

**Aus dem Institut für Medizinische Psychologie
der Universität Tübingen**

Direktor: Professor Dr. N. Birbaumer

**Neurofeedbacktherapie bei Kindern mit
Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung:
Prädiktoren für den Erwerb kortikaler Selbstkontrolle
und die klinische Verbesserung**

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

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

**vorgelegt von
Gabriella Goth
aus
Budapest**

2006

Dekan: Professor Dr. C. D. Claussen

1. Berichterstatter: Professor Dr. N. Birbaumer
2. Berichterstatter: Frau Professor Dr. I. Krägeloh - Mann

Den lieben Kindern, die mir während dieser Arbeit viele
schöne Momente brachten und sie somit sehr erleichterten

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung	2
1.2	Prädiktoren für den klinischen Erfolg von verschiedenen Therapien von ADHS	3
1.2.1	Prädiktoren für eine erfolgreiche Stimulanzientherapie	4
1.2.2	Prädiktoren für eine erfolgreiche Verhaltenstherapie	10
1.2.3	Prädiktoren für eine erfolgreiche Neurofeedbacktherapie	11
1.2.3.1	Exkurs: Neurofeedback als Therapiemöglichkeit des ADHS	11
1.2.3.2	Prädiktoren für die klinische Verbesserung durch Neurofeedbacktherapie	13
1.2.3.3	Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale	15
1.3	Zusammenfassung	22
1.4	Fragestellung	24
2	PROBANDEN UND METHODEN	26
2.1	Stichprobe	26
2.2	Ablauf der Studie	27
2.3	Messinstrumente	28
2.3.1	Fragebögen	29
2.3.2	Tests	31
2.3.3	Elterngespräche	33
2.4	Neurofeedbacktraining	35
2.4.1	Die beiden Experimentalgruppen	35
2.4.2	Trainingssetting	35

2.4.3	Übungsaufgaben für den Transfer in Alltagssituationen	37
2.4.4	Geräte	37
2.4.5	Ableitung des EEG- und EOG-Signals	38
2.4.6	Die Berechnung des Feedbacksignals	39
2.4.7	Aufbau einer Aufgabe	40
2.4.8	Darstellung der Aufgaben	41
2.4.9	Artefaktkontrolle	43
2.5	Auswertung	45
2.5.1	Auswahl der Kriterien	45
2.5.2	Auswahl der Prädiktoren	48
2.5.3	Statistische Auswertung	50
3	ERGEBNISSE	52
3.1	LP-Gruppe	52
3.1.1	Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale	52
3.1.2	Prädiktoren für den klinischen Erfolg	55
3.2	Theta/Beta-Gruppe	57
3.2.1	Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale	57
3.2.2	Prädiktoren für den klinischen Erfolg	60
3.3	Zusammenfassung	65
4	DISKUSSION	66
4.1	Ausgangspunkt und Zielsetzung	66
4.2	LP-Gruppe	67
4.2.1	Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale	67
4.2.2	Prädiktoren für den klinischen Erfolg	69

4.3	Theta/Beta-Gruppe	70
4.3.1	Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale	70
4.3.2	Prädiktoren für den klinischen Erfolg	71
4.4	Fazit	72
5	ZUSAMMENFASSUNG	77
	LITERATURVERZEICHNIS	79

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADHS	Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Syndrom
ADS	Aufmerksamkeitsdefizit-Syndrom
AID	Adaptives Intelligenzdiagnostikum
ALS	Amyotrophe Lateralsklerose
DSM-III-R	Diagnostisch-Statistisches Manual Psychischer Störungen III, revidierte Version
DSM-IV	Diagnostisch-Statistisches Manual Psychischer Störungen IV
EEG	Elektroenzephalogramm
EOG	Elektrookulogramm
HAWIK	Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder
HS	Hyperaktivitäts-Syndrom
ICD 10	International Classification of Diseases (10. Version)
IQ	Intelligenzquotient
LP	langsame Potenziale
LP-Gruppe	Kinder, die im Neurofeedbacktraining die langsamen Potenziale rückgemeldet bekamen
MTA-Studie	Multimodal Treatment Study of ADHD
QEEG	quantitatives Elektroenzephalogramm
SMR	Somatosensorischer Rhythmus
Tab.	Tabelle
TAP	Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung
T/B-Gruppe	Kinder, die im Neurofeedbacktraining den Theta/Beta-Quotienten rückgemeldet bekamen
T/B-Quotient	Theta/Beta-Quotient
TTD	Thought-Translation-Device

1 Einleitung

Diese Arbeit wurde im Rahmen der umfassenden Studie „Neurofeedbacktherapie bei Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)“ am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Universität Tübingen durchgeführt. Das Projekt hatte zum Ziel, eine psychophysiologische Behandlungsmethode (Selbstregulation langsamer Potenziale bzw. des Theta/Beta-Quotienten) für Kinder mit ADHS zu entwickeln.

Bevor die Fragestellung und die zum Verständnis nötigen Grundlagen dargestellt werden, wird auf die Arbeiten von Leins (2004), Klinger (2005), Rumpf (2005) und Danzer (2005) hingewiesen, die ebenfalls im Rahmen der Studie entstanden.

In bislang erfolgten Auswertungen (Leins, 2004) konnte gezeigt werden, dass Kinder mit ADHS von einer Feedbacktherapie, in der die langsamen Potenziale oder der Quotient der Frequenzbänder Theta und Beta rückgemeldet wurden, profitieren. In Anbetracht dessen, dass nicht jedes Kind gleich gut auf sie anspricht, und dass der zeitliche und finanzielle Aufwand einer solchen Therapie hoch ist, ist es von großer Wichtigkeit, Prädiktoren für den Trainingserfolg zu bestimmen. Somit ist Ziel der vorliegenden Arbeit, Prädiktoren einerseits für die kortikale Selbstregulation und andererseits für den klinischen Erfolg einer Neurofeedbacktherapie der langsamen Potenziale und des Theta/Beta-Quotienten bei ADHS-Kindern zu ermitteln.

Um herauszufinden, welche Einflussgrößen möglicherweise von Bedeutung sind, werden in der Einleitung, nach einer kurzen Einführung in die Störung, bislang gewonnene Erkenntnisse zu diesem Thema vorgestellt.

1.1 Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung

Die Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) ist eine der häufigsten Störungen im Bereich der Kinderpsychiatrie (Tannock, 1998).

Vor Kurzem ist erstmals eine Studie erschienen, die ihre Prävalenz an einer für die Gesamtpopulation repräsentativen Gruppe von Kindern und Jugendlichen erfasste (Barbaresi et al., 2004). Die Autoren fanden eine Prävalenz von 7-10%. Frühere Arbeiten ermittelten Werte zwischen 2% und 20% (Rowland, Lesesne & Abramowitz, 2002), wobei sich die starken Schwankungen auf unterschiedliche Stichproben, Diagnoseinstrumente und Diagnosekriterien zurückführen ließen.

Die Diagnose der Störung wird entweder in Anlehnung an DSM IV (Diagnostisch Statistisches Manual Psychischer Störungen, Saß et al., 1996) oder ICD-10 durchgeführt. Auf die ICD-10 wird jedoch nicht näher eingegangen, da in der vorliegenden Studie das DSM IV verwendet wurde.

Nach diesem Manual lassen sich die Hauptsymptome von ADHS in zwei Gruppen einteilen (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Kriterien für Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/ Impulsivität laut DSM-IV

Symptome der Unaufmerksamkeit:	Symptome der Hyperaktivität und Impulsivität:
<ul style="list-style-type: none">- Nichtbeachten von Einzelheiten, Flüchtigkeitsfehler- Mangelnde Daueraufmerksamkeit über längere Zeit- Nicht zuhören können- Arbeiten und Pflichten nicht zu Ende bringen- Organisationsschwierigkeiten- Meiden von Aufgaben, die geistige Anstrengung fordern- Verlust von Gegenständen- Leichte Ablenkbarkeit- Vergesslichkeit	<ul style="list-style-type: none">- Zappeln- Nicht sitzen bleiben können- Umherrennen- Nicht ruhig spielen können- Immer „auf Achse“ sein- Übermäßig viel reden- Herausplatzen mit Antworten, bevor die Frage zu Ende gestellt ist- Nicht warten können bis man an der Reihe ist- Andere häufig stören und unterbrechen

Zur Diagnostik laut DSM-IV müssen mindestens sechs der oben genannten Merkmale für Unaufmerksamkeit oder Hyperaktivität/Impulsivität über einen Zeitraum von mindestens sechs Monaten erfüllt sein. Außerdem muss die Symptomatik vor dem 7. Lebensjahr aufgetreten sein und in mindestens zwei Lebensbereichen zu klinisch bedeutsamen Beeinträchtigungen führen (z. B. in der Schule, in der Familie, mit Freunden). Differentialdiagnostisch sind eine tiefgreifende Entwicklungsstörung und einige andere psychische Erkrankungen (Schizophrenie, affektive Störungen) auszuschließen. Je nach dem, wie viele Kriterien erfüllt sind, ergeben sich gemäß DSM-IV folgende Subtypen:

- „Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung, vorwiegend Unaufmerksamer Typus“ (ADS)
- „Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung, vorwiegend Hyperaktiv-Impulsiver Typus“ (HS)
- „Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung, Mischtypus“ (ADHS, wobei diese Abkürzung im Folgenden auch als Überbegriff für die Störung verwendet wird)

1.2 Prädiktoren für den klinischen Erfolg von verschiedenen Therapien von ADHS

In diesem Kapitel werden Ergebnisse von Studien vorgestellt, die sich mit möglichen Prädiktoren für eine erfolgreiche Therapie von ADHS beschäftigen haben. Für eine Beschreibung der verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten selbst, wird auf Leins (2004) verwiesen.

Da bislang kaum Literatur zu Prädiktoren für den klinischen Erfolg einer Neurofeedbacktherapie vorliegt, wird auch auf Arbeiten zurückgegriffen, die Einflussgrößen bei anderen Behandlungsmöglichkeiten von ADHS untersucht haben.

Des Weiteren gibt es bislang ebenfalls kaum Studien, die sich mit Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale bei ADHS-Kindern beschäftigen. Allerdings liegen Erkenntnisse zu diesem Thema bei anderen Krankheiten vor. Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass diese Prädiktoren

auch bei ADHS-Kindern eine Rolle spielen, werden in diesem Kapitel auch diese Studien vorgestellt.

