchung führten sie nicht durch. In dieser Arbeit konnte also erstmals gezeigt werden, dass Kinder mit ADHS die kortikale Selbstregulation des

Theta/Beta-Quotienten erlernen können, und dass dieser Lernerfolg auch 6 Monate nach Trainingsende stabil ist.

Lubar (1997) vermutet, ausgehend davon, dass der Kortex dynamisch organisiert ist und dass funktionelle, kortikale Kreisläufe existieren, die Kortexareale miteinander verbinden, dass durch das Neurofeedbacktraining eine Verbindung der trainierten Position (Cz oder Fz) mit dem Gyrus cingulus anterior aktiviert wird. Dieser Gyrus aktiviert frontale Kortexareale, die das exekutive Output generieren und ist am Abruf episodischer Inhalte beteiligt (Siebert, 2002). So könnte ein Neurofeedbacktraining an spezifischen Elektrodenpositionen zu subkortikalen Veränderungen führen, welche sich dann auf den Frontalkortex und somit auf Exekutivfunktionen auswirken. Dies könnte auch eine Generalisierung der EEG-Veränderungen, wie sie von Lubar et al. (1995) beobachtet wurde, erklären. Lubar (1995) berichtet außerdem, dass viele Kinder mit ADHD, die erfolgreich an einem Neurofeedbacktraining teilnahmen, nicht explizit sagen können, wie sie den gewünschten Aktivierungszustand hervorrufen und ihren Aktivierungszustand nicht richtig einschätzen können. Wie beim Erwerb der Fähigkeit zur Selbstregulation der LP sind also vermutlich auch hier komplexe unbewusste Lernprozesse verantwortlich. Es ist davon auszugehen, dass die erworbenen Strategien zumindest teilweise wie motorische Fertigkeiten automatisiert zur Anwendung kommen.

## **4.3 Stabilität der Veränderungen der ADHS-Symptomatik**

### **4.3.1 Fragebogendaten**

#### **4.3.1.1 DSM-Fragebogen für die Eltern**

Beide Gruppen konnten sich im Bereich Unaufmerksamkeit signifikant zwischen den Zeitpunkten Screening und Post1 verbessern. In der QT-Gruppe blieb diese Verbesserung stabil. Sie konnte sich zwischen Screening und Post2 sogar noch tendenziell verbessern. Die Kinder der LP-Gruppe verschlechterten

sich hingegen zwischen Post1 und Post2 minimal. Diese Verschlechterung erwies sich nicht als signifikant. Allerdings führte sie dazu, dass sich die Zahl erfüllter DSM-IV-Kriterien im Screening nicht signifikant von der Zahl erfüllter DSM-IV-Kriterien bei der Post2-Untersuchung unterscheidet. Im Bereich Hyperaktivität/Impulsivität konnte sich beide Gruppen zwischen Screening und Post1 verbessern. Signifikant war allerdings nur die Verbesserung der QT-Gruppe. Beide Gruppen konnten sich tendenziell auch zwischen der Post1- und Post2-Untersuchung verbessern. Die Verbesserung zwischen Screening und Post2 war in beiden Gruppen signifikant. Bezüglich der Stärke und der Stabilität ihrer Verbesserungen unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht. Die Verbesserungen im Bereich Hyperaktivität/Impulsivität waren in beiden Gruppen stabil.

Betrachtet man anstelle der Gruppen die einzelnen Probanden, so zeigt sich in beiden Gruppen sowohl zwischen Screening und Post1, als auch zwischen Post1 und Post2 eine Verringerung der Anzahl an Kindern, die die vom DSM-IV vorgegebene kritische Grenze von 6 Kriterien für Unaufmerksamkeit erfüllen. Entsprechendes gilt für die Kriterien für Hyperaktivität/Impulsivität, wobei sich die Zahl der Kinder der QT-Gruppe, die mindestens 6 Kriterien erfüllten, zwischen Post1 und Post2 nicht weiter verringerte. Ausgehend von dieser Art der Ergebnisbetrachtung sind also sowohl die Verbesserungen im Bereich Unaufmerksamkeit, als auch im Bereich Hyperaktivität/Impulsivität in beiden Gruppen stabil. Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen andere Studien, nach denen Neurofeedback zu einer Reduktion von Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/Impulsivität führt (Fuchs et al., 2003; Rossiter & La Vaque, 1995). Fraglich ist, weshalb die Verbesserung der Unaufmerksamkeit in der LP-Gruppe nicht stabil war. Dies könnte wiederum an der geringen Anzahl an Probanden liegen. Außerdem wurden die Kinder, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden von der Auswertung der Fragebogen- und Testdaten ausgeschlossen, um die Ergebnisse der LP-Gruppe und der QT-Gruppe zu vergleichen. Genau diese 5 Kinder hatten jedoch am Besten und am Stabilsten gelernt ihre LP zu kontrollieren.

#### **4.3.1.2 Elternfragebogen zur Problemhäufigkeit**

Die mit dem Fragebogen von Eyberg & Pincus (1999) erhobene Problemhäufigkeit verringerte sich zwischen Screening und Post1 in beiden Gruppen signifikant. Die weitere Verringerung der Problemhäufigkeit bis zur Post2-Untersuchung erwies sich nicht als signifikant. Die beiden Gruppen unterschieden sich bezüglich der Problemhäufigkeit und der Verringerung der Problemhäufigkeit nicht. Beide Gruppen konnten den Cut-off-Wert von 127 nicht unterschreiten, sich ihm aber deutlich nähern. Die durch die Neurofeedbackbehandlung erzielte Verringerung der Problemhäufigkeit erwies sich also als stabil, wobei sich die beiden Verfahren weder bezüglich ihrer Effektivität noch bezüglich der Stabilität der erzielten Effekte unterscheiden.

#### **4.3.1.3 Fragebogen für Lehrer/innen**

Die Häufigkeit unaufmerksamen und hyperaktiven/impulsiven Verhaltens verringerte sich nach dem Urteil der Lehrer/innen bei den Kindern der beiden Experimentalgruppen nicht signifikant. Die Kinder der LP-Gruppe verbesserten sich jedoch tendenziell vom Screening über Post1 bis Post2. Dabei konnten die Kinder im Bereich Unaufmerksamkeit durchschnittlich den Cut-off-Wert von 3 zwar nicht unterschreiten, ihm aber sehr nahe kommen. Im Bereich Hyperaktivität/Impulsivität gelang es den Kindern, durchschnittlich unter 3 zu kommen. Die Kinder der QT-Gruppe verschlechterten sich zwischen Screening und Post1 sowohl in der Häufigkeit unaufmerksamen, als auch hyperaktiven /impulsiven Verhaltens, verbesserten sich jedoch zwischen Post1 und Post2 wieder. Auch diese Kinder erreichten im Bereich Unaufmerksamkeit im Gegensatz zum Bereich Hyperaktivität/Impulsivität den Cut-off-Wert nicht. Im Gegensatz zu anderen Studien, in denen von verbesserten Schulleistungen und verbessertem schulischen Verhalten berichtet wird (Rossiter & La Vaque, 1995; Thompson & Thompson, 1998; Monastra et al., 2002; Fuchs et al., 2003), konnte eine Verhaltensverbesserung in der Schule hier also nicht festgestellt werden. Dies könnte zum einen an der geringen Anzahl an Kindern liegen, die in die Auswertung dieser Arbeit eingingen. Diese Annahme wird durch eine weitere Auswertung (Strehl et al., Publikation in Vorbereitung) dieser Studie

gestützt, in der 20 Kinder der LP-Gruppe, von denen 5 mit Ritalin behandelt wurden, untersucht wurden und in der Follow-up-Untersuchung signifikante Verbesserungen gegenüber dem Screening in den Bereichen Unaufmerksamkeit ( $p=0,048$ ), Hyperaktivität ( $p<0,001$ ) und Impulsivität ( $p=0,038$ ) aufweist. Allgemein ist es fraglich, ob die zu den verschiedenen Zeitpunkten gewonnenen Daten überhaupt vergleichbar sind. Da zwischen Screening und Post1 mindestens 3 Monate und zwischen Post1 und Post2 mindestens 6 Monate lagen, waren einige Kinder in der Zwischenzeit in eine andere Klasse gekommen oder hatten sogar die Schule gewechselt. Deshalb wurden die Fragebögen eines Kindes nicht immer vom selben Lehrer beantwortet, was die Vergleichbarkeit der so gewonnenen Daten fraglich macht. Auch dieses Problem könnte durch größere Probandenzahlen gelöst werden, da solche unsystematischen Fehler in großen Stichproben ausgeglichen werden.

## **4.3.2 Tests**

### **4.3.2.1 Aufmerksamkeitstest**

In beiden Gruppen ging die Anzahl der unterdurchschnittlichen Testmaße im Gesamttest der TAP signifikant zwischen Screening und Post1 zurück, während die Anzahl der überdurchschnittlichen Testmaße signifikant zwischen diesen beiden Zeitpunkten zunahm. Die leichten Verbesserungen zwischen Post1 und Post2 erwiesen sich nicht als signifikant. Die zum Zeitpunkt Post1 aufgetretenen Verbesserungen im Aufmerksamkeitstest erwiesen sich also als stabil. Wolf-Günther (2004) führte eine Studie mit 76 Kindern im Alter von 9-12 Jahren zur Untersuchung der Retest-Reliabilität der TAP durch. Dabei stellte sie fest, dass die Schüler bei der zweiten Untersuchung, die mit einem mittleren Abstand von 211,63 Tagen zur ersten stattfand, in fast allen Untertests schneller reagierten. Sie führt dies auf altersbedingte Entwicklungsfortschritte zurück. Da in der vorliegenden Arbeit zur Beurteilung der Therapieeffekte altersnormierte Prozentränge verwendet wurden, sind die Effekte als wirkliche Aufmerksamkeitsverbesserungen anzusehen. Dafür spricht auch die Tatsache, dass sich die Ergebnisse der Post1- und der Post2-Untersuchung nicht

signifikant voneinander unterscheiden. Dies wäre aber zu erwarten, falls die Verbesserungen zwischen Screening und Post1 nur auf Übungseffekten beruhen würden.

Auch in früheren Studien konnte gezeigt werden, dass durch Neurofeedbacktraining deutliche Konzentrationsverbesserungen erzielt werden können (Fuchs et al., 2003; Lubar et al., 1995; Rossiter & La Vaque, 1995; Kaiser & Othmer, 2000), und dass diese auch stabil sind (Othmer et al., 1991; Monastra et al., 2002). Die Studie von Othmer et al. (1991) verwendete jedoch keinen objektiven Test zur Beurteilung der Stabilität der Konzentrationsverbesserung, sondern subjektive Einschätzungen der Eltern. Monastra et al. (2002) konnten zeigen, dass Kinder die zusätzlich zu einer Behandlung mit Ritalin an einem Neurofeedbacktraining teilnahmen, nach einer einwöchigen „Auswaschphase“ des Ritalins signifikant besser im Konzentrationstest (TOVA) abschnitten, als Kinder, die nur mit Ritalin behandelt wurden.

Erstmals wurde also gezeigt, dass durch eine Neurofeedbackbehandlung Konzentrationsverbesserungen erzielt werden können, die über einen Zeitraum von 6 Monaten stabil sind.

#### **4.3.2.2 Intelligenztest**

In beiden Gruppen ist sowohl der mittels HAWIK-III (Tewes et al., 1999) ermittelte IQ für den Gesamttest, als auch der Handlungs-IQ zwischen Screening und Post2 signifikant angestiegen. Fuchs et al. (2003) und Linden et al. (1996) kamen in ihren Studien zu vergleichbaren Ergebnissen. Um Retesteffekte zu vermeiden wurde in der vorliegenden Studie zum Zeitpunkt Post1 anstelle des HAWIK-III (Tewes et al., 1999) der AID-2 verwendet. Da die beiden Tests jedoch auf unterschiedlichen Intelligenzmodellen basieren und es somit fraglich ist, ob die Ergebnisse der beiden Tests miteinander vergleichbar sind, wurden die mittels AID-2 erhobenen Daten in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Da Retesteffekte für den HAWIK-III (Tewes et al., 1999) nur für ein Intervall für weniger als 6 Monate angegeben werden (Leins, 2004), der Zeitraum zwischen Screening und Post2 jedoch mindestens 9 Monate betrug,

ist mit einer Beeinflussung der oben erwähnten IQ-Verbesserungen durch Übungseffekte eher nicht zu rechnen.

Nach Fisher & Beckley (1999) und Barkley (1998) können Aufmerksamkeitsdefizite und Impulsivität indirekt das Testergebnis beeinflussen, da betroffene Testpersonen die Fragestellung des Testleiters unaufmerksam verfolgen oder aufgrund vorschneller Antworten vermehrt Fehler machen. Kinder mit ADHS erreichen deshalb häufig Testergebnisse, die unter ihren intellektuellen Fähigkeiten liegen. Auch Gordon et al. (1990) fanden einen Zusammenhang zwischen Intelligenz- und Aufmerksamkeitsleistung. Die festgestellte Verbesserung des Gesamt- und Handlungs-IQs kann folglich als Verbesserung der Aufmerksamkeitsleistung gewertet werden. Fuchs (2003) postuliert, dass eine Verbesserung des Verbal-IQs erst nach längerer Zeit zu erwarten ist, da sich eine verbesserte Aufmerksamkeit erst verzögert in besserem Lernen und Wissen abbilde.

Die Tatsache, dass beide Gruppen vor der Neurofeedbackbehandlung im Verbalteil des HAWIK durchschnittliche, im Handlungs-Teil hingegen unterdurchschnittliche Werte erreichten, lässt vermuten, dass die Sensitivität des Handlungsteils für ADHD-typische Symptome größer ist. Dies wäre eine weitere Erklärungsmöglichkeit dafür, dass es sowohl in der vorliegenden Arbeit, als auch bei Fuchs (2003), nicht zu einer Verbesserung des Verbal-IQ kam.

## **4.4 Fazit**

In dieser Pilotstudie konnte erstmals gezeigt werden, dass Kinder mit ADHS eine über Monate stabile Selbstkontrolle der LP und des Theta/Beta-Quotienten erlernen können. Dies geht mit stabilen Verbesserungen des Verhaltens und kognitiver Parameter einher. In beiden Gruppen erwiesen sich alle zum Zeitpunkt Post1 aufgetretenen Verbesserungen, ausgenommen der Anzahl an erfüllten DSM-IV-Kriterien für Unaufmerksamkeit in der LP-Gruppe, in der Follow-up-Untersuchung 6 Monate später als stabil. Die unterschiedliche Beurteilung der Verhaltensveränderungen durch Eltern und Lehrer könnte vermuten lassen, dass die Eltern die Therapieeffekte überbewerteten. Biederman et al. (2004) untersuchten anhand von 3 großen Studien, in denen

insgesamt 1445 Kinder mit ADHS behandelt worden waren, ob von Lehrern und Eltern abgegebene Beurteilungen bezüglich Veränderungen des Verhaltens miteinander vergleichbar sind. Dabei kamen sie zu dem Schluss, dass Eltern- und Lehrerurteile vergleichbar sind. Auch Faraone et al. (2002) kamen zu einem ähnlichen Urteil. Ihre Metaanalyse ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen Lehrer- und Elternurteil. Sie halten die Beurteilung durch die Eltern für informativ, reliabel und valide.

In dieser Studie konnte erstmals gezeigt werden, dass neben der Schwere der Probleme auch die Häufigkeit der Probleme abnimmt. Stabile Verbesserungen der ADHS-Symptomatik durch Neurofeedback wurden auch schon in anderen Studien gefunden. Diese waren jedoch weniger systematisch, verwendeten weniger objektive Messinstrumente (Othmer et al., 1991) oder untersuchten die Stabilität nur über einen kurzen Zeitraum (Monastra et al., 2002).

Im Gegensatz zu der Behandlung mit Stimulanzen oder Verhaltenstherapie führt eine Neurofeedbacktherapie also zu Verbesserungen der ADHS-Symptomatik, die über einen längeren Zeitraum stabil sind.

Da sich sowohl die erlernte kortikale Selbstregulation, als auch die klinischen Veränderungen in beiden Gruppen als stabil erwiesen, liegt der Schluss nahe, dass man in Zukunft aus Zeit- und Kostengründen auf eine Follow-up-Untersuchung verzichten könnte. Allerdings bestünde dann seitens der Kinder die Gefahr einer geringeren Motivation, die erworbenen Strategien nach Trainingsende zu Hause weiterhin zu üben. Vermutlich kommt die Fähigkeit, Einfluss auf die Gehirnaktivität zu nehmen und diese flexibel entsprechend der jeweiligen Anforderungen zu regulieren, jedoch nach einer gewissen Zeit auch ohne explizites Üben bereits automatisiert zur Anwendung. Interessant wäre auch, ob die erzielten Erfolge auch länger als 6 Monate nach Therapieende noch stabil sind.

An dieser Stelle soll noch einmal betont werden, dass es sich bei der vorliegenden Studie um eine Pilotstudie handelt. Erstmals wurden Kinder mit ADHS mit einem Neurofeedbacktraining der LP behandelt. Auch die Stabilität der kortikalen Selbstregulation wurde erstmals untersucht. Es ließ sich deshalb nicht vermeiden, dass einige methodische Probleme auftraten, die in Zukunft



vermieden werden sollten. So war trotz der großen Anzahl behandelter Kinder die Zahl derjenigen, die in die Auswertung eingingen, gering. Dies lag zum einen daran, dass einige Kinder die Therapie abgebrochen oder zwischen den Messzeitpunkten mit einer zusätzlichen Therapie begonnen hatten. Zusätzlich war es notwendig, die Kinder durch Paarbildung auf die Gruppen zu verteilen, um die beiden Neurofeedbackverfahren bezüglich ihrer Effektivität und der Stabilität der klinischen Verbesserungen zu vergleichen. Hiermit sollte ein grundlegendes Problem der Neurofeedbackforschung, nämlich die Realisierung von Kontrollbedingungen, gelöst werden. Um dies zu erreichen, ist es notwendig, dass die Kontrollgruppe ein identisches Programm durchläuft wie die Experimentalgruppe, jedoch nicht denselben Parameter rückgemeldet bekommt. Aufgrund des großen Aufwands, der mit dem Training verbunden ist, bestanden ethische Bedenken, der Kontrollgruppe einen von vornherein als wirkungslos bekannten Parameter rückzumelden. Deshalb sollten in der vorliegenden Studie zwei Experimentalgruppen miteinander verglichen werden, die beide einen potenziell wirksamen Parameter rückgemeldet bekamen. Da in beiden Gruppen Verbesserungen festgestellt wurden, lässt sich die Frage nach der Spezifität des Neurofeedbacktrainings so nicht beantworten. Allerdings fand Goth (2005) heraus, dass eine gute Leistung der Kinder der LP-Gruppe im 3. Trainingsblock in den Aktivierungsaufgaben mit Transferbedingung prädiktiv für eine, anhand des DSM-Fragebogens für die Eltern (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke) ermittelte, klinische Verbesserung ist. Dies weist auf einen spezifischen Effekt des Neurofeedbacktrainings hin.

Ein weiteres Problem ergab sich durch die große Anzahl an durchgeführten Tests. Hierdurch ist der Fehler erster Art, also die Wahrscheinlichkeit, dass eine Veränderung fälschlicherweise als signifikant eingestuft wird, größer als 5%. Es wurde jedoch bewusst auf das Verfahren von Bonferoni verzichtet, da das Ziel dieser Arbeit darin lag, die erzielten Veränderungen auf Stabilität zu untersuchen. Die Veränderungen wurden dann als stabil bewertet, wenn sich zwischen Post-1 und Post-2 keine signifikante Verschlechterung der zuvor erzielten Effekte ergab. Von Bedeutung ist hier also weniger der Fehler 1. Art,

sondern vielmehr der Fehler 2. Art, also die Wahrscheinlichkeit, signifikante Veränderungen nicht als signifikant zu erkennen.

Interessant für künftige Studien wäre die Frage, ob eine zusätzliche Stimulanzienbehandlung Einfluss auf die Effektivität und die Stabilität einer Neurofeedbacktherapie hat. Aufgrund einer geringen Zahl an medikamentös behandelten Probanden, konnte diese Frage nicht geklärt werden. Es ließ sich jedoch eine Tendenz zu einer stabileren kortikalen Selbstregulation der LP(med)-Gruppe erkennen. Allerdings sei darauf hingewiesen, dass die LP(med)- und die LP(ohne)-Gruppe bezüglich des Geschlechts nicht vergleichbar waren. Goth (2005) fand heraus, dass männliche Probanden die kortikale Selbstregulation der LP besser erlernen. Es ist also fraglich, welche Ursache der tendenziell bessere Lernverlauf der LP(med)-Gruppe hat. Diese Gruppe, die besonders erfolgreich im Lernverlauf war, wurde von der Auswertung der Fragebogen- und Testdaten ausgeschlossen, so dass die Möglichkeit besteht, dass sich bei einer Untersuchung der Gesamtgruppe die Therapie als noch effektiver erwiesen hätte. Es erscheint also für zukünftige Studien äußerst interessant, die Kombination von Stimulanzien- und Neurofeedbacktherapie mit der alleinigen Neurofeedbacktherapie sowohl in Bezug auf die Effektivität, als auch auf die Stabilität der Veränderungen des Verhaltens und kognitiver Parameter zu vergleichen.

## 5 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war die Überprüfung der Stabilität von Effekten eines Neurofeedback-Trainings als neuer Therapieoption in der Behandlung von ADHS. Hierzu wurden zwei verschiedene Neurofeedbackverfahren untersucht. Den Kindern der einen Gruppe wurde der Quotient der Frequenzbänder Theta und Beta (QT), den Kindern der anderen Gruppe die langsamen kortikalen Potenziale (LP) rückgemeldet. Beide Verfahren beruhen auf der Annahme, dass bei Patienten mit ADHS die zentralnervöse Aktivierungsregulation beeinträchtigt ist.

Insgesamt nahmen 46 Kinder mit der Diagnose ADHS im Alter von 7 bis 13 Jahren an der Studie teil. Das Training bestand aus drei Trainingsphasen mit jeweils zehn Trainingssitzungen und einer Follow-up-Untersuchung 6 Monate nach Trainingsende mit 3 Sitzungen. Unmittelbar vor Beginn und nach Beendigung des gesamten Trainings, sowie bei der Follow-up-Untersuchung wurden ein Intelligenztest und ein Aufmerksamkeitstest durchgeführt, sowie mit Fragebögen die ADHS-Symptomatik erfasst. In die Auswertung der EEG-Daten gingen die Kinder mit ein, die bis zum Ende der Follow-up-Untersuchung an der Studie teilgenommen hatten und zwischenzeitlich mit keiner anderen Therapie begonnen hatten. Dies waren 18 Kinder der LP-Gruppe und 14 Kinder der QT-Gruppe.

Um die beiden Gruppen bezüglich der Stabilität der klinischen Veränderungen zu vergleichen, gingen in diese Auswertung nur die Daten derjenigen Kinder ein, die einen bezüglich Alter, Geschlecht, Diagnose, Medikation und IQ vergleichbaren „Partner“ in der anderen Gruppe und an der ersten Nachuntersuchung nach Ende des Trainings teilgenommen hatten. Dies waren jeweils 13 Kinder.

Die Auswertung der EEG-Daten ergab folgendes Bild: Beide Gruppen konnten am Ende des Trainings signifikant besser zwischen den Aktivierungs- und Deaktivierungsaufgaben unterscheiden als zu Beginn. Diese Fähigkeit zur kortikalen Selbstregulation der LP, bzw. des Theta/Beta-Quotienten erwies sich in der Follow-up-Untersuchung als stabil, wobei eine zusätzliche Behandlung

mit Stimulanzen keinen signifikanten Einfluss auf die Stabilität hatte. Allerdings schnitten Kinder, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden, tendenziell besser ab. Da die Zahl dieser Kinder gering war, scheint es interessant, den Einfluss einer zusätzlichen Behandlung mit Stimulanzen an größeren Stichproben zu untersuchen.

Am Ende des Trainings ergaben sich im Elternurteil für beide Gruppen signifikante Verbesserungen sowohl bezüglich der Schwere, als auch bezüglich der Häufigkeit, unaufmerksamen und hyperaktiv-impulsiven Verhaltens zu Hause. Auch die zusammenfassende Betrachtung aller Einzelergebnisse des Aufmerksamkeitstests ergab eine signifikante Verbesserung gegenüber dem vor der Therapie durchgeführten Test. Bei der Follow-up-Untersuchung erwiesen sich alle Veränderungen als stabil. Eine Ausnahme bildete lediglich die Veränderung der Anzahl an erfüllten DSM-IV-Kriterien für Unaufmerksamkeit in der LP-Gruppe. Zusätzlich war in beiden Gruppen der IQ bei der Follow-up-Untersuchung signifikant größer als vor der Therapie. Erstmals konnte also gezeigt werden, dass Kinder mit ADHS eine über Monate stabile Selbstkontrolle der LP und des Theta/Beta-Quotienten erlernen können. Dies ging mit stabilen Verbesserungen des Verhaltens und kognitiver Parameter einher, was die Ergebnisse anderer Studien (Othmer et al. (1991), Monastra (2002)) bestätigt. Durch eine willentliche Beeinflussung der langsamen kortikalen Potenziale, bzw. des Theta/Beta-Quotienten sind die Kinder also in der Lage, je nach Anforderung ihr Gehirn zu aktivieren oder zu deaktivieren. Vermutlich wird diese Fähigkeit wie motorische Fertigkeiten automatisiert, so dass sie auch ohne explizites Üben erhalten bleibt.

Da sich die beiden Experimentalgruppen bezüglich der Stabilität der klinischen Veränderungen nicht unterschieden, misslang der Versuch, durch den Vergleich der beiden Neurofeedbackformen eine Bedingung zur Kontrolle von Erwartungseffekten zu schaffen.

# Literaturverzeichnis

- Anders A, Bahn Müller H. Fragebogen für die Eltern Teil B. 2000.
- Anders A, Bahn Müller H. Fragebogen für Lehrer/innen. 2000.
- Anders A, Bahn Müller H. Fragebogen zur Entwicklung bei Schulkindern. 2000.
- Arnold DS, O'Leary SG, Wolff LS, Acker MM. The Parenting Scale: A measure of dysfunctional parenting in discipline situations. *Psychological Assessment* 5: 137-44, 1993.
- Barbarelli W, Katusic S, Colligan R, Weaver A, Pankratz V, Mrazek D, Jacobsen S. How common is attention-deficit/hyperactivity disorder ? Towards resolution of the controversy: results from a population-based study. *Acta Paediatrica* 445: 55-9, 2004.
- Barkley RA. The effects of methylphenidate on various types of activity level and attention in hyperkinetic children. *Journal of Abnormal Child Psychology* 5: 351-69, 1977.
- Barkley RA. The adolescent outcome of hyperactive children diagnosed by research criteria: An 8 Year prospective follow-up study. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 1990.
- Barkley RA. Attention-deficit hyperactivity disorder: a handbook for diagnosis and treatment. second Edition ed. New York: Guilford, 1998.
- Barkley RA. Attention Deficit Hyperactivity Disorder. 2 ed. New York, London: Guilford Press, p. 1-607, 1998.
- Barkley RA, Murphy KR. Attention-Deficit Hyperactivity Disorder A clinical Workbook. second ed. New York London: The Guilford Press, p. 1-133, 1998.
- Barry RJ, Clarke AR, Johnstone SJ. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clinical Neurophysiology* 114: 171-83, 2003.
- Barry RJ, Johnstone SJ, Clarke AR. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: II. Event-related potentials. *Clinical Neurophysiology* 114: 184-98, 2003.
- Biederman J, Faraone SV, Monuteaux MC, Grossbard JR. How informative are parent reports of attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms for assessing outcome in clinical trials of long-acting

treatments? A pooled analysis of parents' and teachers' reports. *Pediatrics* 113(6):1667-71, 2004.

Birbaumer N, Elbert T, Canavan AG, Rockstroh B. Slow potentials of the cerebral cortex and behavior. *Physiol Rev.* 70(1): 1-41, 1990

Birbaumer, N. and Schmidt, R.F., *Biologische Psychologie*. 5 ed. Heidelberg, Berlin, New York: Springer-Verlag; 2003.

Caspers H, Speckmann E-J, Lehmenkuehler A. Electrogenesis of slow potentials of the brain. In: Elbert T, Rockstroh B, Lutzenberger W, Birbaumer N, eds. *Self-Regulation of the Brain and Behavior*. Heidelberg: Springer, p. 25-41, 1984.

Chabot JR, Merkin H, Wood LM, Davenport TL, Serfontein G. Sensitivity and Specificity of QEEG in Children with Attention Deficit or Specific Developmental Learning Disorders. *Clinical Electroencephalography* 27: 26-34, 1996.

Chabot JR, Serfontein G. Quantitative Electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder. *Biological Psychiatry* 40, 951-963. 1996.

Conners CK. *Conner's Rating Scales - revised; technical manual*. North Tonawande, N.Y.: Multi-Health Systems, 1997.

Danzer, N., *Selbstregulation der langsamen kortikalen Potenziale bei Kindern mit und ohne ADHS (Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Störung)*. Eberhard Karls Universität-Tübingen/ medizinische Fakultät; 2005.

Döpfner M, Lehmkuhl G. Evidenzbasierte Therapie von Kindern und Jugendlichen mit Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS). *Prax Kinderpsychol Kinderpsychiat* 51: 419-40, 2002.

Elbert T, Rockstroh B. Threshold regulation - a key to the understanding of the combined dynamics of EEG and event related potentials. *Journal of Psychophysiology* 4. 1987.

Elbert T, Rockstroh B, Lutzenberger W, Birbaumer N. Biofeedback of slow cortical potentials. I. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology* 48: 293-301, 1980.

Eyberg SM, Pincus D. *Eyberg Child Behavior Inventory & Sutter-Eyberg Student behavior Inventory - Revised*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources, 1999.

Eyberg SM, Robinson EA. Conduct problem behavior: Standardization of a behavioral rating scale with adolescents. *Journal of clinical child psychology* 12: 347-54, 1983.