Im ersten Teil werden Prädiktoren für den Erfolg nach einer medikamentösen Therapie, im zweiten Teil für den Erfolg nach einer Verhaltenstherapie und schließlich die Einflussfaktoren für eine erfolgreiche Neurofeedbacktherapie beschrieben.

Tabelle 2 fasst die wichtigsten Informationen zu den vorgestellten Studien zusammen.

1.2.1 Prädiktoren für eine erfolgreiche Stimulanzientherapie

Alter

Aman & Turbott (1991) untersuchten den Therapieerfolg bei 22 Jungen und vier Mädchen mit ADHS im Alter von 5,5 bis 12,5 Jahren. Die Diagnostik erfolgte in psychiatrischen Kliniken und wird in der Studie nicht näher beschrieben. Das Verhalten der Kinder wurde vor und nach der Therapie anhand von Lehrer- und Elternfragebögen beurteilt, es wurden Verbesserungen in der Unaufmerksamkeit und der Hyperaktivität beobachtet. Die Autoren fanden eine inverse statistische Beziehung zwischen Alter und Therapieerfolg: Je jünger die Probanden waren, desto stärker besserte sich ihr Verhalten. Aman & Turbott diskutieren, dass möglicherweise die Unreife des ZNS oder die stärkere Ausprägung der Hyperaktivität bei jüngeren Kindern das verbesserte Ansprechen auf Stimulanzien erklären.

Buitelaar et al. (1995) beschäftigten sich ebenfalls mit der Prädiktoren-ermittlung für eine Stimulanzientherapie. In ihre Studie nahmen sie 46 Kinder (41 Jungen, 5 Mädchen) zwischen 6 und 13 Jahren auf, welche gemäß DSM-III-R die ADHS Diagnose erhielten. Um in die Studie aufgenommen zu werden, mussten sowohl die Eltern als auch die Lehrer der Kinder in Fragebögen bestimmte Kriterien der Hyperaktivität bestätigen. Nach zwei vierwöchigen Therapieblöcken wurden die Kinder je nach Therapieerfolg in vier Gruppen eingeteilt. Dieser wurde mit Hilfe von Eltern- und Lehrerfragebögen bestimmt.

Einzelne Prädiktoren wurden nicht gefunden, jedoch konnte eine multivariate Kombination (zwischen Alter, IQ, Schwere der Erkrankung und komorbider Angststörung) 81% der Fälle richtig klassifizieren. Auch in dieser Studie fanden die Autoren eine inverse Beziehung zwischen Alter und Therapiewirksamkeit. Je jünger die Probanden waren, desto stärker verbesserte sich ihr Verhalten in der Schule und zu Hause.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Zeiner et al. (1999). Sechsenddreißig Jungen im Alter von 7 bis 11 Jahren mit der Diagnose ADHS gemäß DSM-III-R nahmen teil. Neben Fragebögen und Elterngesprächen wurden Aufmerksamkeits- und Gedächtnistests vor und nach der Therapie durchgeführt. Das Programm bestand aus dreiwöchigen Therapieblöcken, wobei die Autoren nicht erwähnen, wie viele Blöcke stattfanden. Die Stimulanzientherapie führte zu Verbesserungen sowohl im Verhalten als auch in den Tests. Je jünger die Probanden waren und je mehr sie von Hyperaktivität betroffen waren, desto eher zeigten sie Verbesserungen.

Von den hier vorgestellten Studien lässt sich also ableiten, dass die Wirksamkeit von Stimulanzien an Kindern im Schulalter am Besten belegt ist, und von dieser Altersgruppe die Jüngeren am meisten von der Therapie profitieren (Zeiner et al., 1999; Buitelaar et al., 1995).

Geschlecht

Mehrere Studien haben ohne Erfolg geprüft, ob das Geschlecht ein Prädiktor ist.

Die MTA-Studie (Multimodal-Treatment-study of children with ADHD) ist die bisher aufwändigste Therapiestudie im Bereich der ADHS Forschung. In diese Studie wurden 579 Kinder (20% Mädchen) im Alter von sieben bis neun Jahren aufgenommen. Alle Kinder hatten die Diagnose ADHS (Mischtyp) gemäß DSM-III-R und sie wurden per Zufall einer von vier Therapiegruppen zugewiesen:

1. medikamentöse Behandlung
2. Verhaltenstherapie
3. Kombinationstherapie aus 1 und 2

4. Standardtherapie (Aufklärung über Diagnose und Durchführung einer wohnortnah angebotenen Behandlung)

Der Therapieerfolg wurde jeweils mit Hilfe von verschiedenen Eltern- und Lehrerfragbögen bestimmt.

In einer Analyse dieser Studie (MTA cooperative group, 1999) fand man heraus, dass das Geschlecht in keiner der beiden Gruppen, die Stimulanzien erhielten, als Prädiktor identifiziert wurde.

Auch in der schon oben beschriebenen Studie von Buitelaar et al. (1995) führte die Untersuchung der Variablen „Geschlecht“ als Prädiktor zu keinen signifikanten Ergebnissen. Allerdings ist zu bedenken, dass, während 41 Jungen an der Studie teilnahmen, war die Anzahl weiblicher Probanden sehr gering (nur fünf Mädchen nahmen teil). Der Aussagewert dieser Erkenntnis ist somit möglicherweise nur gering.

Komorbidität

Spencer et al. (1996) untersuchten in einer Metaanalyse Studien zur Pharmakotherapie bei ADHS. Sie fanden insgesamt 155 wissenschaftliche Arbeiten, die sich mit der Effizienz und Sicherheit von Stimulanzien befassten. Hier zeigte sich auch, dass der Erfolg der Stimulanzientherapie u.a. von der Komorbidität der Probanden abhängt:

Sechs von neun Studien berichteten über eine geringere Ansprechrate auf Stimulanzien bei Patienten mit einer komorbiden Angststörung, während drei Studien keinen Unterschied bezüglich der Ansprechrate fanden.

Auch Döpfner & Lehmkuhl (2002) berichten in einer Übersichtsarbeit, dass es noch Unklarheiten gibt, was den Therapieeffekt von Psychostimulanzien bei einer komorbiden Angststörung betrifft. Sie verweisen auf zwei Studien, die verminderte Effekte von Stimulanzien bei Kindern mit einer komorbiden Angststörung fanden (Pliszka, 1989; Tannock et al., 1995). Andere Arbeiten (MTA cooperative group, 1999; Diamond et al., 1999) konnten dies jedoch nicht bestätigen.

Aufgrund dieser Widersprüche werden zu diesem Thema drei Studien genauer vorgestellt:

Mehrere Analysen der oben beschriebenen MTA-Studie beschäftigten sich auch mit den unterschiedlichen Therapieeffekten bei komorbider Symptomatik: Unter anderem fand die MTA cooperative group (1999) heraus, dass sich die Kinder unter der medikamentösen Therapie (Gruppen 1 und 3) in ihrer Symptomatik ähnlich stark verbesserten, egal ob sie unter einer Angststörung litten, oder nicht. Auch komorbide aggressive Störungen wurden nicht als signifikante Prädiktoren erkannt.

Auch Diamond et al. (1999) untersuchten den Effekt einer komorbiden Angststörung an 91 Kindern im Alter von 6 bis 14 Jahren. Die ADHS-Diagnose wurde gemäß DSM-III-R gestellt. Zusätzlich musste ein Lehrer die Symptome in einem Telefongespräch bestätigen. 38 Kinder litten zusätzlich unter einer komorbiden Angststörung, welche entweder über eine Selbstbeurteilung (Revised Children`s Manifest Anxiety Scale, Reynolds and Richmond, 1985, 1997) oder mit Hilfe eines Elternfragebogens (Parent Interview for Child Symptoms-Revised DSM-III-R, Schachar & Wachsmuth, 1989) diagnostiziert wurde. Die 91 Kinder wurden randomisiert in vier Gruppen eingeteilt, von denen zwei mit Stimulanzien und zwei mit einem Plazebo behandelt wurden. Bei jeweils einer der beiden Gruppen fand noch zusätzlich ein Elterntraining statt. In den ersten drei bis vier Wochen wurde die Dosis solange titriert, bis das optimale Verhältnis von erwünschten zu unerwünschten Wirkungen erreicht wurde. Nach etwa vier Monaten wurde der Therapieerfolg mittels Eltern- und Lehrerfragebögen bestimmt. Kinder mit einer Angststörung zeigten die gleichen Verbesserungen im Verhalten, wie Kinder ohne eine Angststörung. Auch die Menge der Medikation war gleich.

Buitelaar et al. (1995) kamen zu anderen Ergebnissen. Sie ermittelten eine Cluster von 5 Prädiktoren für ein gutes Ansprechen auf Stimulanzien, von denen einer das Fehlen einer komorbiden Angststörung war.

Diese widersprüchlichen Ergebnisse können verschiedene Gründe haben. Während in der MTA Studie und bei Diamond et al. (1999) die Dosis bis zur optimalen Wirksamkeit titriert wurde, erhielten die Probanden bei Buitelaar et al. (1995) eine fixe Stimulanzindosis. Auch die Dauer der Medikation variierte stark bei den vorgestellten Studien. Bei der MTA Studie erhielten die

Probanden 14 Monate lang Stimulanzen, bei Diamond et al. (1999) immerhin vier Monate lang, während bei Buitelaar et al. (1995) lediglich in zwei vierwöchigen Therapieblöcken (mit zweiwöchiger Pause dazwischen) Stimulanzen verabreicht wurden. Diamond et al. (1999) vermuten daher, dass der Prädiktorwert der komorbiden Angststörung evtl. nur bei kurzer Therapiedauer besteht.

Subtypen

Die Arbeitsgruppe von Chabot et al. (1999) untersuchte den Therapieeffekt von Stimulanzen in Abhängigkeit vom ADHS-Subtyp. Die Stichprobe bestand aus 130 Kindern, die anhand der DSM-III-R Kriterien in 3 Gruppen eingeteilt wurden:

1. ADHS Gruppe (Mischtyp): 65 Kinder
2. ADS Gruppe (nur unaufmerksam, nicht hyperaktiv): 47 Kinder
3. Sonstige (Aufmerksamkeitsprobleme waren vorhanden, aber die Kriterien für ADS wurden nicht erfüllt): 18 Kinder

Die drei Gruppen waren bezüglich Alter, IQ und Geschlecht vergleichbar.

Der klinische Therapieerfolg wurde anhand von Eltern- und Lehrerfragebögen erfasst.

Die besten Ergebnisse erzielte die ADHS Gruppe, mit 81,5% gebesserten Patienten. In der ADS Gruppe zeigten 44,7% der Kinder positive Ergebnisse, während sich in der dritten Gruppe nur noch 11% verbesserten. Die Autoren folgerten daraus, dass diejenigen Kinder, die besonders stark unter Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität (Mischtypen) litten, am meisten von einer Stimulanzientherapie profitierten.

Barkley et al. ((1991), zitiert nach Barkley, 1998a) kamen zu ähnlichen Ergebnissen: Sie stellten fest, dass das Ansprechen auf Stimulanzen bei ADHS besser ist als bei ADS und dass die wirksamen Medikamentendosen niedriger sind.

Schwere der Störung

Drei der schon beschriebenen Studien fanden Zusammenhänge zwischen dem Therapieerfolg und dem Grad an Unaufmerksamkeit bzw. Hyperaktivität: Zeiner et al. (1999) stellten fest, dass Kinder, die stärker von Hyperaktivität betroffen waren, mehr von der Therapie profitierten. Andere Autoren (Buitelaar et al., 1995) fanden heraus, dass Probanden deren Unaufmerksamkeit stärker ausgeprägt war, sich mehr verbessern konnten. Auch in der Studie von Chabot et al. (1999) sprachen die Kinder am Besten auf Methylphenidat an, die bei der Erstuntersuchung ein stärkeres Maß an Unaufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität zeigten.

Intelligenzquotient

Zwei Studien fanden Zusammenhänge zwischen dem Intelligenzquotienten der Patienten und dem Ansprechen auf eine Behandlung mit Stimulanzien:

In einer Analyse der Daten aus der MTA Studie bestimmten Owens et al. (2003) Prädiktoren für den Erfolg. Sie stellten fest, dass Kinder schlechtere Ergebnisse erzielten, wenn ihre Eltern depressiver waren, wenn die ADHS Symptomatik schwerwiegender war und wenn zusätzlich der Intelligenzquotient der Patienten niedriger war. Wenn die beiden anderen Kriterien nicht vorhanden waren, konnte der IQ der Kinder allerdings nicht als prädiktiv erkannt werden (MTA cooperative group 1999).

Auch Buitelaar et al. (1995) berichten, dass die Kinder, die die größten Verbesserungen erzielten, sich unter anderem durch einen höheren IQ von den restlichen Patienten unterschieden.

In diesen beiden Studien lieferte der Intelligenzquotient aber als Prädiktor nur dann signifikante Ergebnisse, wenn auch die in Tabelle 2 beschriebenen anderen Kriterien vorhanden waren.

EEG- Parameter

Bei der Studie von Chabot et al. (1999) wurden neben der oben erwähnten klinischen Diagnostik von allen 130 Kindern ein quantitatives EEG (QEEG) erhoben und mit den QEEG von 310 gesunden Kindern verglichen. Dabei

zeigten sich folgende Unterschiede in den Frequenzbändern: Die ADS- und ADHS-Kinder wiesen einen überdurchschnittlich großen Anteil an Theta und unterdurchschnittlich großen Anteil an Alpha und Delta auf. 56,9% der ADHS Gruppe, 31,9% der ADS-Gruppe und 5,5% der dritten Gruppe konnten ihr pathologisches QEEG-Muster normalisieren. Die Kinder, die vor der Therapie überdurchschnittlich viel Beta aufwiesen, zeigten am ehesten Verhaltensverbesserungen. Diejenigen, die überdurchschnittlich viel Theta aufwiesen, profitierten am wenigsten von der Stimulanzientherapie.

1.2.2 Prädiktoren für eine erfolgreiche Verhaltenstherapie

Bislang beschäftigte sich lediglich die MTA Studie (MTA cooperative group, 1999). mit der Ermittlung von Prädiktoren für den Erfolg einer Verhaltenstherapie.

Wie bereits weiter oben beschrieben, wurden die Probanden in vier Gruppen eingeteilt. Zwei dieser Gruppen erhielten ein verhaltenstherapeutisches Programm, das folgende Bereiche umfasste:

- Elterntrainings: 27 Sitzungen in Elterngruppen und 8 Einzelsitzungen.
- Interventionen in der Schule: 10-60 Beratungssitzungen mit dem Lehrer und direkte Unterstützung des Kindes durch den Trainer an 60 Schultagen.
- Kinderzentriertes Training: Freizeitpädagogik, Kompetenztraining und Problemlösetraining in einem achtwöchigen Sommerferienprogramm.

Es stellte sich heraus (MTA cooperative group 1999b), dass Patienten mit komorbider Angststörung besser auf die Verhaltenstherapie ansprachen, als diejenigen ohne Angststörung. Allerdings zeigte sich dieser Prädiktor nur im Elternurteil (Fragebögen), nicht jedoch im Urteil der Lehrer (Fragebögen). Das Vorhandensein von aggressiven Störungen hatte keinen Einfluß auf die Ansprechrate.

Auch das Geschlecht stellte sich nicht als prädiktiv für den Erfolg der Behandlung heraus.

1.2.3 Prädiktoren für eine erfolgreiche Neurofeedbacktherapie

1.2.3.1 Exkurs: Neurofeedback als Therapiemöglichkeit des ADHS

Beim Neurofeedback erhält der Patient eine visuelle oder akustische Rückmeldung (Feedback) über bestimmte Parameter seiner Hirnaktivität. Er soll somit lernen sonst nicht bewusst ablaufende Prozesse wie z.B. die Aktivierung oder Deaktivierung von bestimmten Kortexarealen zu beeinflussen.

Feedback der Frequenzbänder

Anhand des Spontan-EEGs lässt sich die Aktivierung beurteilen. Dabei kommen niederfrequente Bänder, wie Theta und Delta vermehrt im Zustand des Einschlafens bzw. Tiefschlafs und hochfrequente Bänder wie Alpha und Beta im entspannten bzw. angespannten Wachzustand vor (Zschocke, 2002).

In zahlreichen Studien konnte man nachweisen, dass bei ADHS-Kindern im Vergleich zu gesunden Kindern die Theta-Aktivität erhöht und die Alpha- und Beta-Aktivität erniedrigt sind (Barry et al., 2003). Bei einer kleinen Gruppe von ADHS-Kindern fanden Clarke et al. (2003) einen erhöhten Anteil von Beta. Diese Unterschiede ließen sich frontal am deutlichsten nachweisen, was für eine Dysfunktion des Frontallappens spricht (Chabot & Serofontein, 1996). Mehrere Autoren fanden des Weiteren bei ADHS-Kindern heraus, dass das Verhältnis von Theta- zu Betaaktivität (Theta/Beta Quotient) erhöht ist. Dies konnte sowohl unter Ruhebedingungen, als auch bei der Ausführung von kognitiven Tätigkeiten nachgewiesen werden (Monastra et al, 2001; Clarke et al., 2001).

In den meisten bisherigen Studien zu Neurofeedback bei ADHS wurden den Probanden Frequenzen rückgemeldet. In der Studie von Monastra et al. (2002) sollten die Probanden lernen, ihre Beta-Aktivität zu erhöhen und ihre Theta-Aktivität zu vermindern. Bei Thompson & Thompson (1998) wurde anstelle des Beta-Rhythmus der Sensomotorische Rhythmus (SMR) verstärkt, während in der Studie von Fuchs et al (2003) sowohl der SMR als auch der Beta-Rhythmus rückgemeldet wurde.

In allen genannten Arbeiten wurden Verbesserungen sowohl im Verhalten, als auch in kognitiven Variablen festgestellt.

Feedback der ereigniskorrelierten Potenziale

Ereigniskorrelierte Potenziale sind Potenzialverschiebungen, die bei der kortikalen Verarbeitung von Reizen zustande kommen. Sie treten mit einer bestimmten Latenz nach einem Reiz auf. Nach dem Zeitpunkt des Auftretens (10ms bis 1s nach dem Reiz) lassen sich verschiedene evozierte Potenziale unterscheiden (z.B. N100, P200, P300, N200). Außer diesen Potenzialen gehören auch die sogenannten „langsamen Potenziale“ (LP) zu den ereigniskorrelierten Potenzialen, die nach einer Latenz von 500 ms auftreten und bei erhöhter Aufmerksamkeit des Probanden eine erhöhte negative Amplitude aufweisen. Sie können aber auch bei der Vorbereitung von Bewegungen vorkommen und werden in diesem Zusammenhang als Bereitschaftspotenziale bezeichnet (Birbaumer & Schmidt, 2003).

Das Training zum Erwerb der Kontrolle über die LP hat sich schon bei Epilepsiepatienten (Kotchoubey et al., 2001) und Locked-in-Patienten (Birbaumer et al., 1999) bewährt. In der Studie von Kotchoubey et al. (2001) konnten Epilepsiepatienten lernen, die Negativierung ihrer langsamen Potenziale zu unterdrücken. Da der Beginn epileptischer Aktivität mit einer Negativierung der LP einhergeht, (Ikeda et al., 1996) konnten die Patienten durch die Unterdrückung dieser Negativierung die Anfallshäufigkeit signifikant reduzieren.

Folgende Zusammenhänge zwischen Aufmerksamkeit und den langsamen Potenzialen erklären, warum das Training der langsamen Potenziale auch bei ADHS sinnvoll erscheint:

Nach dem Modell von Rockstroh et al. (1989) bedeuten negative langsame Potenziale einen Zustand, in dem der Kortex besonders erregbar ist. Werden die langsamen Potenziale elektrisch positiv, so ist die Erregbarkeitsschwelle erhöht.

Andere Autoren (Johnstone et al., 2003) kamen zu dem Ergebnis, dass ADHS-Kinder nach akustischen Reizen eine reduzierte frühe Negativierung aufweisen.

Auch Rockstroh et al. (1990) fanden bei Kindern mit Aufmerksamkeitsstörungen eine geringere Negativierung der langsamen Potenziale bei der Antizipation von Aufgaben. In Anbetracht dessen, dass die Negativierung der langsamen Potenziale im engen Zusammenhang mit der Aufmerksamkeitsleistung steht und dass von ADHS betroffene Kinder eine reduzierte Negativierung aufweisen, erscheint es sinnvoll ein Feedbacktraining bei ADHS durchzuführen. Die Studie, in deren Rahmen die vorliegende Arbeit angefertigt wurde, versucht erstmals diese Hypothese zu überprüfen (Strehl et al. 2004; Leins, 2004).