Fabiano GA, Pelham WE. Measuring Impairment in Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. Barkley, R. A. 2/Volume 10, 6-10. 2002. ADHD Report.

Faraone SV, Biederman J, Roe CM. Comparative efficacy of Adderall and methylphenidate in attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analysis. J Clin Psychopharmacol. 22, 468-473. 2002.

Fisher BC, Beckley RA. Attention deficit disorders. Practical coping methods. Boca Raton, London, New York, Washington D.C.: CRC Press, 1999.

Földényi M, Giovanoli A, Tagwerker-Neuenschwander F, Schallberger U, Steinhausen H-C. Reliabilität und Retest-Stabilität der Testleistung von 7-10jährigen Kindern in der computerunterstützten TAP. Zeitschrift für Neuropsychologie 11: 1-11, 2000.

Földényi M, Imhof K, Steinhausen H-C. Klinische Validität der computerunterstützten TAP bei Kindern mit Aufmerksamkeits-/Hyperaktivitätsstörungen. Zeitschrift für Neuropsychologie 11: 154-67, 2000.

Fuchs T, Birbaumer N, Lutzenberger W, Gruzelier JH, Kaiser J. Neurofeedback Treatment for Attention-Deficit /Hyperactivity Disorder in Children: A Comparison With Methylphenidate. Applied Psychophysiology and Biofeedback 28: 1-12, 2003.

Gillberg C, Melander H, Von Knorring AL, Janols LO, Thernlund G, Hagglof B. Long-term stimulant treatment of children with attention-deficit hyperactivity disorder symptoms. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Archives of General Psychiatry 54: 857-64, 1997.

Gittelman R, Mannuzza S, Shenker R, Bonagura N. Hyperactive boys almost grown up. I. Psychiatric status. Archives of General Psychiatry 42: 937-47, 1985.

Gordon M, Thomason D, Cooper S. To what extent does attention affect K-ABC scores? Psychology in the Schools 27: 144-7, 1990.

Goth G. Neurofeedbacktherapie bei Kindern mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung: Prädiktoren für den Erwerb kortikaler Selbstkontrolle und die klinische Verbesserung. Eberhard Karls Universität-Tübingen/ medizinische Fakultät; 2005.

Greenhill LL, Rieder RO, Wender PH, Buchsbaum M, Zhan TP. Lithium carbonate in the treatment of hyperactive children. Archives of General Psychiatry 28, 636-640. 1973.

Haist SA. Gedächtnis und Selbstregulation von langsamen Hirnpotenzialen (SCPs) bei jüngeren und älteren Probanden. 1999. Eberhard-Karls-Universität Tübingen; Medizinische Fakultät.

Hechtman L, Abikoff HB. Multimodal treatment plus stimulants vs. stimulant treatment in ADHD children: Results from a two year comparative treatment study. American Academy of Child and Adolescent Psychiatry 1995.

Hinterberger T. Entwicklung und Optimierung eines Gehirn-Computer-Interfaces mit langsamen Hirnpotentialen. 1-156. 1999. Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

Hinterberger T, Kaiser J, Kübler A, Neumann N, Birbaumer N. The Thought Translation Device and its Applications to the Completely Paralyzed. In: Diebner, Druckrey, Weibel, eds. Sciences of the Interfaces. Tübingen: Genista-Verlag, 2001.

Hjorth B. An on-line transformation of EEG scalp potentials into orthogonal source derivations. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 39: 526-30, 1975.

Holtmann M, Stadler C, Leins U, Strehl U, Birbaumer N, Poustka F. [Neurofeedback for the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) in childhood and adolescence]. [German]. Zeitschrift für Kinder-und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie 32(3):187-200, 2004.

Horn WF, Ialongo NS, Pascoe JM, Greenberg G, Packard T, Lopez M. Additive effects of psychostimulants, parent training, and self-control therapy with ADHD children. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry 30: 233-40, 1991.

Ialongo NS, Horn WF, Pascoe JM, Greenberg G, Packard T, Lopez M. The effects of a multimodal intervention with attention-deficit hyperactivity disorder children: A 9-month follow-up. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry 32: 182-9, 1993.

Ikeda A, Terada K, Mikuni N, Burgess RC, Comair Y, Taki W, Hamano T, Kimura J, Luders HO, Shibasaki H. Subdural recording of ictal DC shifts in neocortical seizures in humans. Epilepsia 37, 662-674. 1996.

Jasper HH. The ten-twenty electrode system of the international federation. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 10: 371-5, 1958.

Jensen P. Longer term effects of stimulant treatments for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. Journal of Attention Disorders 6: 45-56, 2002.



Kaiser DA, Othmer S. Effect of Neurofeedback on Variables of Attention in a Large Multi-Center Trial. *Journal of Neurotherapy* 4: 5-15, 2000.

Klein RG, Abikoff H. Behavior therapy and methylphenidate in the treatment of children with ADHD. *Journal of Attention Disorders* 2: 89-114, 1997.

Kotchoubey B, Blankenhorn V, Fröscher W, Strehl U, Birbaumer N. Stability of cortical self-regulation in epilepsy patients. *Neuroreport* 8: 1867-70, 1997.

Kotchoubey B, Strehl U, Uhlmann C, Holzapfel S, König M, Fröscher W, Blankenhorn V, Birbaumer N. Modification of Slow Cortical Potentials in Patients with Refractory Epilepsy. *Epilepsia* 2001.

Kubinger K, Wurst E. *Adaptives Intelligenz Diagnostikum Version 2.1 (AID 2)*. Göttingen: Beltz, 2000.

Kuhlmann M. Unaufmerksamkeit, Hyperaktivität und Impulsivität bei ADHD-Kindern mit und ohne Atopie. Ein Beitrag zur Subgruppendifferenzierung und Konstruktvalidität von ADHD. 1998. Universität Tübingen.

Lauth GW, Schlottke PF. *Training mit aufmerksamkeitsgestörten Kindern*. 5 ed. Weinheim, Basel, Berlin: Beltz PVU, 2002.

Lauth GW, Schlottke PF, Naumann K. *Rastlose Kinder, rastlose Eltern. Hilfen bei Überaktivität und Aufmerksamkeitsstörungen*. 6 ed. München: Deutscher Taschenbuchverlag, 2002.

Leins U. *Train your brain*  
Durchführung eines Neurofeedbacktrainings für Kinder mit einer Aufmerksamkeitsdefizit- und/oder Hyperaktivitäts-Impulsivitätsstörung (ADHS). 1-299. 2004. Fakultät für Informations- und Kognitionswissenschaften der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

Linden M, Habib T, Radojevic V. A controlled Study of the Effects of EEG Biofeedback on Cognition and Behavior of Children with Attention Deficit Disorder and Learning Disabilities. *Biofeedback and Self- Regulation* 21: 35-49, 1996.

Linden M, Habib T, Radojevic V. A controlled study of the effects of EEG Biofeedback on cognitive and behavior of children with attention deficit disorders and learning disabilities. *Biofeedback & Self Regulation*. 21, 35-50. 2002.

Linderkamp F. Katamnestic Untersuchung zum Training mit aufmerksamkeitsgestörten Kindern. *Verhaltenstherapie und Verhaltensmedizin* 23: 53-73, 2002.

- Lubar JF. Neurofeedback for the management of attention deficit hyperactivity disorders. In: Schwartz.M.S., ed. Biofeedback: A practioners guide. New York: Guilford Press, p. 493-522, 1995.
- Lubar JF, Shouse MN. EEG and Behavioral Changes in a Hyperkinetic Child Concurrent with Training of the Sensorimotor Rhythm (SMR). A Preliminary Report. Biofeedback and Self- Regulation 1: 293-306, 1976.
- Lubar JF, Shouse MN. Sensorimotor rhythm operant conditioning and methylphenidate in the treatment of hyperkinesis. Biofeedback & Self Regulation. 4. 1979.
- Lubar JF, Swartwood MO, Swartwood JN, O'Donnell D. Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD. Biofeedback & Self Regulation. 20, 83-93. 1995.
- Lubar JF, Swartwood MO, Swartwood JN, Timmermann DL. Quantitative EEG and auditory event-related potentials in the evaluation of Attention - Deficit Disorder:Effects of Methylphenidate and implications for neurofeedback training. Journal of psychoeducational assessment 143-60, 1995.
- Miller Y. Erziehung von Kindern im Kindergartenalter. Erziehungsverhalten und Kompetenzüberzeugungen von Eltern und der Zusammenhang zu kindlichen Verhaltensstörungen. 2000. TU Braunschweig.
- Monastra VJ, Monastra DM, George S. The Effects of Stimulant Therapy, EEG Biofeedback, and Parenting Style on the Primary Sмптоms of Attention-Deficit / Hyperactivity Disorder. Applied Psychophysiology and Biofeedback 27: 231-49, 2002.
- MTA Cooperative Group. A 14-month randomized clinical trial of treatment strategies for attention-deficit/hyperactivity disorder. Archives of General Psychiatry 56: 1073-86, 1999.
- Murphy KR, Gordon M. Assessment of Adults with ADHD. In: Barkley RA, ed. Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. New York, London: The Guilford Press, p. 345-369, 1998.
- Naumann K. Katamnestische Untersuchung eines kognitiv-behavioralen Therapieprogramms für aufmerksamkeitsgestörte/hyperaktive Kinder - Ein- bis Zwei-Jahres Follow-Up. 2000. Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
- NIMH. Multimodal Treatment Study of ADHD follow-up: changes in effectiveness and growth after the end of treatment. Pediatrics 113(4): 762-9, 2004

Oldfield RC. The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia* 9: 97-113, 1971.

Othmer S, Othmer SF, Clifford SM. EEG Biofeedback Training for Attention Deficit Disorder, Specific Learning Disabilities, and Associated Conduct Problems. *EEG Spectrum* (<http://www.eegspectrum.com/Applications/ADHD-ADD/>) 1991.

Pelham WE. The NIMH Treatment Study for Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: Just Say Yes to Drugs Alone? *Canadian Journal of Psychiatry* 44: 981-91, 1999.

Pelham WE, Fabiano GA. Behavior Modification. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America* 9: 671-88, 2000.

Pelham WE, Schnedler RW, Bender ME, et al. The combination of behavior therapy and methylphenidate in the treatment of hyperactivity: A therapy outcome study. In: Bloomingdale LM, ed. *Attention Deficit Disorders*. London: Pergamon, p. 29-48, 1988.

Ravens-Sieberer U. Der Kindl-R Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bei Kindern und Jugendlichen - Revidierte Form. In: Schuhmacher J, Klaiberg A, Brähler E, eds. *Diagnostische Verfahren zu Lebensqualität und Wohlbefinden*. Göttingen: Hogrefe, p. 184-188, 2003.

Rockstroh B, Elbert T, Lutzenberger W, Birbaumer N. Biofeedback: Evaluation and therapy in children with attentional dysfunctions. In: Rothenberger A, ed. *Brain and behavior in child psychiatry*. Tübingen: Springer Verlag, p. 345-357, 1990.

Rossiter TR, LaVaque TJ. A comparison of EEG biofeedback and psychostimulants in treating attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Neurotherapy* 1: 48-59, 1995.

Rumpf N. Neurofeedback bei Kindern mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung: Zusammenhang der langsamen kortikalen Potenziale mit dem EEG Frequenzspektrum. Eberhard Karls Universität-Tübingen/ medizinische Fakultät; 2005.

Saile H. Metaanalyse zur Effektivität psychologischer Behandlung hyperaktiver Kinder. *Zeitschrift für Klinische Psychologie* 25: 190-207, 1996.

Saß H, Wittchen HU, Zaudig M. *Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen, DSM-IV*. Göttingen: Hogrefe, 1996.

Satterfield JH, Satterfield BT, Schell AM. Therapeutic interventions to prevent delinquency in hyperactive boys. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 26, 56-64. 1987.

Schachar R, Tannock R, Logen G. Inhibitory control, impulsivness and attention deficit hyperactivity disorder. Clinical Psychology review 13: 721-39, 1993.

Schandry R. Lehrbuch der Psychophysiologie: körperliche Indikatoren psychischen Gschehens. 2 ed. Weinheim: Psychologie-Verl.-Union, 1988.

Schmidt RF, Unsicker K. Lehrbuch Vorklinik Teil C Anatomie, Biochemie & Physiologie der vegetativen Organsysteme. Köln: Deutscher Ärzte Verlag, 2003.

Shaffer D. ADHD in adults. The American Journal of Psychiatry 151: 633-8, 1994.

Siebert M. Die Bedeutung der Amygdala für Emotionsverarbeitung und Gedächtnis. Untersuchung an Urbach-Wietke-Patienten. Fakultät für Psychologie und Sportwissenschaft der Universität Bielefeld; 2002.

Speckmann E-J, Elger CE. Introduction to the neurophysiological basis of the EEG and DC potentials. In: Niedermeyer E, Lopes da Silva F, eds. Electroencephalography. Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1987.

Spencer T, Biederman J, Wilens T, Harding M, O'Donnel D, Griffin S. Pharmacotherapy of attention-deficit hyperactivity disorder across the life. Journal of the American Academy of Child and Adolescent 35: 409-32, 1996.

Tansey MA. Ten-Year Stability of EEG Biofeedback Results for a Hyperactive Boy Who Failed Fourth Grade Perceptually Impaired Class. Biofeedback and Self- Regulation 18: 33-44, 1993.

Tewes U, Rossmann P, Schallberger U. Hamburg Wechsler Intelligenztest für Kinder - Dritte Auflage (HAWIK III). Bern: Huber, 1999.

Thompson L, Thompson M. Neurofeedback combined with training in metacognitiv strategies: effectiveness in students with ADD. Applied Psychophysiology and Biofeedback 23: 243-63, 1998.

Wagner KD. Management of Treatment Refractory Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Children and Adolescents. Psychopharmacology-Bulletin 36: 130-42, 2002.

Weber C. Fakt oder Artefakt? Die Atmung als Artefaktquelle bei SCP-Biofeedback-Verfahren. Diplomarbeit am Institut für Psychologie der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. 2003.

Wender PH, Wolf LE, Wasserstein J. Adults with ADHD. Annals of the New York Academy of Science 1-16, 2001.

Wittchen HU. Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen DSM-III-R. Weinheim: Beltz, 1989.

Wolf-Günthner G. Retest-Reliabilität der Testleistungen von 9-12jährigen Kindern in der Testbatterie für Aufmerksamkeitsprüfung - TAP - Diplomarbeit am Institut für Psychologie der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. 2004.

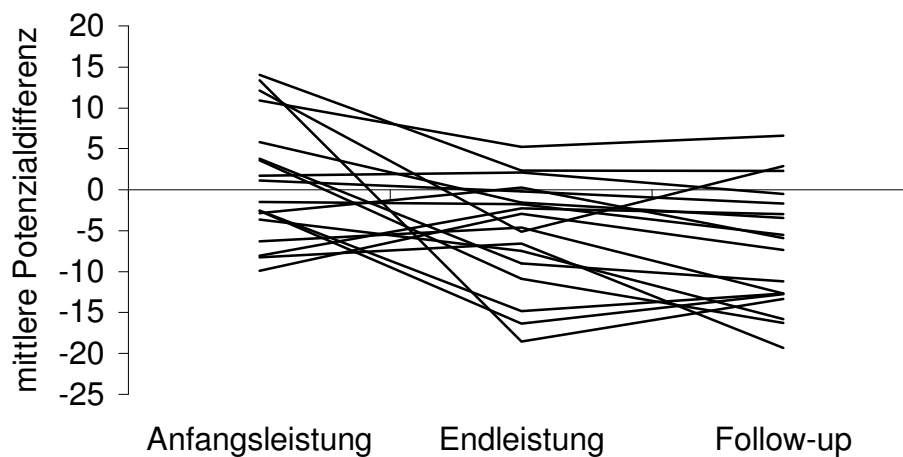
Zimmermann P, Fimm B. Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP), Version 1.7. Herzogenrath: PsyTest, p. 1-94, 2002.

Zschocke S. Klinische Elektroenzephalographie. 2 ed. Berlin: Springer, p. 1-753, 2002.

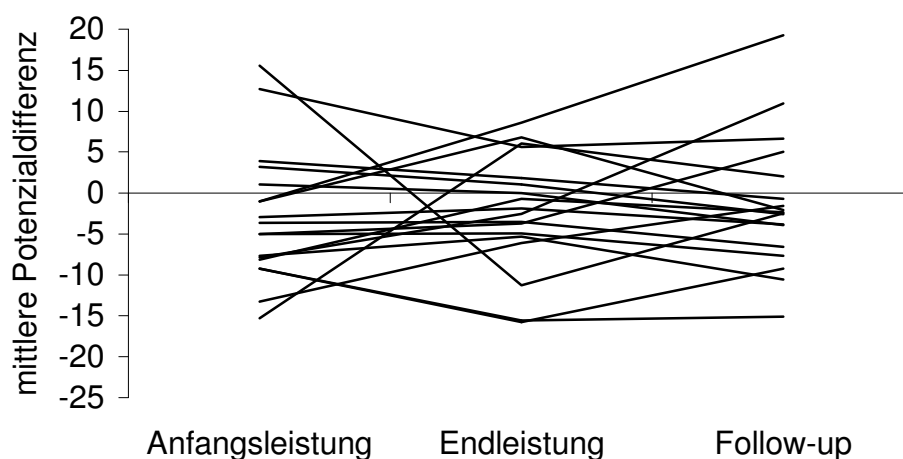
## Anhang

### Anhang 1: Ladder-Plots zur Beurteilung der Stabilität der kortikalen Selbstregulation der LP-Gruppe

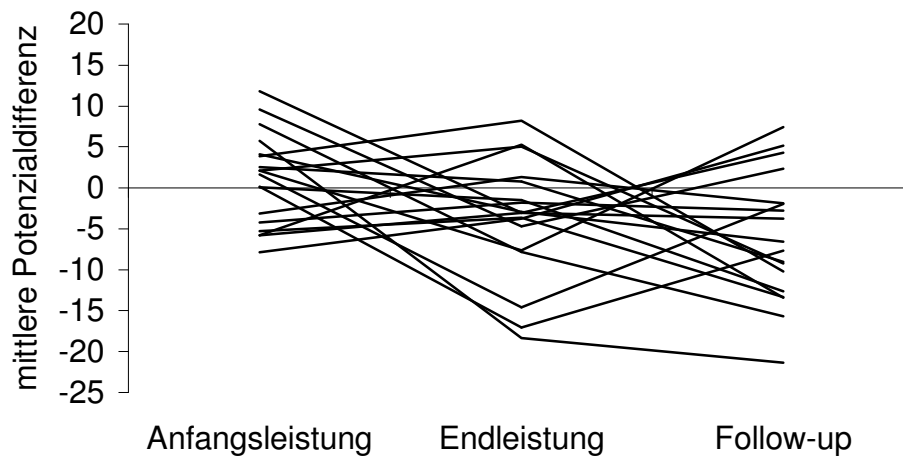
**Abbildung 36:** Verlauf der Leistung der Kinder der gesamten LP-Gruppe bei den Aktivierungsaufgaben mit Feedback



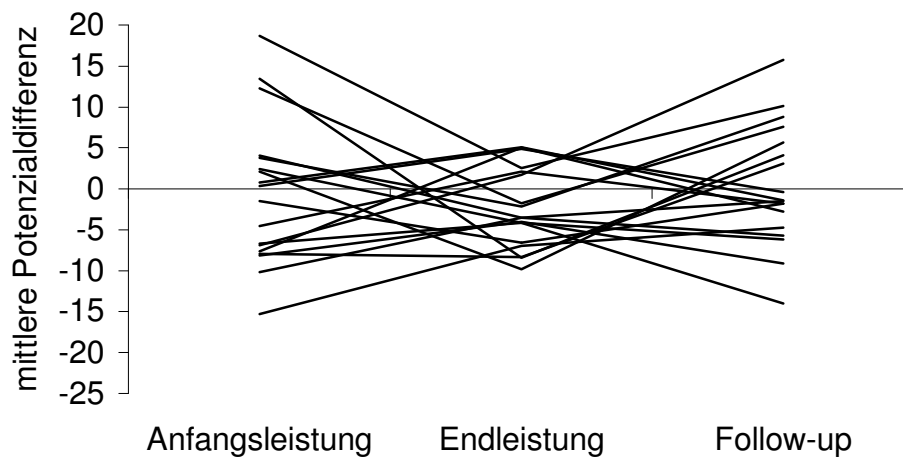
**Abbildung 37:** Verlauf der Leistung der Kinder der gesamten LP-Gruppe bei den Deaktivierungsaufgaben mit Feedback



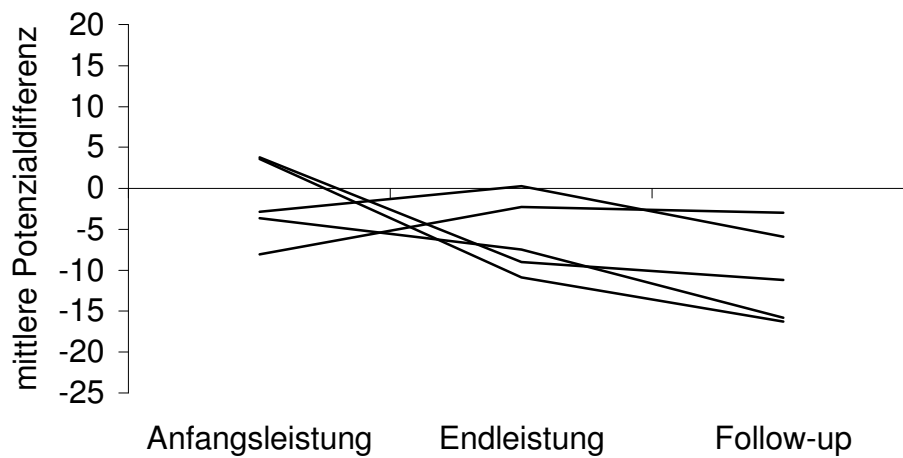
**Abbildung 38:** Verlauf der Leistung der Kinder der gesamten LP-Gruppe bei den Aktivierungsaufgaben ohne Feedback



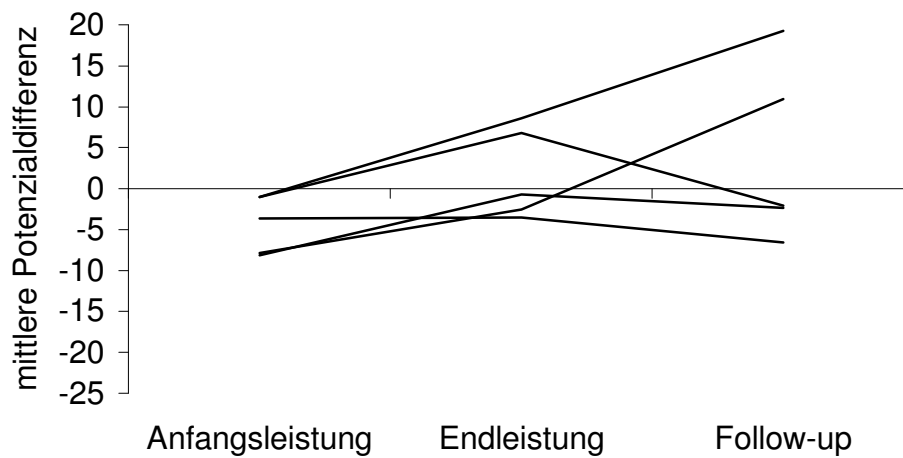
**Abbildung 39:** Verlauf der Leistung der Kinder der gesamten LP-Gruppe bei den Deaktivierungsaufgaben ohne Feedback



**Abbildung 40:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden, bei den Aktivierungsaufgaben mit Feedback

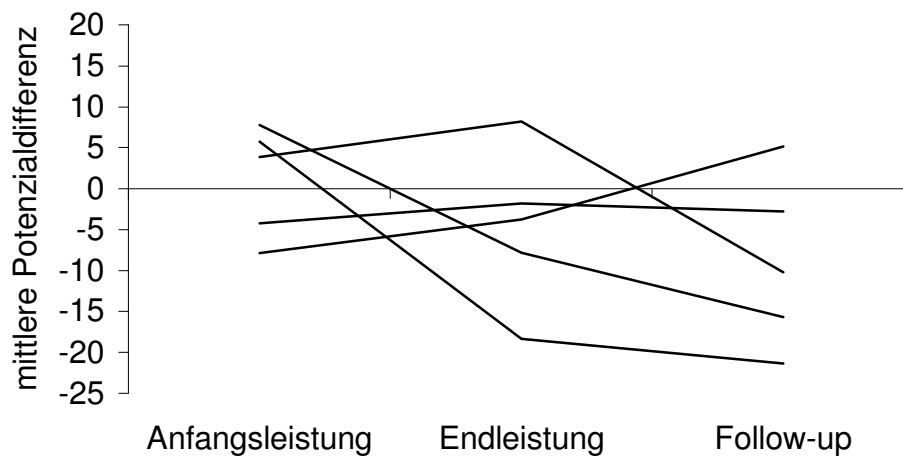


**Abbildung 41:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden, bei den Deaktivierungsaufgaben mit Feedback

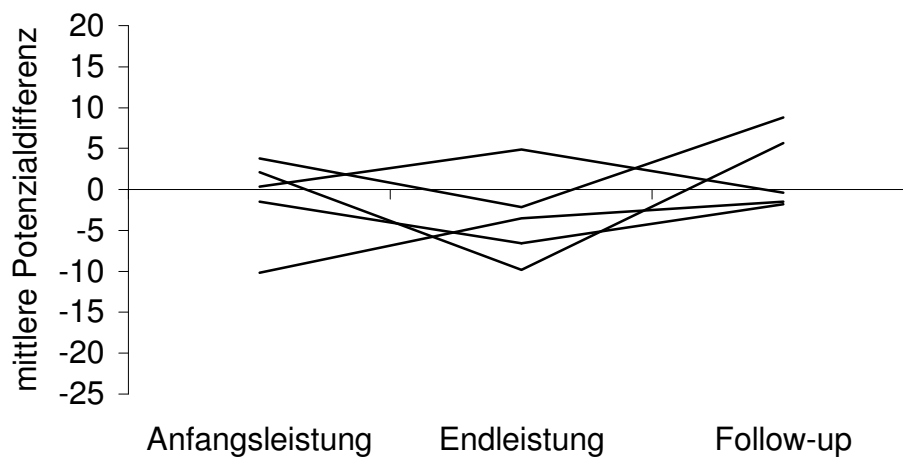




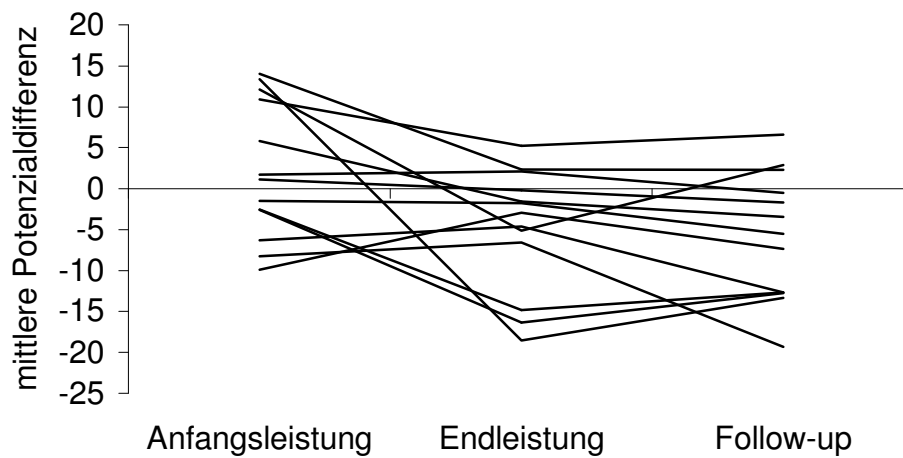
**Abbildung 42:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden, bei den Aktivierungsaufgaben ohne Feedback



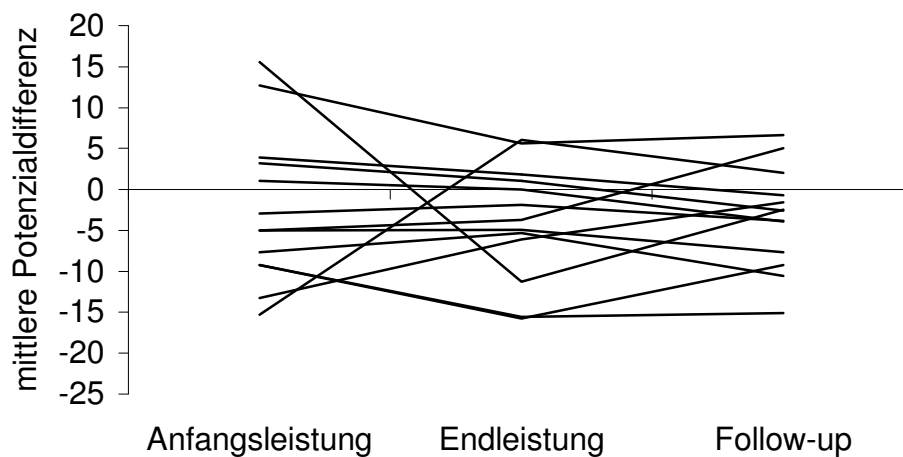
**Abbildung 43:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die zusätzlich mit Stimulanzen behandelt wurden, bei den Deaktivierungsaufgaben ohne Feedback



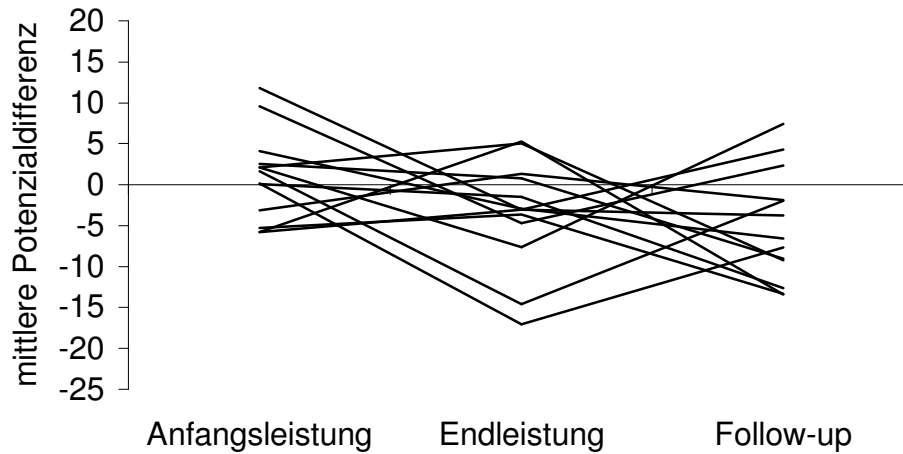
**Abbildung 44:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die keine zusätzliche Stimulanzenbehandlung erhielten, bei den Aktivierungsaufgaben mit Feedback