1.2.3.2 Prädiktoren für die klinische Verbesserung durch Neurofeedbacktherapie

Erziehungsstil

Monastra et al. (2002) untersuchten den Einfluss des Erziehungsstils als Prädiktor für den Erfolg einer Kombination von Neurofeedback- und Stimulanzientherapie bei 100 ADHS-Patienten im Alter von 6 bis 19 Jahren. 24 Probanden erhielten gemäß DSM IV die Diagnose ADS und 76 die Diagnose ADHS. Um in die Studie aufgenommen zu werden, mussten die Probanden zusätzlich in einem Aufmerksamkeitstest (TOVA; Greenberg, 1996) Auffälligkeiten aufweisen. Außerdem wurde ein QEEG durchgeführt und nur Probanden mit besonders hohen Anteilen von Aktivität in langsamen Frequenzen (4-8Hz) wurden aufgenommen. Alle Probanden erhielten eine Stimulanzientherapie, Elternberatung und Unterstützung in der Schule. 51% dieser Patienten erhielten noch zusätzlich eine Neurofeedbacktherapie.

Der Erziehungsstil der Eltern wurde anhand eines Interviews in zwei Gruppen eingeteilt:

1. systematisch (wenn die Eltern von positiven und negativen Verstärkungsmethoden berichteten);
2. nicht systematisch (wenn die Eltern ihre Kinder z.B. mit körperlicher Gewalt bestraften).

Der Therapieerfolg wurde anhand von Veränderungen im Verhalten (Eltern- und Lehrerfragebögen), der Aufmerksamkeit (TOVA) und des QEEG-Profiles sowohl unter Stimulanzientherapie, als auch nach einer Auswaschperiode von einer Woche gemessen. Erfolge zeigten sich nur in der Gruppe, die das Biofeedback-Training erhalten hatte. Dabei war ein positiver Erziehungsstil Bedingung für eine Verbesserung zu Hause. Unabhängig davon verbesserte sich diese Gruppe in der Schule und im Aufmerksamkeitstest. Das EEG hatte sich ebenfalls normalisiert.

Eine Analyse der oben beschriebenen MTA-Studie (Owens et al., 2000) beschäftigte sich ebenfalls mit dem Einfluss von Erziehungsmethoden auf den Therapieerfolg bei ADHS-Kindern. Ein geringes Durchsetzungsvermögen der Väter, ein niedriges Selbstbewusstsein der Mütter und ein „nicht-systematischer Erziehungsstil“ beider Eltern waren nachteilig für eine klinische Verbesserung.

Sonstige Prädiktoren

In der Studie von Lantz & Serman (1988) sollten Epilepsiepatienten mit Hilfe von Feedback lernen, ihren sensomotorischen Rhythmus (SMR: 11-15 Hertz) zu erhöhen. Zur Prädiktorenbestimmung wurden die Probanden vor und nach dem Training mit Hilfe einer neuropsychologischen Testbatterie (Dodrill, 1978) untersucht. Als Erfolgskriterium wurde die Reduktion der Anfallshäufigkeit festgelegt. Als Prädiktor wurde u.a. die Leistung in einem Test ermittelt, der die Problemlösefähigkeit bestimmt (Wonderlic, 1973). Die Probanden über dem Median in der Anfallsreduktion schnitten in diesem Test signifikant besser ab. Des Weiteren konnten sie Persönlichkeitsmerkmale bestimmen, die den Erfolg vorhersagten. Sie fanden heraus, dass die erfolgreicheren Patienten signifikant niedrigere, also normalere Werte im MMPI (Hathaway & Mckinley, 1967) und WPSI (Washington Psychosocial Seizure Inventory, Dodrill et al, 1980) aufwiesen. Was Alter, Geschlecht, Schulbildung und Anfallscharakteristika betrifft, fanden sie keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen oberhalb und unterhalb des Medians.

1.2.3.3 Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale

Kognitive Variablen

Daum et al (1993) bestimmten Prädiktoren für den Erwerb der Kontrolle über die langsamen kortikalen Potenziale. 14 medikamentenresistente Epilepsiepatienten im Alter von 15 bis 47 Jahren nahmen an 28 Biofeedbacksitzungen teil, in denen die langsamen Potenziale rückgemeldet wurden. Als Kriterien für den Lernerfolg galten die Differenzierung zwischen Negativierung und Unterdrückung der Negativierung (Positivierung) in Feedback- und Transferbedingung, also mit und ohne Rückmeldung. Die Patienten wurden anhand dieser Kriterien in eine erfolgreiche bzw. nicht erfolgreiche Gruppe eingeteilt. Die beiden Gruppen unterschieden sich in drei Variablen:

Aufmerksamkeitsmaße: die erfolgreiche Gruppe zeigte vor der Behandlung eine signifikant bessere Leistung im Block Tapping Test und im Test „Zahlen Nachsprechen“.

Verbales Gedächtnis: die erfolgreiche Gruppe zeigte eine signifikant bessere Leistung bei dem Untertest „verbalen Paarerkenung“ (Untertest aus dem Wechsler Memory Test, 1987).

Verbale Intelligenz: die erfolgreiche Gruppe hatte einen höheren, aber nicht signifikant verschiedenen verbalen IQ (Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene, Tewes, 1991).

Der Handlungs-IQ (HAWIE, Tewes, 1991), das visuell räumliche Gedächtnis (Benton Test, 1955, Rey-Figuren, 1941) und frontale Funktionen (Wisconsin Card Sorting Test, Nelson, 1976) hatten keinen Vorhersagewert.

Holzapfel (1998) untersuchte ebenfalls an Epilepsiepatienten Prädiktoren für das Erlernen der Selbstregulation der langsamen Hirnpotenziale. In zwei Therapieblöcken mit 20 bzw. 15 Biofeedbacksitzungen sollten 34 Probanden lernen, ihre langsamen kortikalen Potenziale zu steuern. Der Lernerfolg wurde daran gemessen, in welchem Ausmaß die Patienten diese Potenziale

negativieren, die Negativierung unterdrücken und zwischen diesen beiden Bedingungen unterscheiden konnten.

Folgende Prädiktoren wurden bestimmt:

Während demographische Daten und anfallsspezifische Variablen keine Rolle spielten, waren Persönlichkeitsmerkmale die wichtigsten Prädiktoren. Diese werden weiter unten näher beschrieben. Als einziges kognitives Merkmal konnte die Gedächtnisleistung identifiziert werden, die anhand eines Tests nach Channon et al. (1989) bestimmt wurde. Dieser Test enthält drei unterschiedlich schwierige Wortlisten, die der Proband sofort nach dem Vorlesen wiedergeben soll. Die Anzahl der erinnerten Wörter der schwersten der drei Listen sagte die Fähigkeit zum Negativieren und Differenzieren im Transfer voraus. Andere kognitive Merkmale, wie Intelligenz und Aufmerksamkeitsmaße erwiesen sich nicht als prädiktiv.

Persönlichkeitsmerkmale

In der oben beschriebenen Studie von Holzapfel (1998) hatten Persönlichkeitsmerkmale den größten Vorhersagewert.

Fünf Unterskalen des UBV (Fragebogen zum Umgang mit Belastungen im Verlauf, Reicherts & Perrez, 1993) und zwei Skalen des MMPI (Minnesota-Multiphasic- Personality Inventory, Gehring und Blaser, 1993) wurden als Prädiktoren extrahiert. Sowohl der Umgang mit Belastungssituationen, wie z.B. verschiedene Bewältigungsstrategien, als auch psychopathologische Merkmale, wie z. B. erhöhte Depressionswerte, spielen eine Rolle beim Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale.

EEG-Parameter

Neumann (2001) untersuchte den Einfluss der Anfangsleistung auf die Endleistung bei der Fähigkeit der Kontrolle über die LP an 5 Patienten mit amyotropher Lateralsklerose. Vier der fünf Probanden befanden sich in einem fortgeschrittenen Stadium und drei Probanden wurden sogar künstlich beatmet. Sie fand heraus, dass die maximale Leistung der ersten 30 (von 193) Durchgängen die Endleistung vorhersagte.

Sonstige Prädiktoren

Holzapfel (1998) untersuchte auch den prädiktiven Wert von demographischen Variablen (Alter, Bildung, Geschlecht) und Variablen der Erkrankung (Krankheitsdauer, Anfallsfrequenz, Anfallstyp). Keines dieser Merkmale erwies sich als Prädiktor.

Tabelle 2: Übersicht über Studien zu Prädiktoren für den klinischen Erfolg und für den Erwerb von kortikaler Selbstkontrolle

Prädiktor für Veränderung: +

Prädiktor für Ausbleiben einer Veränderung: -

kein Prädiktor: o

Autor	Stichprobe	Versuchsaufbau	Zielgröße	Prädiktoren
Aman & Turbott (1991)	26 ADHS Kinder im Alter von 5,5 bis 12,5 Jahren, darunter 4 Mädchen	alle Probanden erhielten ca. 3 Wochen lang Methylphenidat	Verbesserung des Verhaltens anhand von Lehrer- und Elternfragebögen	+ junges Alter + gute Leistung in einem Gedächtnistest
Buitelaar et al. (1995)	46 ADHS Kinder im Alter von 6 bis 13 Jahren, darunter 5 Mädchen	jeder Proband erhielt in zwei vierwöchigen Therapieblöcken Methylphenidat, Pindolol oder Placebo	Verbesserung des Verhaltens anhand von Lehrer- und Elternfragebögen	+ Kombination aus folgenden Variablen: jüngeres Alter hoher IQ Fehlen von Angststörung Hoher Grad an Unaufmerksamkeit stärkere Ausprägung der Störung
Zeiner et al. (1999)	36 Jungen im Alter von 7 bis 11 Jahren	die Probanden erhielten Methylphenidate	Verbesserungen im Gedächtnis- und Aufmerksamkeits-test	+ junges Alter + hoher Grad an Hyperaktivität
Spencer et al. (1996)	Review über 155 Studien, die sich mit der Effizienz und Sicherheit von Stimulanzien befassten			- komorbide Angststörung