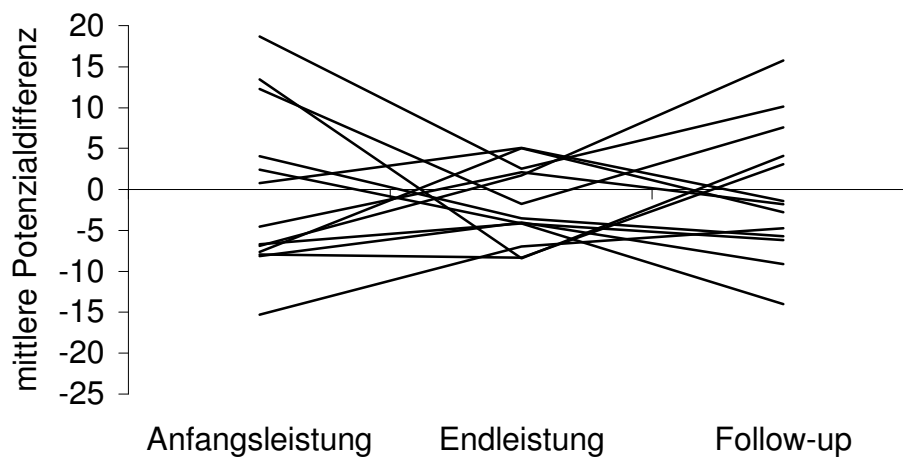
**Abbildung 45:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die keine zusätzliche Stimulanzenbehandlung erhielten, bei den Deaktivierungsaufgaben mit Feedback



**Abbildung 46:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die keine zusätzliche Stimulanzenbehandlung erhielten, bei den Aktivierungsaufgaben ohne Feedback



**Abbildung 47:** Verlauf der Leistung der Kinder der LP-Gruppe, die keine zusätzliche Stimulanzenbehandlung erhielten, bei den Deaktivierungsaufgaben ohne Feedback



## Anhang 2: deskriptive Statistik der EEG-Leistung der LP-Gruppe

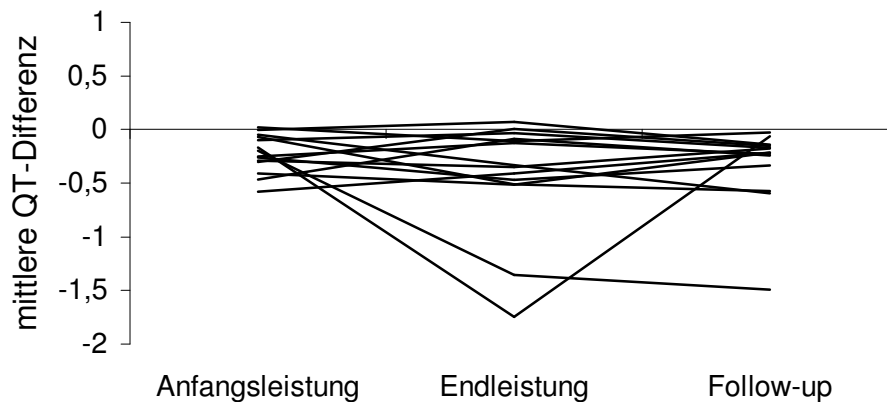
**Tabelle 20:** Mittelwerte und Standardabweichungen der Leistungen der LP-Gruppe im Neurofeedback getrennt für die verschiedenen Aufgaben und Bedingungen

Gruppe	Bedingung	Messzeitpunkt	Aufgabe	Mittelwert	Standardabweichung
LP(gesamt)	Feedback	Screening	Aktivierung	-1,15	7,62
			Deaktivierung	-2,93	8,1
		Post1	Aktivierung	-5,53	6,7
			Deaktivierung	-2,3	7,04
		Post2	Aktivierung	-7,22	7,44
			Deaktivierung	-1,37	8,09
	Transfer	Screening	Aktivierung	1,08	5,62
			Deaktivierung	-0,6	8,92
		Post1	Aktivierung	-3,84	7,26
			Deaktivierung	-2,34	4,86
		Post2	Aktivierung	-6,14	7,87
			Deaktivierung	0,31	7,41
LP(med)	Feedback	Screening	Aktivierung	-1,44	5,06
			Deaktivierung	-4,34	3,53
		Post1	Aktivierung	-5,87	4,7
			Deaktivierung	1,72	5,59
		Post2	Aktivierung	-10,45	5,9
			Deaktivierung	3,85	10,83
	Transfer	Screening	Aktivierung	1,05	6,75

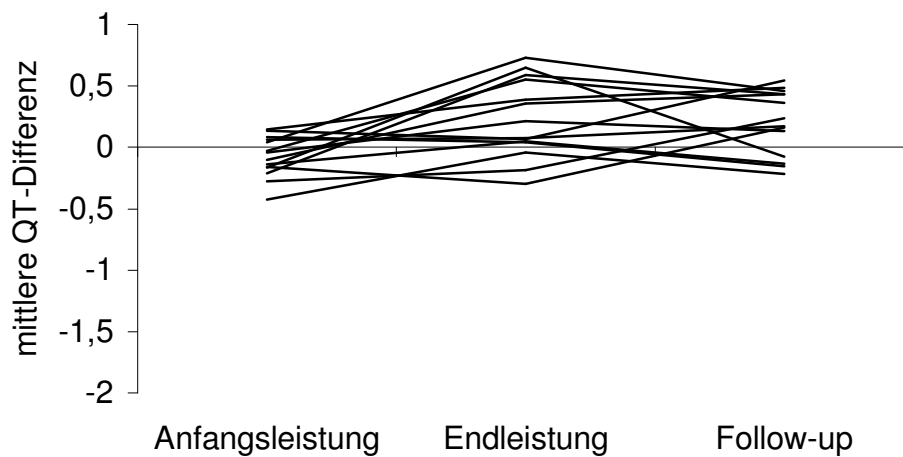
LP(ohne)			Deaktivierung	-1,09	5,42
			Aktivierung	-4,7	9,63
		Post1	Deaktivierung	-3,43	5,51
		Post2	Aktivierung	-8,99	10,47
			Deaktivierung	2,16	4,78
	Feedback	Screening	Aktivierung	2,14	8,36
			Deaktivierung	-2,39	9,37
		Post1	Aktivierung	-4,84	7,47
			Deaktivierung	-3,85	7,11
		Post2	Aktivierung	-5,97	7,8
			Deaktivierung	-3,37	6,16
	Transfer	Screening	Aktivierung	1,08	5,44
			Deaktivierung	-0,41	10,14
		Post1	Aktivierung	-3,51	6,58
			Deaktivierung	-1,92	4,76
		Post2	Aktivierung	-5,04	6,82
			Deaktivierung	-0,4	8,26

### Anhang 3: Ladder-Plots zur Beurteilung der Stabilität der kortikalen Selbstregulation der QT-Gruppe

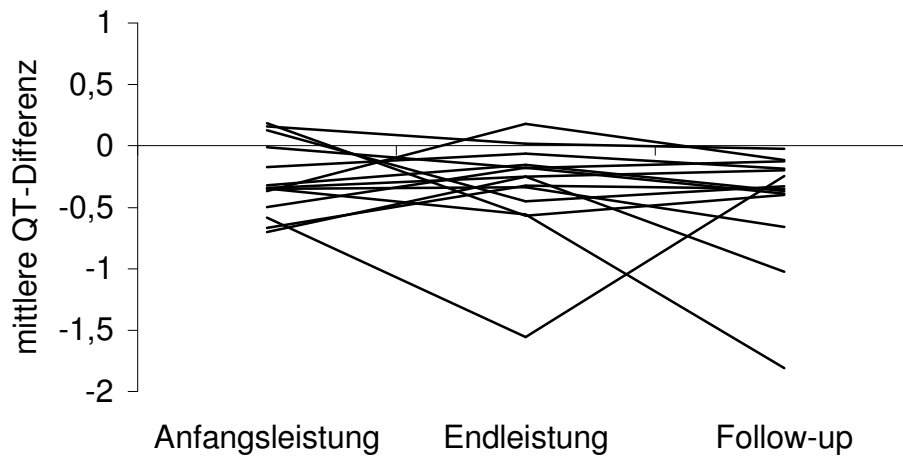
**Abbildung 48:** Verlauf der Leistung der Kinder der QT-Gruppe in den Aktivierungsaufgaben mit Feedback



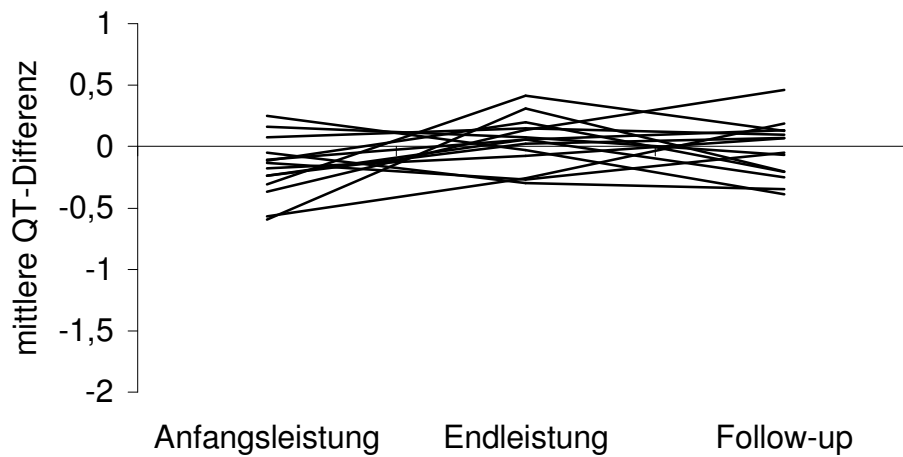
**Abbildung 49:** Verlauf der Leistung der Kinder der QT-Gruppe in den Deaktivierungsaufgaben mit Feedback



**Abbildung 50:** Verlauf der Leistung der Kinder der QT-Gruppe in den Aktivierungsaufgaben ohne Feedback



**Abbildung 51:** Verlauf der Leistung der Kinder der QT-Gruppe in den Deaktivierungsaufgaben ohne Feedback



## Anhang 4: deskriptive Statistik der EEG-Leistung der QT-Gruppe

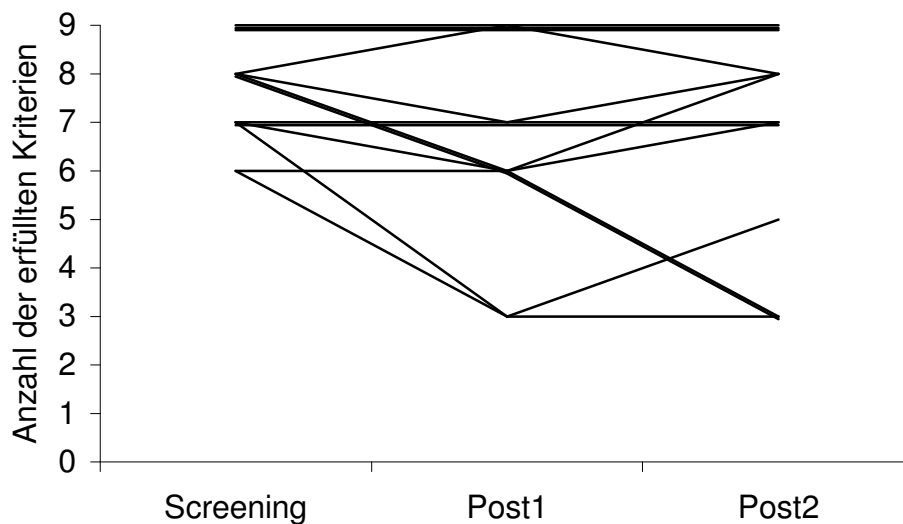
**Tabelle 21:** Mittelwerte und Standardabweichungen der Leistungen der QT-Gruppe im Neurofeedback getrennt für die verschiedenen Aufgaben und Bedingungen

QT-Gruppe	Bedingung	Messzeitpunkt	Aufgabe	Mittelwert	Standardabweichung
	Feedback	Screening	Aktivierung	-0,22	0,18
			Deaktivierung	-0,08	0,16
		Post1	Aktivierung	-0,43	0,52
			Deaktivierung	0,23	0,32
		Post2	Aktivierung	-0,33	0,37
			Deaktivierung	0,2	0,26
	Transfer	Screening	Aktivierung	-0,28	0,3
			Deaktivierung	-0,17	0,24
		Post1	Aktivierung	-0,33	0,41
			Deaktivierung	0,04	0,21
		Post2	Aktivierung	-0,44	0,47
			Deaktivierung	-0,03	0,23

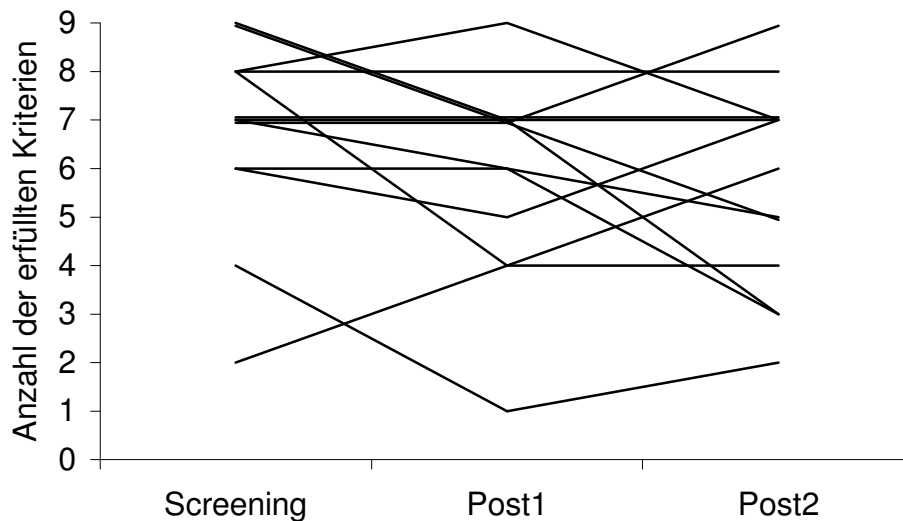


## Anhang 5: Ladder-Plots zur Beurteilung des klinischen Verlaufs der LP-Gruppe

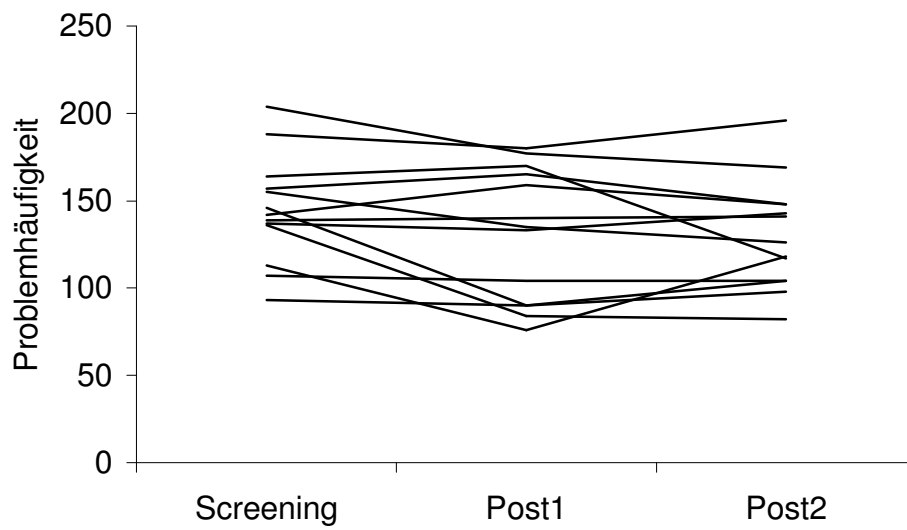
**Abbildung 52:** Verlauf der Anzahl, der gemäß DSM-IV erfüllten Kriterien für Unaufmerksamkeit, für die Kinder der LP-Gruppe