Autor	Stichprobe	Versuchsaufbau	Zielgröße	Prädiktoren
MTA cooper- ative group (1999)	MTA Studie: 579 ADHS Kinder im Alter von 7 bis 9 Jahren, darunter 20% Mädchen	- die Probanden wurden per Zufall in eine von vier Therapiegruppen zugewiesen : 1. medikamentöse Behandlung 2. Verhaltenstherapie 3. Kombination aus 1. und 2. 4. Standardtherapie - diese Behandlungen wurden jeweils 14 Monate lang durchgeführt	Verbesserung des Verhaltens anhand von Lehrer- und Elternfragebögen	1. medikamentöse Therapie: <ul style="list-style-type: none"> ○ komorbide Angststörung, ○ komorbide aggressive Erkrankung ○ Geschlecht 2. Verhaltenstherapie: <ul style="list-style-type: none"> + komorbide Angststörung ○ komorbide aggressive Störung ○ Geschlecht
Owens et al. (2000)		MTA-Studie: s.o.	Klinische Verbesserung	- nicht-systematischer Erziehungsstil - niedriges Selbstbewusstsein der Mütter - geringes Durchsetzungsvermögen der Väter
Owens et al. (2003)	MTA Studie: s. o.	MTA-Studie: s.o.	Verbesserung des Verhaltens anhand von Lehrer- und Elternfragebögen	- Kombination aus folgenden Variablen: depressive Eltern schwerwiegendere ADHS Symptomatik niedriger IQ der Probanden
Chabot et al. (1999)	130 Kinder, im Alter von 6 bis 16 Jahren: 65 mit ADHS; 47 mit ADS 18 mit Aufmerksam- keitsstörung ohne ADS	alle Probanden erhielten 6 bis 15 Monate lang die Medikamente, auf die sie am Besten an-sprachen (Dex- amphetamin, Methyl- phenidat oder Thioridazin)	Verbesserung des Verhaltens anhand von Lehrer- und Elternfragebögen; EEG- Veränderungen	+ Mischtypen (ADHS, 81%) <ul style="list-style-type: none"> ○/+ unaufmerksame Typen (ADS, 44,7%) + stärkere Ausprägung der Kardinalsymptome + überdurchschnittlich viel Beta im EEG

Autor	Stichprobe	Versuchsaufbau	Zielgröße	Prädiktoren
Monastra et al. (2002)	100 ADHS Patienten im Alter von 6 bis 19 Jahren, darunter 17 weiblich	jeder Proband erhielt ein Jahr lang Stimulanzen, akademische Unterstützung in der Schule und Elternberatung 51% wurde zusätzlich mit Biofeedback therapiert (im Durchschnitt 43 Sitzungen pro Patient)	Verbesserung des Verhaltens anhand von Lehrer- und Elternfragebögen; Verbesserungen im Aufmerksamkeits-test (TOVA)	Stimulanzientherapie + EEG-Feedback: + systematischer Erziehungsstil der Eltern
Diamond et al. (1999)	91 ADHS Kinder, im Alter von 6 bis 14 Jahren, 38 litten unter einer Angststörung	- 2 Gruppen erhielten Stimulanzen - 2 erhielten Plazebo - jeweils eine von beiden erhielt noch zusätzlich Elterntraining	Verbesserung des Verhaltens anhand von Eltern- und Lehrerfragebögen	o Angststörung
Doepfner & Lehmkuhl (2002)	Eine Zusammenfassung über den Stand der Forschung zur Wirksamkeit von verschiedenen Therapien bei Kindern zu ADHS			1. medikamentöse Therapie - Kindergartenalter + Schulalter -/o komorbide Angststörung 2. Verhaltenstherapie: + komorbide Angststörung

Autor	Stichprobe	Versuchsaufbau	Zielgröße	Prädiktoren
Holzapfel (1998)	34 Epilepsiepatienten	2 Trainingsphasen LP Feedback: - 1. Phase: 20 Sitzungen - 2. Phase: 15 Sitzungen	- Negativierung der LP - Unterdrückung der Negativierung der LP - Differenzierung zwischen den beiden Potenzialverschiebungen	+ Persönlichkeitsmerkmale: 5 Skalen des UBV Fragebogens 2 Skalen des MMPI Fragebogens + kognitive Merkmale: Wortliste nach Channon et al. (1989) ○ demographische Variablen ○ Anfallsvariablen
Daum et al. (1993)	14 Epilepsiepatienten	28 Sitzungen LP-Feedback	- Differenzierung zwischen Negativierung und Unterdrückung der Negativierung - Lernrate über die 28 Sitzungen (Leistungssteigerung)	+ Aufmerksamkeitsmaße Block Tapping Test Zahlennachsprechen
Lantz & Sterman (1988)	24 Epilepsiepatienten	18 Sitzungen, Rückmeldung von SMR (11-15 Hz)	Klinischer Erfolg (Anfallsreduktion)	+ Persönlichkeitsmerkmale: normalere Profile im MMPI und WPSI + kognitive Merkmale: Wonderlic ○ demographische Variablen ○ Anfallsvariablen
Neumann (2001)	5 ALS Patienten	Die Probanden nahmen an zwischen 8 und 34 Trainingssitzungen teil	Mittlere Trefferquote in den Durchgängen 64-93 bzw. 162-191	+ gute Anfangsleistung (gute Trefferquote innerhalb der ersten 30 Durchgängen)

ADHS: Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Syndrom

ALS: Amyotrophe Lateralsklerose

EEG: Elektroenzephalogramm

IQ: Intelligenzquotient

MTA-Studie: Multimodal Treatment Study of ADHD

1.3 Zusammenfassung

Wichtig ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass sich bis dato viele Studien mit der Ermittlung von Prädiktoren für eine erfolgreiche Stimulanzientherapie beschäftigt haben, während diese Frage bei nicht-medikamentösen Behandlungsmöglichkeiten von ADHS eher im Hintergrund stand. Die MTA Studie ist die einzige Arbeit, die sich mit möglichen Prädiktoren für den Erfolg einer Verhaltenstherapie bei ADHS beschäftigt. Was Prädiktoren für eine erfolgreiche Neurofeedbacktherapie bei ADHS betrifft, gibt es bislang nur eine Studie (Monastra, 2001), in der jedoch lediglich der Erziehungsstil als möglicher Prädiktor untersucht wurde. Studien zur Vorhersage für das Erlernen der Kortikalen Selbstregulation bei ADHS-Kindern gibt es bislang nicht, was darauf zurückzuführen ist, dass dieser therapeutische Ansatz überhaupt in jüngster Zeit erstmals untersucht wird. Von den oben beschriebenen Arbeiten lassen sich folgende Ergebnisse festhalten:

Die Metaanalyse von Doepfner & Lehmkuhl (2002) deutet darauf hin, dass Kinder im Schulalter bessere Erfolge durch Stimulanzien erzielen als im Vorschulalter. Innerhalb dieser Gruppe sprechen die Jüngeren am besten auf die Therapie an (Aman & Turbott, 1991; Buitelaar et al., 1995; Zeiner et al., 1999).

Was die Rolle der Komorbidität betrifft, so gibt es widersprüchliche Erkenntnisse bezüglich des prädiktiven Werts einer Angststörung: Man fand zum einen heraus, dass sie die Ansprechbarkeit auf bestimmte Verhaltenstherapien erhöht (MTA cooperative group, 1999). Ob sie den Behandlungserfolg mittels Stimulanzien senkt (Buitelaar et al., 1995; Spencer et al., 1996), oder nicht, ist noch unklar. Neuere Studien (MTA cooperative group, 1999; Diamond et al., 1999) widerlegen diese Behauptung. Komorbide aggressive Störungen wurden in keiner Studie als prädiktiv erkannt.

Bei den verschiedenen Subtypen von ADHS gibt es ebenfalls Unterschiede in der Ansprechrate, wobei Mischtypen besser auf Ritalin ansprechen als rein „unaufmerksame Kinder“ (Chabot et al., 1999; Barkley et al., 1998a). Auch ein eher höherer IQ konnte in zwei der oben erwähnten Studien als Prädiktor für

eine erfolgreiche Stimulanzientherapie identifiziert werden (Owens et al, 2003; Buitelaar et al, 1995), wobei andere Kriterien zusätzlich gegeben sein mussten, um signifikante Ergebnisse zu liefern (s. Tabelle 2). Bestimmte EEG-Profile scheinen ebenfalls den Erfolg einer Therapie zu beeinflussen (Chabot et al., 1999). Ein systematischer Erziehungsstil trägt bei der Neurofeedbackbehandlung zur Verbesserung des Verhaltens im häuslichen Bereich bei und führt zur Veränderung kognitiver Parameter (Monasta et al., 2002).

Das Geschlecht konnte weder im Bereich der Verhaltenstherapie, noch im Bereich der Behandlung mit Stimulanzien (MTA Cooperative Group, 1999; Buitelaar et al., 1995) als signifikanter Prädiktor identifiziert werden.

Gray & Kagan (2000) kamen in ihrem Review über 59 Studien zu Prädiktoren einer erfolgreichen Stimulanzientherapie zu ähnlichen Ergebnissen: Sie fanden heraus, dass jüngere Kinder (ab dem Schulalter), die nicht unter einer komorbiden Angststörung leiden und die stärker von den Kardinalsymptomen der Störung betroffen sind, am Besten auf Stimulanzien ansprechen. Aggressive Begleitstörungen, IQ und Geschlecht haben wenig oder gar keinen Einfluss auf die Ansprechrate.

Studien zu Prädiktoren für die kortikale Selbstregulation waren im Bereich „ADHS“ gar nicht auffindbar. Bei Epilepsiepatienten waren kognitive Variablen und Persönlichkeitsmerkmale die wichtigsten Prädiktoren für den Erwerb von kortikalen Selbstkontrolle, allerdings sind auch hier die Ergebnisse nicht einheitlich, bzw. nicht repliziert worden.

Aufgrund von methodischen Problemen der angebotenen Literatur ist die klinische Relevanz dieser Erkenntnisse begrenzt. So wurden z.B. zahlreiche Studien ohne Plazebo-Kontrolle durchgeführt und die für die Diagnostik verwendeten Instrumente waren uneinheitlich. Klinische Verbesserungen wurden in den verschiedenen Studien sehr unterschiedlich definiert, so verlangten manche Autoren eine Normalisierung, andere nur eine Verbesserung der Symptome. Die Suche nach Prädiktoren scheint also bis jetzt nicht im Zentrum der ADHS Forschung zu stehen, besonders im Bereich von nichtmedikamentösen Behandlungen gibt es in diesem Bereich nur sehr wenige Erkenntnisse.

1.4 Fragestellung

Dass ADHS-Kinder von der Neurofeedbacktherapie des Theta/Beta-Quotienten und der langsamen Potenziale profitieren, konnte schon gezeigt werden (Leins, 2004). Da jedoch in der Ansprechrate zwischen den Kindern große Unterschiede vorliegen, ist die Bestimmung von Prädiktoren, die den Erfolg dieser Therapie vorhersagen, von großer Bedeutung.