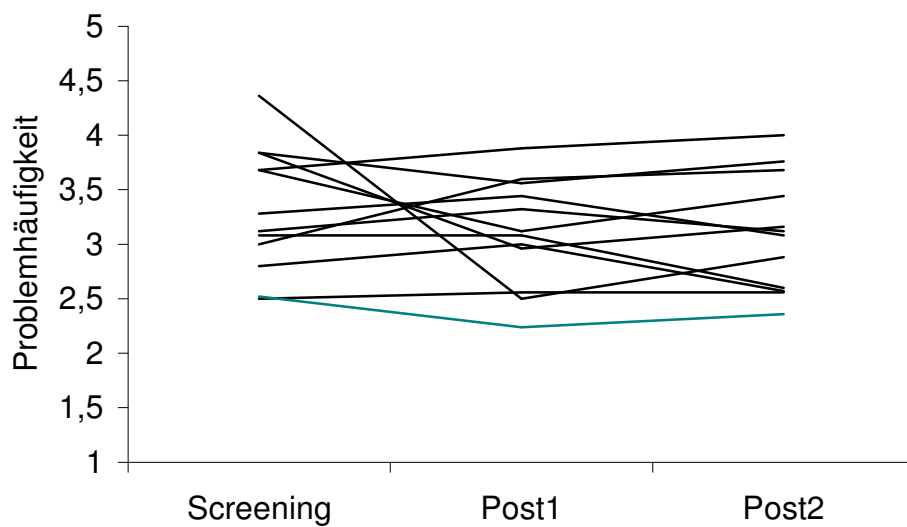
**Abbildung 53:** Verlauf der Anzahl, der gemäß DSM-IV erfüllten Kriterien für Hyperaktivität/Impulsivität, für die Kinder der LP-Gruppe



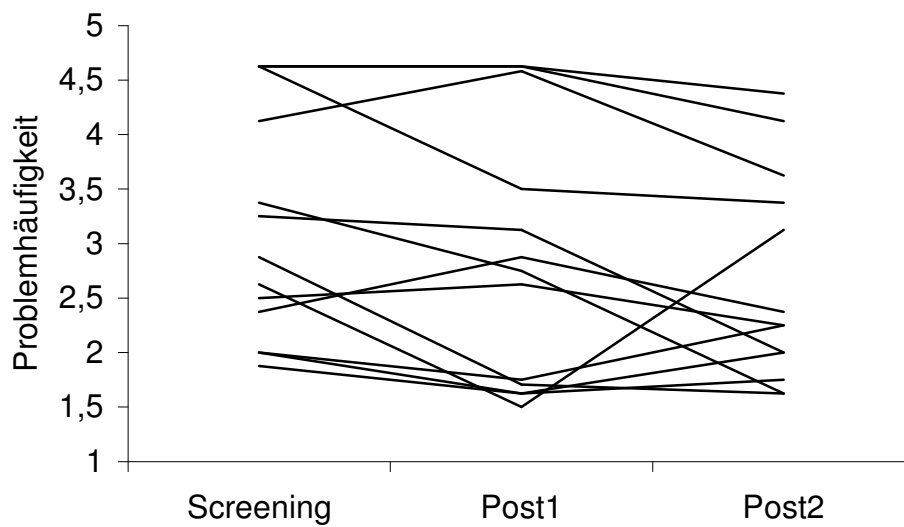
**Abbildung 54:** Verlauf der Häufigkeit der problematischen Verhaltensweisen der Kinder der LP-Gruppe zu Hause



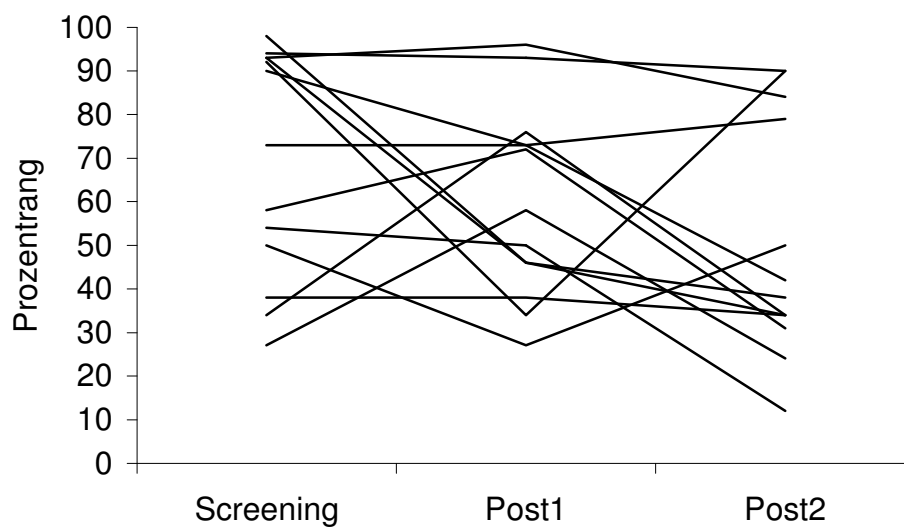
**Abbildung 55:** Verlauf der Häufigkeit unaufmerksamen Verhaltens der Kinder der LP-Gruppe in der Schule (Lehrerbeurteilung)



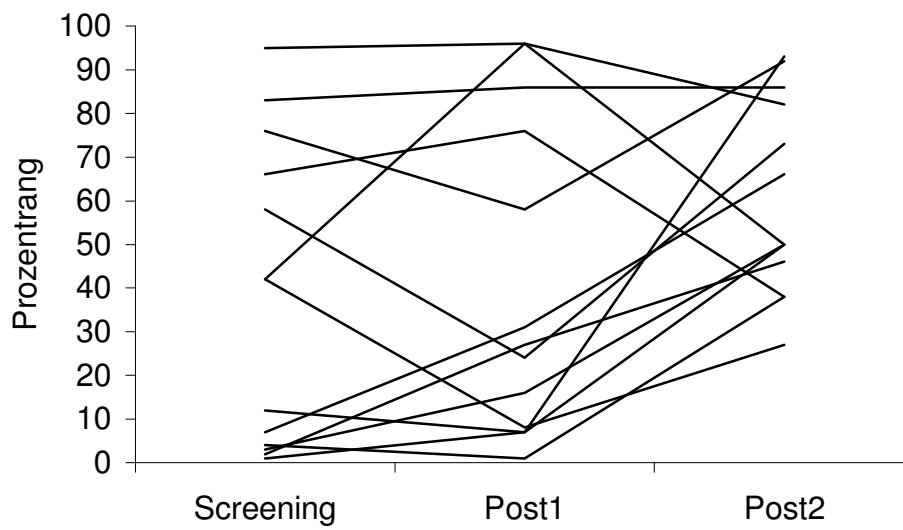
**Abbildung 56:** Verlauf der Häufigkeit hyperaktiven/impulsiven Verhaltens der Kinder der LP-Gruppe in der Schule (Lehrerbeurteilung)



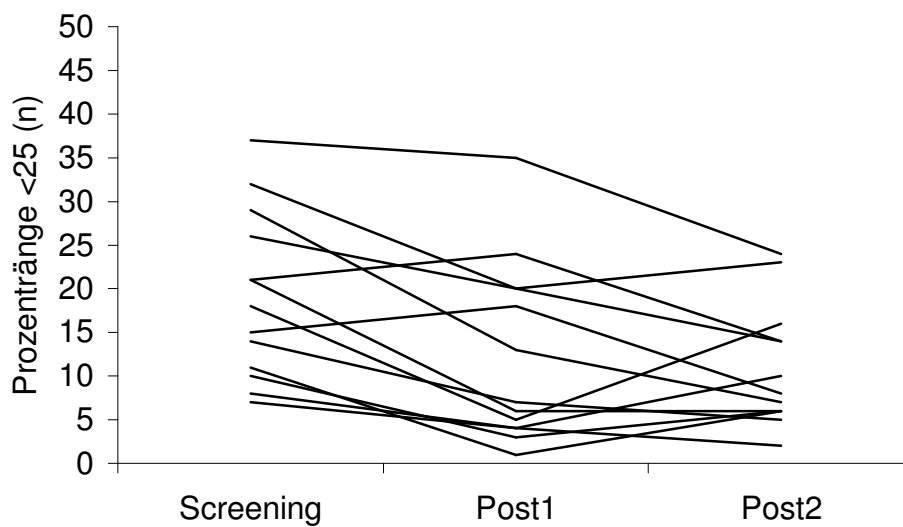
**Abbildung 57:** Von den Kindern der LP-Gruppe im Untertest Go/NoGo der TAP erzielte Prozenträge des Medians der Reaktionsgeschwindigkeit



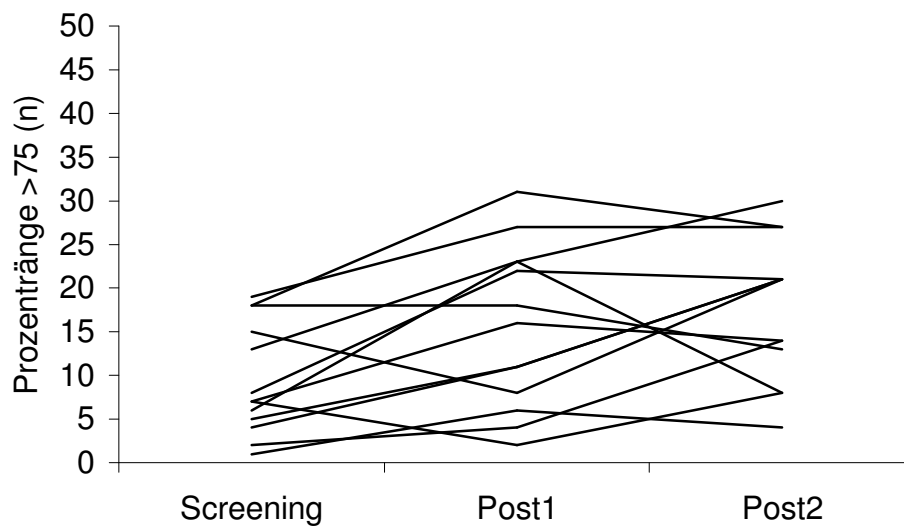
**Abbildung 58:** Von den Kindern der LP-Gruppe im Untertest Go/NoGo der TAP erzielte Prozentränge der Standardabweichung der Reaktionsgeschwindigkeit



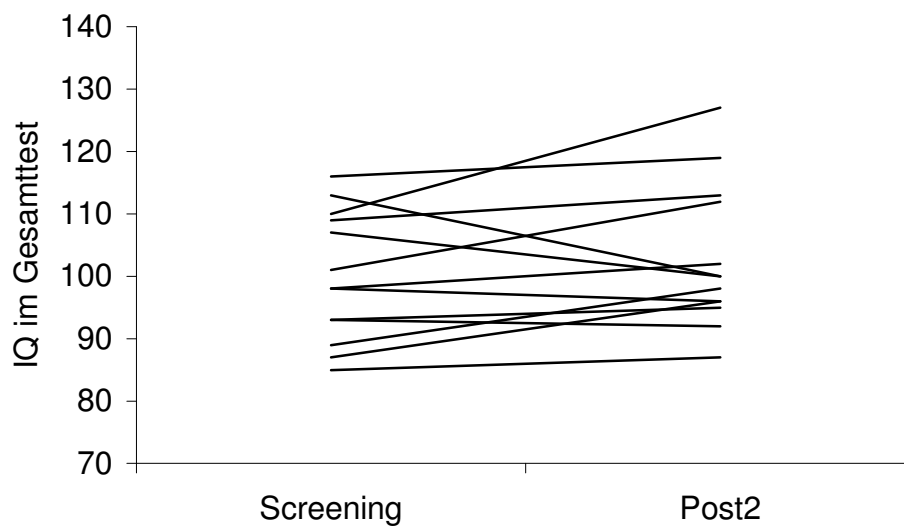
**Abbildung 59:** Anzahl der Testmaße des Gesamttests (TAP), in denen die Kinder der LP-Gruppe einen Prozentrang <25 erreichten



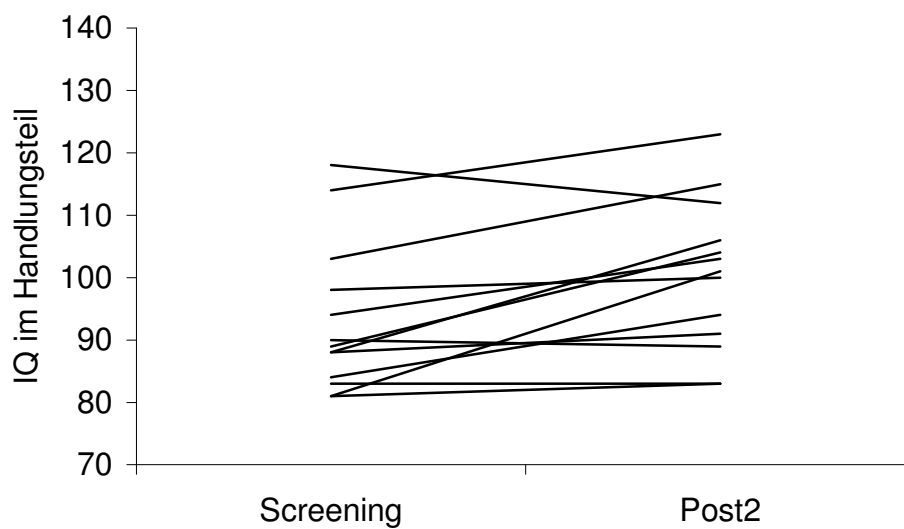
**Abbildung 60:** Anzahl der Testmaße des Gesamttests (TAP), in denen die Kinder der LP-Gruppe einen Prozentrang >75 erreichten