Bislang gibt es weder ausführliche Studien zu Prädiktoren für den klinischen Erfolg einer Neurofeedbacktherapie, noch für den Erwerb der kortikalen Selbstkontrolle bei ADHS-Kindern. Um dennoch herauszufinden, welche Größen den Therapieerfolg möglicherweise beeinflussen, wurde in diesem Kapitel auch auf Studien zurückgegriffen, die Prädiktoren für andere Behandlungsmöglichkeiten von ADHS untersucht haben. Es zeigte sich, dass der Therapieerfolg u.a. von demographischen, krankheitsspezifischen, sowie kognitiven Merkmalen abhängt. Was den Erwerb von kortikaler Selbstregulation betrifft, wurden kognitive Variablen, EEG-Parameter und Persönlichkeitsmerkmale als prädiktiv erkannt, während demographische und krankheitsspezifische Variablen keinen Einfluss hatten.

In der vorliegenden Arbeit soll für zwei Neurofeedbackangebote untersucht werden, ob diese oder weitere Faktoren auch den Erfolg des Trainings von ADHS-Kindern beeinflussen. Im Einzelnen werden folgende Fragestellungen bearbeitet:

Lässt sich (1) der Erwerb der kortikalen Selbstregulation und (2) der klinische Erfolg vorhersagen durch:

- demographische Variablen,
- kognitive Variablen,
- krankheitsspezifische Variablen,
- Erziehungsmerkmale,
- EEG Parameter,
- psychisches und körperliches Wohlbefinden.

Beide Fragen werden sowohl für ein Training zur Beeinflussung der Langsamen Potenziale, als auch für ein Training der Steuerung der Theta- und Beta-Frequenzen untersucht.

2 Probanden und Methoden

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die Stichprobe, die verwendeten Tests, sowie das Therapieprogramm gegeben, wobei bestimmte Abschnitte in Anlehnung an Texten von anderen an diesem Projekt arbeitenden Autoren erstellt wurden (Kapitel 2.3.1.3-2.3.3: Klinger, 2004; Kapitel 2.4: Rumpf, 2004). Abschließend werden die Überlegungen zur statistischen Auswertung beschrieben.

2.1 Stichprobe

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 (s. Tabelle 3). Der einen Gruppe wurden langsame Potenziale (LP-Gruppe), der anderen der Theta/Beta-Quotient (Theta/Beta-Gruppe) rückgemeldet. Die Patienten wurden randomisiert den beiden Experimentalgruppen zugewiesen. Aufgrund von unterschiedlich vielen Aussteigern in den beiden Gruppen, ist die Anzahl der Probanden verschieden. Dieser Unterschied ist für die vorliegende Arbeit jedoch nicht relevant, weil für die Fragestellung eine Vergleichbarkeit der beiden Gruppen nicht erforderlich ist.

Tabelle 3: Beschreibung der beiden Experimentalgruppen

	LP-Gruppe	Theta/Beta-Gruppe
Geschlecht (N)	männlich: 20 weiblich: 5	männlich: 17 weiblich: 4
Alter (Jahre)	Mittelwert: 9,32 Range: 8-13	Mittelwert: 9,14 Range: 8-12
Diagnose	ADHS: 20 ADS: 5 HS: 0	ADHS: 16 ADS: 5 HS: 1
Intelligenzquotient (nach HAWIK-III-R)	Mittelwert: 102,44 Range: 83-126	Mittelwert: 99,52 Range: 82-113
Medikation	Anzahl: 5 Art: Ritalin Dosis: 25-60 mg/d	Anzahl: 1 Art: Ritalin Dosis: 10 mg/d

2.2 Ablauf der Studie

Die Studie wurde von Oktober 2001 bis Mai 2004 durchgeführt. Das Training der Kinder in den beiden Experimentalgruppen erstreckte sich jeweils über drei zweiwöchige Phasen, wobei pro Phase 10 Sitzungen durchgeführt wurden. Eine Sitzung dauerte etwa eine Stunde. Zwischen den Phasen war eine Pause von mindestens vier bis maximal sechs Wochen.

Vor der ersten Trainingsphase (Screening), unmittelbar nach Ende des Trainings (Post 1) und ein halbes Jahr danach (Post 2) wurden Fragebögen an Eltern, Kinder und Lehrer ausgegeben, die Kinder getestet und Elterngespräche durchgeführt. Tabelle 4 gibt eine Übersicht über den Studienablauf.

Tabelle 4: Studienablauf; modifiziert nach Leins (2004)

Trainings- abschnitt	Inhalt	Zeitdauer
Screening	Erhebung der Prädiktorvariablen und Diagnostik: <ul style="list-style-type: none"> - Fragebögen - Tests - Elterngespräch 	ca. 2 Wochen
Neurofeedback- training	Trainingsphase I: <ul style="list-style-type: none"> - 10 Sitzungen mit durchschnittlich 4 Durchgängen (Runs) - Placebofragebögen 	2 Wochen
	Trainingspause, Transferübungen	4-6 Wochen
	Trainingsphase II: <ul style="list-style-type: none"> - 10 Sitzungen mit durchschnittlich 4 Durchgängen (Runs) - Placebofragebögen 	2 Wochen
	Trainingspause, Transferübungen	4-6 Wochen
	Trainingsphase III: <ul style="list-style-type: none"> - 10 Sitzungen mit durchschnittlich 4 Durchgängen (Runs) - Durchführung von Transferübungen - Placebofragebögen 	2 Wochen
Post 1	Messung der Veränderung: <ul style="list-style-type: none"> - Fragebögen - Tests - Elterngespräch 	ca. 2 Wochen
Post 2 (sechs Monate nach Post 1)	Messung der Stabilität des Erfolges: <ul style="list-style-type: none"> - 3 Trainingssitzungen - Fragebögen - Tests - Elterngespräch 	ca. 2 Wochen

2.3 Messinstrumente

Die Messinstrumente dienten neben der Diagnostik auch der Ermittlung von Prädiktoren und der Bestimmung der Therapieeffekte. Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die Fragebögen und die Tests, die im Screening und in den beiden Nachuntersuchungen eingesetzt wurden.

2.3.1 Fragebögen

2.3.1.1 Fragebögen für Eltern

Mit dem Anamnesefragebogen zur Entwicklung bei Schulkindern (Anders & Bahn Müller, 2000b) 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) werden die im DSM-IV angegebenen Kriterien für ADHS erfasst. Neben der Diagnostik diene dieser Fragebogen auch zur Ermittlung von Prädiktoren. Somit konnten die Einflussgrößen „Subtyp“ und „Schwere der Störung“ als mögliche Vorhersagevariablen untersucht werden.

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. Auch diese Variablen dienten neben der Messung der klinischen Veränderung, der Prädiktorenermittlung.

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) 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. Dabei wurde jeweils ein Wert für Nachsichtigkeit und Überreaktion ermittelt. Diese beiden Erziehungsstrategien wurden als mögliche Prädiktoren für den Therapieerfolg in die Untersuchung einbezogen.

2.3.1.2 Fragebogen für Lehrer/innen

Der Fragebogen für Lehrer/innen (Anders & Bahnmüller, 2000a) 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 (1998b) bezweifeln, 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 und zur Bestimmung möglicher Prädiktoren verwendet.

Im DSM-Fragebogen für das Kind (Wittchen, 1989), 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) erfasst anhand von 12 Items die Händigkeit.

2.3.2 Tests

Die Tests wurden sowohl im Screening als auch in den beiden Follow-up-Untersuchungen eingesetzt. Dabei sollten im Screening durch die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) und den HAWIK III die subjektiven Angaben aus den Fragebögen um objektive Daten zu kognitiven Variablen (Aufmerksamkeit und Intelligenz) ergänzt werden. Zusätzlich sollen Aufmerksamkeitsmaße und IQ als mögliche Prädiktoren untersucht werden.

Die Testdaten aus den Follow-up-Untersuchungen wurden zur Kontrolle des klinischen Erfolgs mit denen aus dem Screening verglichen. Um Tageszeitabhängige Einflüsse 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)

Zu allen 3 Testzeitpunkten wurden 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 dieser Komponenten und des Testaufbaus auf das 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 in den beiden Untertests Go/NoGo und Reaktionswechsel signifikant. Die Spezifität dieser beiden Untertests lag bei 93%, die Sensitivität bei 86%. Außerdem korrelierten die Ergebnisse der TAP stark mit den Einschätzungen der Eltern und mittelstark mit den Bewertungen der Lehrer. Allerdings war die Stichprobe der genannten Studie klein, so dass

die Ergebnisse als vorläufig betrachtet werden müssen. Daher wurden in unsere Studie mehr als nur diese beiden Untertests einbezogen.

Intelligenztests

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. Er wurde als möglicher Prädiktor für die kortikale Selbstregulation und den klinischen Erfolg untersucht. Außerdem diente der Vergleich von vor und nach der Therapie gemessenem IQ als sekundäres Erfolgsmaß.

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. Es wurde ein IQ für den Verbalteil, einer für den Handlungsteil, und ein Gesamt-IQ bestimmt. Retesteffekte werden für den HAWIK-III nur für ein Intervall von weniger als 6 Monaten zwischen den Tests angenommen. Der Zeitraum zwischen Screening und Post2 beträgt in unserer 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. Dieses besteht aus 11 Untertests (Alltagswissen, Realitätssicherheit, angewandtes Rechnen, soziale und sachliche Folgerichtigkeit, unmittelbares Reproduzieren, Synonyme finden, kodieren und assoziieren, antizipieren und kombinieren, analysieren und synthetisieren und soziales Erfassen). Der Test wurde so konzipiert, dass nicht kompensierbare Teilleistungsschwächen erkannt werden können. Bei der Auswertung können T-Werte und Prozentränge für den besten, den schlechtesten und den zweitschlechtesten Untertest, sowie

die Spannungsbreite (Range) der Intelligenzleistung bestimmt werden. Hilfsweise können die T-Werte in einen IQ umgerechnet werden.

2.3.3 Elterngespräche

Das Elterngespräch im Screening diente 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-Untersuchung waren auch die Kinder anwesend. Im Rahmen 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 Angaben in 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, ob das Kind seine Fähigkeit zur Gehirnaktivierung angewandt hat.