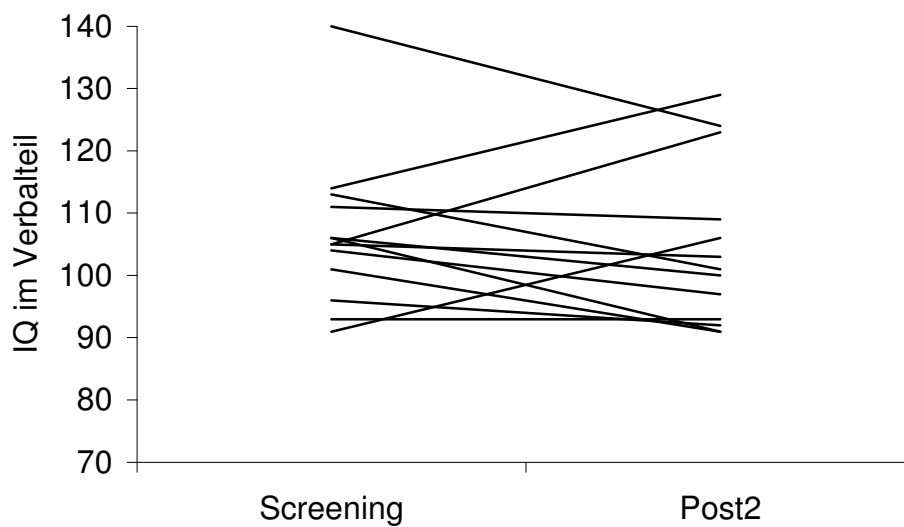
**Abbildung 61:** Verlauf des mittels HAWIK-III ermittelten Gesamt-IQs der Kinder der LP-Gruppe



**Abbildung 62:** Verlauf des mittels HAWIK-III ermittelten Handlungs-IQs der Kinder der LP-Gruppe

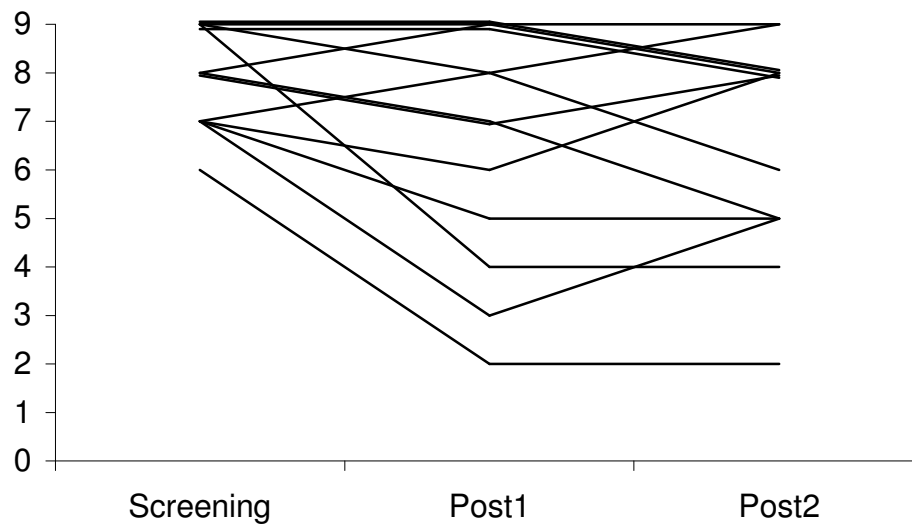


**Abbildung 63:** Verlauf des mittels HAWIK-III ermittelten Verbal-IQs der Kinder der LP-Gruppe

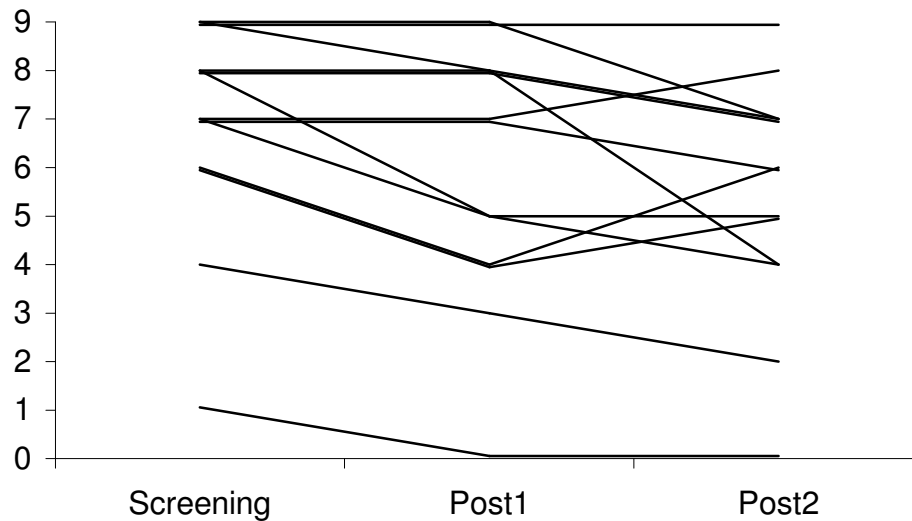


## Anhang 6: Ladder-Plots zur Beurteilung des klinischen Verlaufs der QT-Gruppe

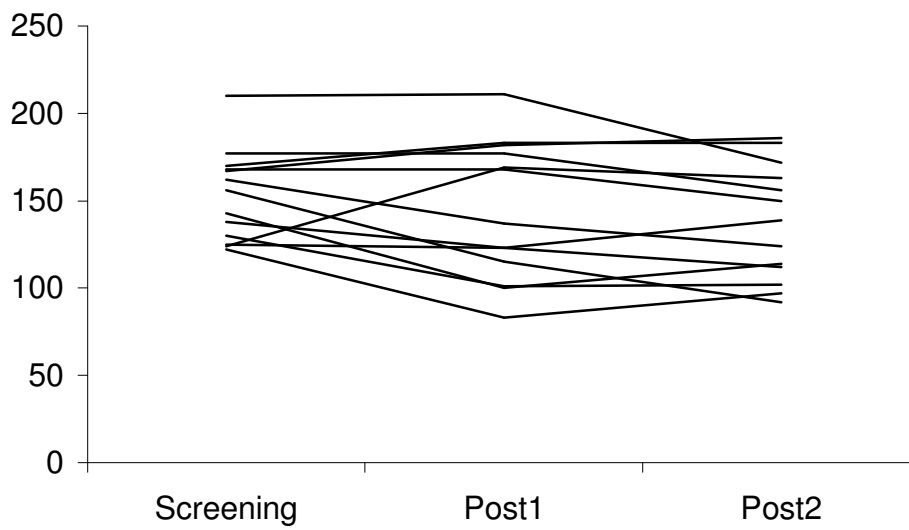
**Abbildung 64:** Verlauf der Anzahl, der gemäß DSM-IV erfüllten Kriterien für Unaufmerksamkeit, für die Kinder der QT-Gruppe



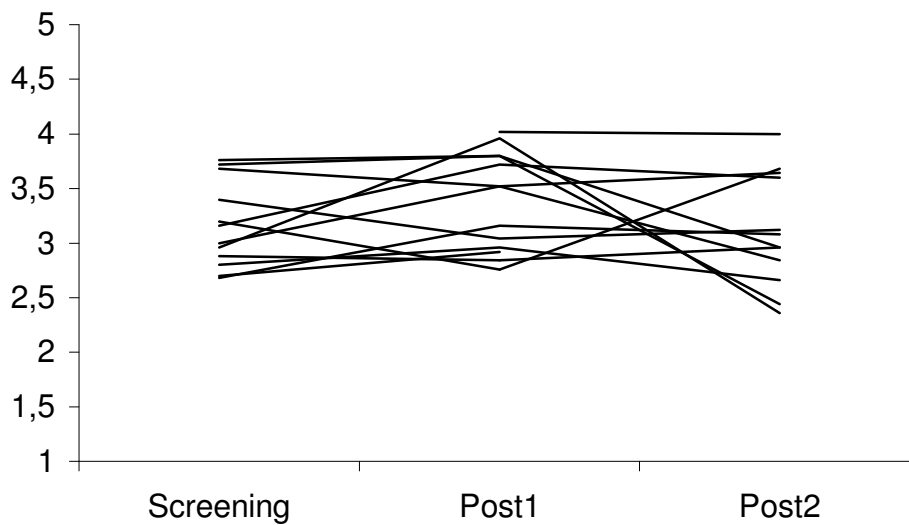
**Abbildung 65:** Verlauf der Anzahl, der gemäß DSM-IV erfüllten Kriterien für Hyperaktivität/Impulsivität, für die Kinder der QT-Gruppe



**Abbildung 66:** Verlauf der Häufigkeit der problematischen Verhaltensweisen der Kinder der QT-Gruppe zu Hause

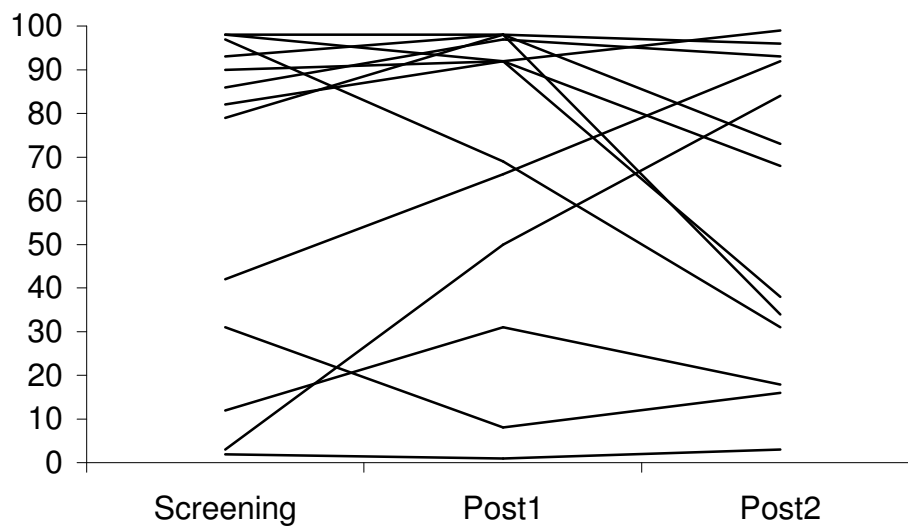


**Abbildung 67:** Verlauf der Häufigkeit unaufmerksamen Verhaltens der Kinder der QT-Gruppe in der Schule (Lehrerbeurteilung)

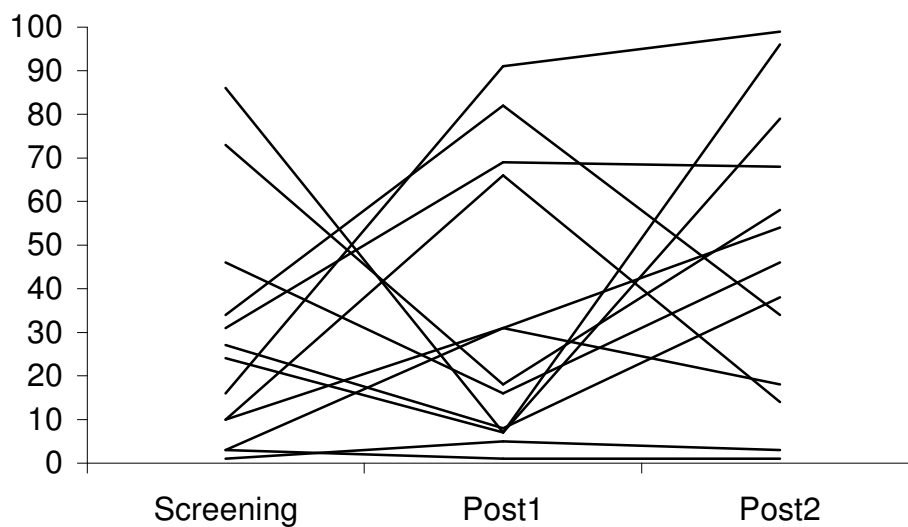




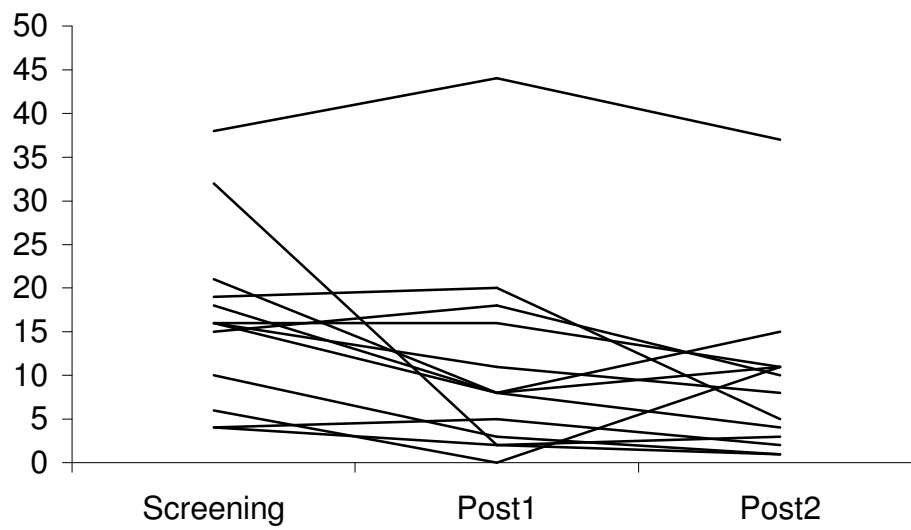
**Abbildung 68:** Von den Kindern der QT-Gruppe im Untertest Go/NoGo der TAP erzielte Prozentränge des Medians der Reaktionsgeschwindigkeit



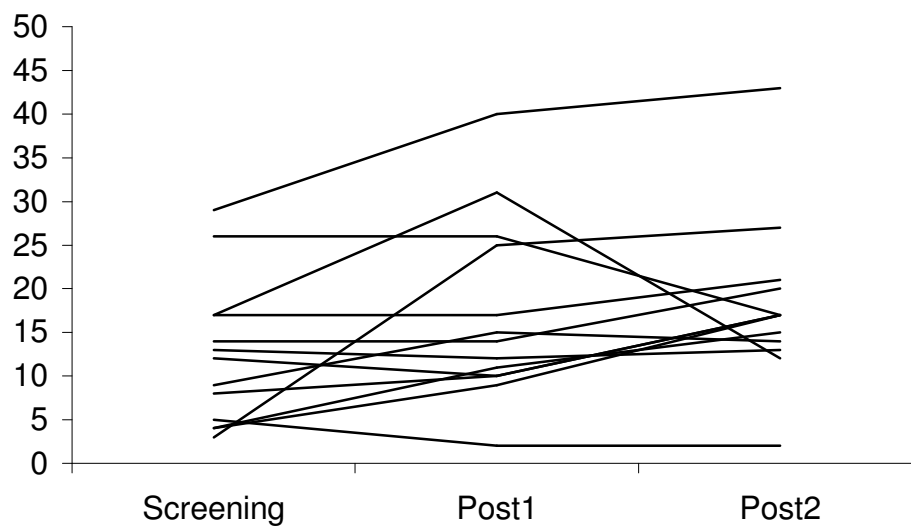
**Abbildung 69:** Von den Kindern der QT-Gruppe im Untertest Go/NoGo der TAP erzielte Prozentränge der Standardabweichung der Reaktionsgeschwindigkeit