Tabelle 5: Übersicht über die verwendeten Fragebögen und Tests, modifiziert nach Leins (2004)

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

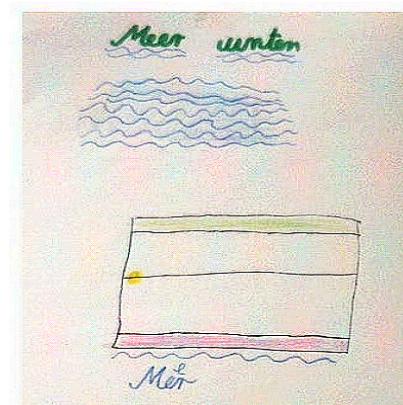


Abbildung 1: Strategien zur Aktivierung (linkes Bild) bzw. Deaktivierung (rechtes Bild) der Gehirnaktivität (Leins, 2004).

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 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.

Eine Überwachungskamera mit Gegensprechanlage ermöglichte es dem Trainer, den Probanden während des Durchgangs zu beobachten und im Kontakt mit ihm zu bleiben, da sich Trainer und Proband während des Trainings in verschiedenen Räumen aufhielten.

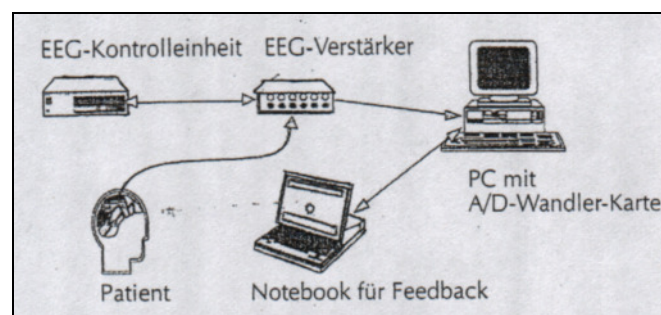


Abbildung 2: Geräteverschaltung (Hinterberger et al. 1999)

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 Ohr läppchen 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.

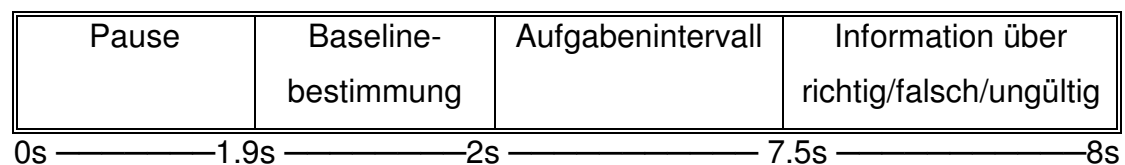


Abbildung 5: Aufbau einer Aufgabe in der LP-Gruppe

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.

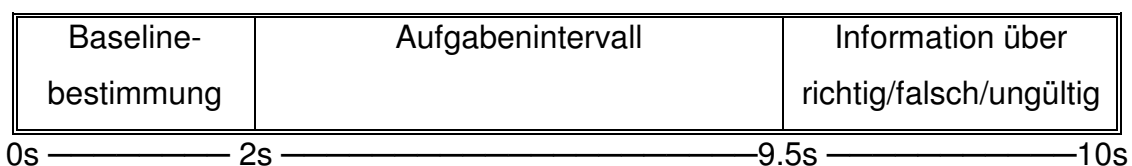


Abbildung 6: Aufbau einer Aufgabe in der Theta/Beta-Gruppe

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.

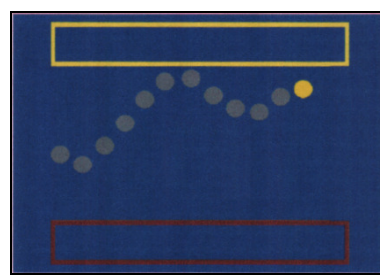
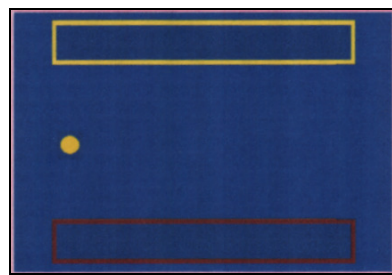


Abbildung 7 Aufgabenstellung **Abbildung 8** optisches Feedback

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.

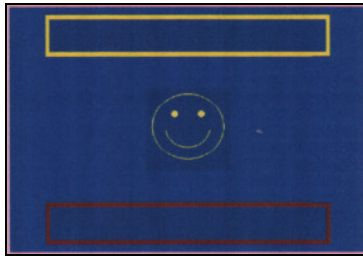


Abbildung 9 „richtig“

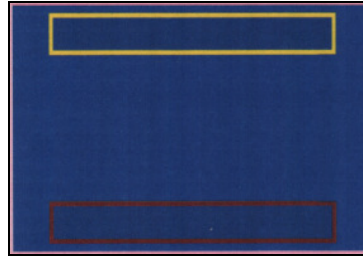


Abbildung 10 „falsch“

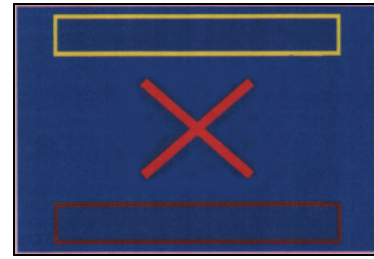


Abbildung 11 „ungültig“

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 Auswahl der Kriterien

Prädiktoren wurden für den klinischen Erfolg sowie für die kortikale Selbstregulation für beide Gruppen getrennt ermittelt. Tabelle 7 enthält eine Übersicht über die jeweiligen Erfolgskriterien.

2.5.1.1 Klinischer Erfolg

Das Verhalten der Probanden wurde von den Eltern und den Lehrern in einem Fragebogen vor und nach der Therapie beurteilt. Da sich das Therapieprogramm jedoch meist über ein halbes Jahr erstreckte, wurde das Verhalten mancher Kinder bei den Nachuntersuchungen von einem anderen Lehrer beurteilt, als beim Screening. Aus diesem Grund wurde als klinische Zielgröße die Verbesserung des Verhaltens mit Hilfe des DSM-Fragebogens für die Eltern (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke) bestimmt. Beide Experimentalgruppen wurden jeweils in eine erfolgreiche und eine nicht-erfolgreiche Gruppe unterteilt. Um als gebessert zu gelten, musste die Anzahl aller vor Beginn der Therapie erfüllten DSM-IV Kriterien entweder im Bereich „Unaufmerksamkeit“ oder „Hyperaktivität/Impulsivität“ bei der Post 1-Untersuchung um mindestens zwei verringert sein. Neun Kinder der LP-Gruppe und 11 Kinder der Theta/Beta-Gruppe erfüllten diese Voraussetzungen. Wie man aus Tabelle 6 erkennen kann, sind die Mediane für Unaufmerksamkeit, sowie für Hyperaktivität/ Impulsivität in den erfolgreichen Gruppen gesunken, während sie bei den nicht erfolgreichen Gruppen unverändert blieben. In den „erfolgreichen Gruppen“ waren fünf Kinder in der Theta/Beta-Gruppe und drei Kinder in der LP-Gruppe, die nach den Kriterien nicht nur gebessert waren, sondern auch nicht mehr als ADHS-krank galten, da sie weniger als sechs Kriterien erfüllten.

Tabelle 6: Übersicht über die klinisch erfolgreichen und nicht-erfolgreichen Probanden;

T/B: Probanden der Theta/Beta-Gruppe; LP: Probanden der LP-Gruppe; U1: Anzahl der erfüllten DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit beim Screening; H1: Anzahl der erfüllten DSM-IV Kriterien für Hyperaktivität/ Impulsivität beim Screening; U2: Anzahl der erfüllten DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit beim Post 1; H 2: Anzahl der erfüllten DSMIV Kriterien für Hyperaktivität/Impulsivität beim Post 1.

KLINISCH VERBESSERTETE PROBANDEN						KLINISCH NICHT-VERBESSERTETE PROBANDEN					
Gruppe	Code	U1	U2	H1	H2	Gruppe	Code	U1	U2	H1	H2
T/B	X03	7	5	6	6	T/B	X07	4	4	7	7
T/B	X05	8	7	6	4	T/B	X10	8	8	5	4
T/B	X06	8	5	4	4	T/B	X16	9	9	9	9
T/B	X08	7	5	9	8	T/B	X21	7	8	7	7
T/B	X23	8	7	6	4	T/B	X25	9	8	7	7
T/B	X41	9	4	8	8	T/B	X45	9	9	9	9
T/B	X49	7	3	8	5	T/B	X47	8	9	8	8
T/B	X58	7	6	7	5	T/B	X50	9	9	9	9
T/B	X60	6	2	1	0	T/B	X59	9	9	9	8
T/B	X61	7	5	4	3						
T/B	X67	8	6	8	6						
T/B	X69	7	5	7	5						
Median		7	5	6,5	5	Median		9	9	8	8
LP	Y14	9	9	9	7	LP	Y12	7	7	7	7
LP	Y26	8	6	6	6	LP	Y13	7	9	9	9
LP	Y30	9	7	8	8	LP	Y15	9	9	7	7
LP	Y31	6	3	8	4	LP	Y18	9	9	9	8
LP	Y33	8	5	7	7	LP	Y19	9	9	8	9
LP	Y35	8	6	9	7	LP	Y20	8	9	5	7
LP	Y37	7	3	4	1	LP	Y22	8	8	6	9
LP	Y38	8	7	8	6	LP	Y23	6	6	7	6
LP	Y39	9	7	8	5	LP	Y24	9	9	6	6
LP	Y40	8	5	3	3	LP	Y27	8	7	7	7
						LP	Y28	9	8	8	8
						LP	Y29	7	7	8	8
						LP	Y32	7	8	4	4
						LP	Y34	8	9	2	4
						LP	Y36	7	6	6	5
Median		8	6	7,5	6	Median		8	8	7	7

2.5.1.2 Erfolg in der kortikalen Selbstregulation

LP Gruppe

Aufgrund der in Kapitel 1.2.3.1 dargestellten Zusammenhänge zwischen Aufmerksamkeit und der Negativierung Langsamer Potenziale, wurde der Erwerb dieser Fertigkeit als Lernkriterium für den Erwerb von Selbstkontrolle ausgewählt. Um das Ausmaß der LP-Verschiebung gegenüber der Baseline zu ermitteln, wurde für jedes Kind die mittlere Amplitude der LP über alle Negativierungsaufgaben im dritten Trainingsblock für die Aufgabenphase gemittelt. Die Baselinephase wurde als Nulllinie genommen. Das Erfolgskriterium ist in diesem Fall somit eine stetige Größe. Je negativer dieser Wert ist, desto besser war ein Kind in der Lage, seine LP in der Aktivierungsaufgabe zu negativieren.