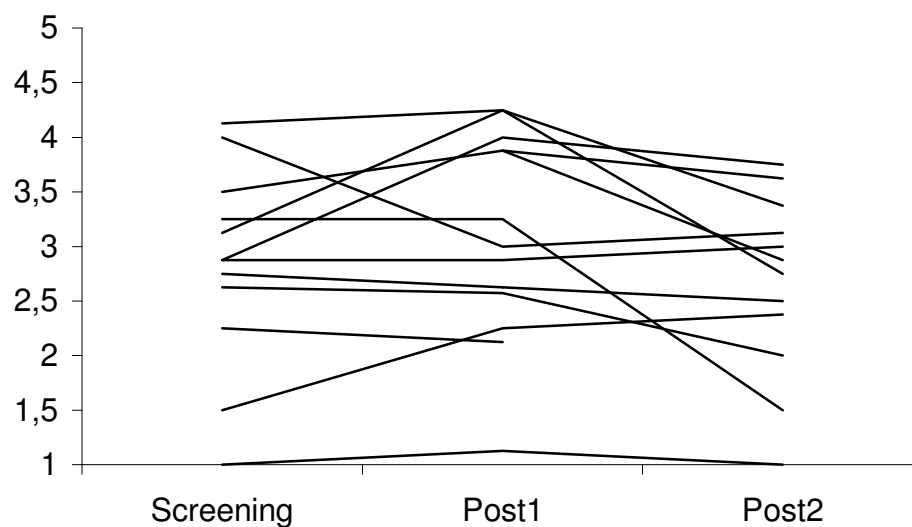
**Abbildung 70:** Anzahl der Testmaße des Gesamttests (TAP), in denen die Kinder der QT-Gruppe einen Prozentrang <25 erreichten



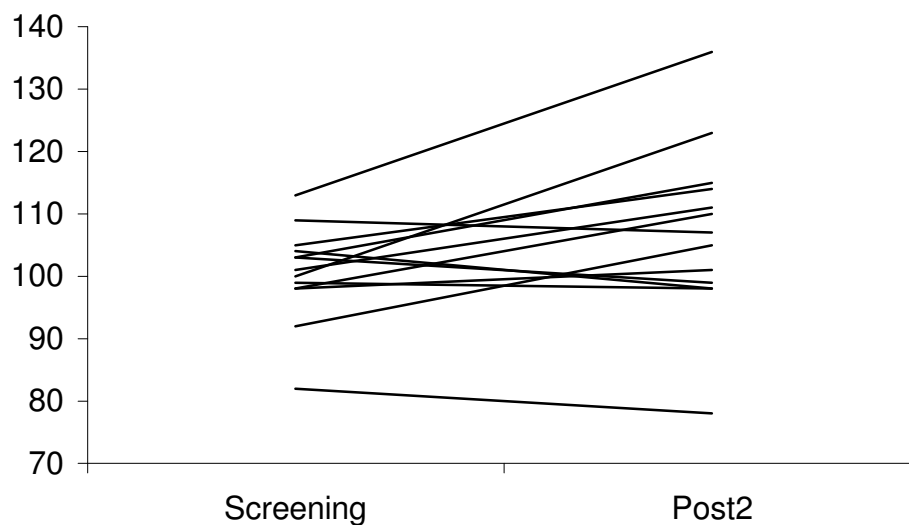
**Abbildung 71:** Anzahl der Testmaße des Gesamttests (TAP), in denen die Kinder der QT-Gruppe einen Prozentrang >75 erreichten



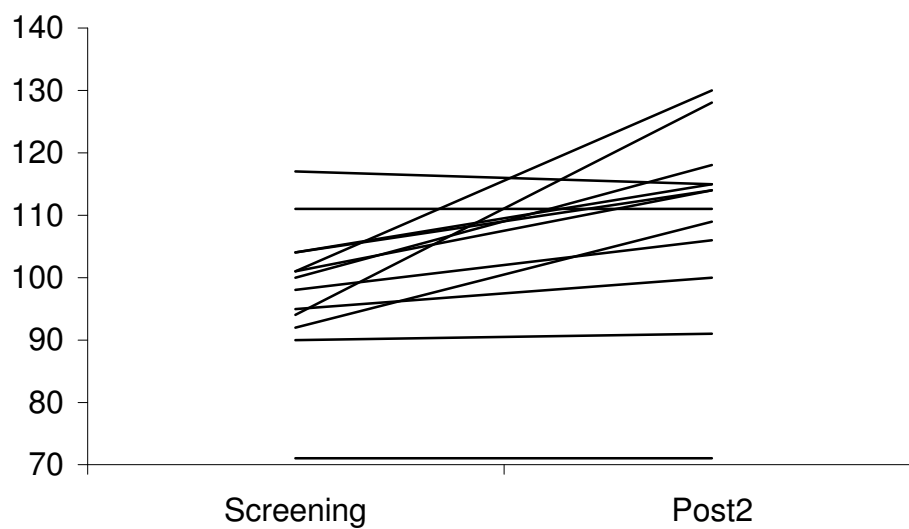
**Abbildung 72:** Verlauf der Häufigkeit hyperaktiven/impulsiven Verhaltens der Kinder der QT-Gruppe in der Schule (Lehrerbeurteilung)



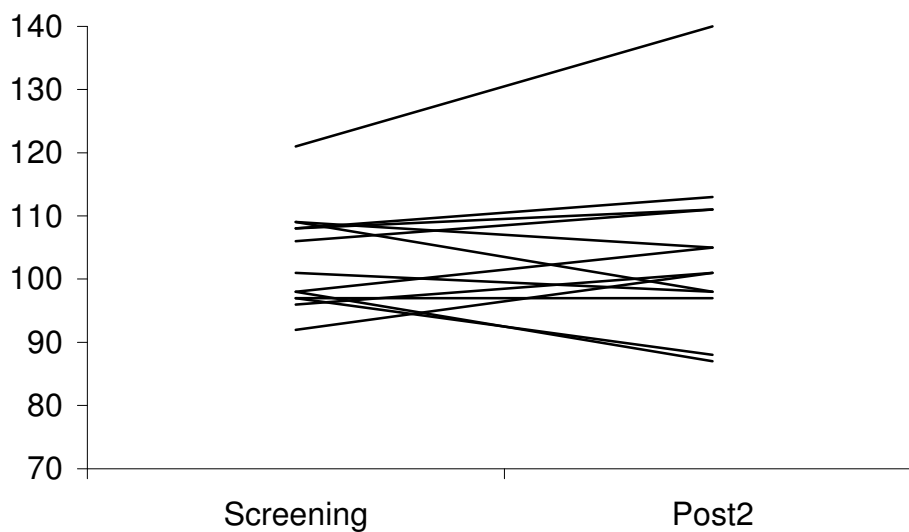
**Abbildung 73:** Verlauf des mittels HAWIK-III ermittelten Gesamt-IQs der Kinder der QT-Gruppe



**Abbildung 74:** Verlauf des mittels HAWIK-III ermittelten Handlungs-IQs der Kinder der QT-Gruppe



**Abbildung 75:** Verlauf des mittels HAWIK-III ermittelten Verbal-IQs der Kinder der QT-Gruppe



## Anhang 7: deskriptive Statistik des klinischen Verlaufs der beiden Experimentalgruppen

**Tabelle 22:** Mediane und Quartile der Anzahl der erfüllten DSM-IV-Kriterien für alle Kinder für Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/Impulsivität getrennt nach den beiden Experimentalgruppen

DSM-IV-Kriterium	Gruppe	Messzeitpunkt	25. Perzentile	Median	75. Perzentile
Unaufmerksamkeit	LP-Gruppe	Screening	7	8	8,5
		Post1	6	7	9
		Post2	4	7	8
	QT-Gruppe	Screening	7	8	9
		Post1	4,5	7	9
		Post2	5	8	8
Hyperaktivität/Impulsivität	LP-Gruppe	Screening	6	7	8
		Post1	4,5	7	7
		Post2	3,5	6	7
	QT-Gruppe	Screening	6	7	8,5
		Post1	4	7	8
		Post2	4	6	7

**Tabelle 23:** Mittelwerte und Standardabweichungen der mit dem Fragebogen von Eyberg & Pincus (1999) ermittelten Problemhäufigkeit für die beiden Experimentalgruppen.

Gruppe	Messzeitpunkt	Mittelwert	Standardabweichung
LP-Gruppe	Screening	144,69	30,68
	Post1	131	38,08
	Post2	130,31	31,39
QT-Gruppe	Screening	153,23	25,92
	Post1	144	39,81
	Post2	137,69	33,06

**Tabelle 24:** Mittelwerte und Standardabweichungen der im Lehrerfragebogen angegebenen Häufigkeit des unaufmerksamen bzw. hyperaktiven/impulsiven Verhaltens beider Experimentalgruppen

Gruppe	Kategorie	Messzeitpunkt	Mittelwert	Standardabweichung
LP-Gruppe	Unaufmerksamkeit	Screening	3,25	0,59
		Post1	3,04	0,53
		Post2	3,04	0,55
	Hyperaktivität/ Impulsivität	Screening	3,14	1,05
		Post1	2,84	1,2
		Post2	2,65	0,96
QT-Gruppe	Unaufmerksamkeit	Screening	3,16	0,4
		Post1	3,39	0,45
		Post2	3,11	0,52
	Hyperaktivität/ Impulsivität	Screening	2,82	0,92
		Post1	3,08	0,95
		Post2	2,66	0,83

**Tabelle 25:** Mittelwerte und Standardabweichungen der in der TAP erzielten Ergebnisse für beide Experimentalgruppen

Gruppe	Testmaß	Messzeitpunkt	Mittelwert	Standard- abweichung
LP-Gruppe	Prozentrang des Medians der Reaktionsgeschwindigkeit im Untertest Go/NoGo	Screening	68,77	26,24
		Post1	60,15	22,11
		Post2	49,38	26,85
	Prozentrang der Standardabweichung der Reaktionsgeschwindigkeit im Untertest Go/NoGo	Screening	37,77	34,90
		Post1	41	36,29
		Post2	60,85	22,40
	Anzahl der Testmaße des Gesamttests, in denen ein Prozentrang <25 erreicht wurde	Screening	19,15	9,58
		Post1	12,31	10,31
		Post2	10,85	6,91
	Anzahl der Testmaße des Gesamttests, in denen ein Prozentrang >75 erreicht wurde	Screening	9,46	6,35
		Post1	15,54	9,29
		Post2	17,62	8,13
QT-Gruppe	Prozentrang des Medians der Reaktionsgeschwindigkeit im Untertest Go/NoGo	Screening	62,54	38,48
		Post1	68,62	35,42
		Post2	57,31	34,87
	Prozentrang der Standardabweichung der Reaktionsgeschwindigkeit im Untertest Go/NoGo	Screening	28	26,69
		Post1	33,23	32,22
		Post2	46,77	32,88
	Anzahl der Testmaße des Gesamttests, in denen ein Prozentrang <25 erreicht wurde	Screening	16,54	10
		Post1	11,15	11,74
		Post2	9,15	9,52
	Anzahl der Testmaße des	Screening	12,38	8,27

	Gesamttests, in denen ein Prozentrang >75 erreicht wurde	Post1	17,08	10,53
		Post2	18,08	9,42

**Tabelle 26:** Mittelwerte und Standardabweichungen der mittels HAWIK-III ermittelten Intelligenzquotienten der beiden Experimentalgruppen.

Gruppe	IQ	Messzeitpunkt	Mittelwert	Standardabweichung
LP-Gruppe	Gesamt	Screening	99,92	10,32
		Post2	102,85	11,53
	Handlungsteil	Screening	93,15	12,03
		Post2	100,31	12,16
	Verbalteil	Screening	106,54	12,30
		Post2	104,54	13,19
QT-Gruppe	Gesamt	Screening	100,54	7,66
		Post2	107,31	13,97
	Handlungsteil	Screening	98,31	11,09
		Post2	109,38	15,45
	Verbalteil	Screening	103,08	7,91
		Post2	104,23	13,42



## *Danke ...*

**Prof. Dr. Niels Birbaumer** – der mein Interesse für die Neurofeedbackforschung weckte und dieses Projekt ermöglichte.

**Dr. Ute Strehl** – für die fantastische Unterstützung während der vergangenen zwei Jahre, die weit über wissenschaftliche Fragen hinausging. Sie ermöglichte eine ganz besondere Atmosphäre in unserem Team.

**Dr. Ulrike Leins** - die für alle Fragen ein offenes Ohr hatte und mir immer eine große Hilfe war. Ohne ihre hervorragende Vorarbeit und ihre freundliche Hilfsbereitschaft wäre Vieles erheblich schwieriger gewesen.

*meinen Mitdoktoranden:*

**Gabriella Goth und Nicola Rumpf** - für die schöne Arbeitsatmosphäre und all die schönen Dinge, die wir auch außerhalb des Studiums miteinander erlebt haben.

**Nadine Danzer** –die mir vieles über die Durchführung des Trainings und der Tests beibrachte und mir dadurch den Einstieg in diese Arbeit erheblich erleichterte

*Unseren Praktikanten und studentischen Mitarbeitern - **Cornelia Weber, Sonja Kaller, Lena Greulich und Brigitte Vollmann***, die mit ihrem großen Engagement besonders in schwierigen Phasen eine große Unterstützung waren und mit denen es immer was zu lachen gab.

**Dr. Tina Herberts, Dr. Detlef Axmann und Dr. Boris Kotchoubey** - die mir bei der statistischen Datenauswertung von großer Hilfe waren und sich viel Zeit nahmen, meine Fragen zu beantworten.

**Dr. Thilo Hinterberger** - dessen Trainingsprogramm es mir ermöglichte, das Neurofeedbacktraining durchzuführen. Ohne ihn wäre ich an den scheinbar unlösbaren technischen Problemen verzweifelt.

**Meiner Familie** – die mich stets bedingungslos unterstützte. Ihr großes Interesse an meiner Arbeit war für mich eine zusätzliche Motivation.

## LEBENS LAUF

### **Persönliche Daten:**

Name: Christoph Klinger  
Geburtsdatum, -ort: 27.01.1979 in Stuttgart-Bad Cannstatt  
Familienstand: ledig

### **Eltern und Geschwister:**

Vater: Horst Klinger, Bauingenieur  
Mutter: Ortrud Klinger, geb. Blei,  
Musikerzieherin und Hausfrau  
Geschwister: Hansjörg Klinger  
Kathrin Klinger

### **Schulbildung:**

1985-1989 Grundschohle Tamm-Hohenstange  
1989-1998 Friedrich-List-Gymnasium Asperg  
mit Abitur im Juni 1998

### **Zivildienst:**

03.08.1998-31.08.1999 DRK Ludwigsburg  
Abteilung Ambulante Pflege

### **Studium:**

15.10.1999-30.09.2006 Medizinstudium an der  
Eberhard-Karls-Universität Tübingen  
17.08.2001 Ärztliche Vorprüfung  
29.08.2002 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
23.03.2005 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
11.05.2006 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Tübingen, den 5. Oktober 2006