Theta/Beta-Gruppe

Mehrere Autoren (Monastra et al, 2001; Clarke et al., 2001) fanden heraus, dass ADHS Kinder einen höheren Theta/Beta Quotienten aufweisen als gesunde Kinder. Daher wurden diejenigen Kinder als erfolgreich angesehen, denen es in den Aktivierungsaufgaben gelang, den T/B-Quotienten während der Aufgabenphase im Vergleich zur Baselinephase zu verringern.

Hierfür wurde der mittlere Quotient während des Aufgabenintervalls mit dem mittleren Quotienten während der Baselinephase für alle Aktivierungsaufgaben des dritten Blocks verglichen. Die mittlere Differenz zwischen diesen beiden Phasen wurde als stetige Variable für jedes Kind einzeln berechnet.

Tabelle 7: Übersicht über die Zielgrößen der beiden Experimentalgruppen

	Kortikale Selbstregulation	Klinischer Erfolg
Theta/Beta-Gruppe	Mittlere Differenz zwischen dem Theta/Beta-Quotienten während der Aufgabenphase und der Baselinephase in den Aktivierungsaufgaben der Sitzungen 21-30.	Entweder im Bereich Unaufmerksamkeit oder Hyperaktivität/ Impulsivität muss die Anzahl aller vor Beginn erfüllten DSM-IV Kriterien um mindestens 2 verringert sein.
LP-Gruppe	Mittlere Amplitude der LP der Sitzungen 21-30 in den Aktivierungs-aufgaben.	

2.5.2 Auswahl der Prädiktoren

Als potenzielle Prädiktoren wurden demographische Variablen, krankheitsspezifische Variablen, kognitive Merkmale, die körperliche und psychische Lebenszufriedenheit der Kinder, Erziehungsmerkmale der Eltern und EEG-Parameter ausgewählt. Die meisten möglichen Prädiktoren dienten ebenfalls der Diagnostik und die dazu verwendeten Messinstrumente wurden in Kapitel 2.3 (s. Tabelle 5) schon beschrieben. Sie wurden im Rahmen der Voruntersuchung (Screening) bestimmt. Tabelle 8 zeigt eine Übersicht über die untersuchten Variablen.

Einige mögliche Prädiktoren wurden nicht weiter untersucht, weil sie zu sehr kleinen Gruppen führten. Zum Beispiel konnte der Subtyp „HS“ gemäß DSM-IV aufgrund der geringen Anzahl von Kindern in den jeweiligen Gruppen nicht in die Analyse einbezogen werden. Ferner wurde der Faktor „Komorbidität“ nicht in die Analyse aufgenommen, weil sich nur sehr kleine Untergruppen ergaben.

Aus dem Aufmerksamkeitstest (TAP) wurde die Anzahl an Testkennwerten, die überdurchschnittliche (d.h. Prozentränge über 75) oder unterdurchschnittliche (d.h. Prozentränge unter 25) Leistungen repräsentierten, als möglicher Prädiktor untersucht.

Um zu überprüfen, ob die Fähigkeit, die LP zu Beginn des Trainings zu beeinflussen, den späteren Enderfolg vorhersagen kann, wurden die Mittelwerte

der LP der ersten beiden gültigen Trainingssitzungen für jedes Kind der LP-Gruppe errechnet und als möglicher Prädiktor untersucht. Bei der Theta/Beta-Gruppe wurde die mittlere Differenz zwischen dem Theta/Beta Quotienten während der Aufgabenphase und der Baselinephase unter der Aktivierungsbedingung ebenfalls in den ersten beiden gültigen Trainingssitzungen errechnet und als Einflussgröße untersucht.

Da davon ausgegangen wird, dass für die Anwendung im Alltag die Fähigkeit zu Negativieren unter Transferbedingung besonders wichtig ist, wurde diese als möglicher Prädiktor für den klinischen Erfolg untersucht. Dafür wurde für jedes Kind die mittlere Amplitude der LP in den Sitzungen 21-30 für alle Aktivierungsaufgaben in der Transferbedingung errechnet und durch den Standardfehler geteilt. Die Kinder, deren standardisierter Mittelwert über dem Median aller Kinder lag, kamen in die „erfolgreiche Gruppe“. Die mittlere LP-Amplitude der so ermittelten „erfolgreichen“ Gruppe lag bei $-8,57\mu\text{V}$, während die mittlere LP-Amplitude der „nicht-erfolgreichen“ Gruppe $0,08\mu\text{V}$ betrug. In der Theta/Beta-Gruppe wurde entsprechend die Differenz des Theta/Beta-Quotienten während der Aufgabenphase und der Baselinephase in der Transferbedingung für die Aktivierungsaufgabe für jedes Kind errechnet und durch den Standardfehler geteilt. Auch hier wurden diejenigen Kinder, deren mittlere Differenz über dem Median aller Kinder lag, als erfolgreich bezeichnet. In dieser Gruppe lag die mittlere Differenz der „erfolgreichen“ Gruppe bei $-0,39$, während sie bei der „nicht-erfolgreichen“ Gruppe nur $-0,06$ betrug.

Tabelle 8: Übersicht über die untersuchten Einflussgrößen;

* wurde nur als potenzieller Prädiktor für den klinischen Erfolg untersucht; ¹DSM-Fragebogen für die Eltern (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke); ²DSM-Fragebogen für das Kind (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke); ³Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder (HAWIK-III; Tewes et al., 1999); ⁴Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung, Version 1.7 (TAP, Zimmermann & Fimm, 2002); ⁵Eltern- und Kinderversion des Kindl-Fragebogens zur Lebenszufriedenheit (Ravens Sieberer, 2003); ⁷Fragebogen zum Erziehungsverhalten (deutsche Fassung von Miller, 2000, nach Arnold et al., 1993)

demographische Variablen	<ul style="list-style-type: none"> • Alter • Geschlecht
krankheitsspezifische Variablen	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der erfüllten DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit¹ • Anzahl der erfüllten DSM-IV Kriterien für Hyperaktivität¹ • Subtyp¹ • Krankheitseinsicht²
kognitive Variablen	<ul style="list-style-type: none"> • IQ Verbalteil³ • IQ Handlungsteil³ • IQ gesamt ³ • 2 Kennwerte der TAP⁴
Lebenszufriedenheit	<ul style="list-style-type: none"> • körperliches Wohlbefinden⁵ • psychisches Wohlbefinden⁵
Erziehungsstil	<ul style="list-style-type: none"> • Nachsichtigkeit^{7*} • Überreaktion^{7*}
EEG-Parameter	<ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeit, zu Beginn des Trainings die eigenen Hirnpotenziale zu aktivieren • Fähigkeit, am Ende des Trainings die eigenen Hirnpotenziale unter Transferbedingung zu aktivieren*

2.5.3 Statistische Auswertung

Die komplette statistische Auswertung erfolgte mit der Version 5.0.1.2. von JMP (SAS Inst. Inc., Cary NC).

Für beide Experimentalgruppen wurden mit den in Tabelle 8 dargestellten Variablen jeweils Scatterplots/ Mosaikplots erstellt. Hiermit wurde zunächst geprüft, ob „Ausreißer“ unter den Daten bestanden. Ferner wurde für die abhängigen Variablen geprüft, ob sie normalverteilt sind.

Danach wurden die Einflussgrößen mit den beiden Erfolgskriterien für jede Gruppe auf Assoziation überprüft. Bei denjenigen Assoziationen, bei denen bei visueller Inspektion Tendenzen erkennbar waren, wurden Tests (=Einzelanalysen) durchgeführt. Hierzu wurden je nach Skalenniveau der

unabhängigen und abhängigen Variablen entsprechende Tests verwendet. Da es sich bei der Zielgröße „Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale“ um eine stetige Größe handelt, wurden bei Tests mit ebenfalls stetigen Einflussgrößen lineare Regressionen durchgeführt. Wenn jedoch der Skalentyp der Einflussgrößen nominal bzw. dichotom war, waren Varianzanalysen bzw. t-Tests die Methoden der Wahl.

Bei dem klinischen Erfolgskriterium handelt es sich um eine dichotome Größe. In denjenigen Tests, in denen die Prädiktoren nominal waren, wurden daher Mosaikplots durchgeführt. Wenn die Einflussgrößen jedoch stetige Werte darstellten, konnte auf logistische Regressionen zurückgegriffen werden.

Da aufgrund der hohen Anzahl unabhängiger Variablen viele Tests durchgeführt wurden, ist der globale Fehler 1. Art größer als 5%.

Die Variablen, deren p-Wert in der Einzelanalyse kleiner als 0,05 war, gingen in die Hauptanalyse ein. Dazu wurde für die Bestimmung von Prädiktoren für die kortikale Selbstregulation eine Varianzanalyse durchgeführt. Da es sich beim klinischen Erfolgskriterium um eine dichotome Größe handelt, wurde in diesem Fall die logistische Regression als statistische Methode ausgewählt. Anschließend wurden die Residuen auf Normalverteilung überprüft.

3 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die ermittelten Prädiktoren für den Erwerb kortikaler Selbstregulation und für den klinischen Erfolg der Neurofeedbacktherapie für beide Experimentalgruppen beschrieben. Neben signifikanten Prädiktoren wurden auch Tendenzen gefunden, die in einer größeren Stichprobe sich möglicherweise als signifikant erweisen könnten. Aus diesem Grund werden neben denjenigen Variablen, die in dem jeweiligen Test mit dem Kriterium (= in der Einzelanalyse) signifikante Ergebnisse lieferten ($p < 0,05$), auch diejenigen dargestellt, deren p-Wert zwischen 0,05 und 0,1 lag. Alle ermittelten Prädiktoren sind in Tabelle 15 zusammengefasst.

3.1 LP-Gruppe

3.1.1 Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale

Tabelle 9: Einflussgrößen, die in der Einzelanalyse mit dem Erwerb von Selbstkontrolle über die Langsamen Potenziale signifikant korrelierten.

PRÄDIKTOR	t bzw. F	DF	R ²	p-Wert
mittlere LP Amplitude der Sitzungen 1-2	t=3,32	1	0,32	0,003
erfüllte DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit	F=4,55	3	0,39	0,013
Geschlecht	t=2,68	1	-	0,014

Drei der untersuchten Variablen hatten in Assoziation mit dem Erfolgskriterium einen p-Wert unter 0,05. Die unten dargestellten Abbildungen 12-14 zeigen diese Beziehungen. Auf der Y-Achse sind jeweils die Werte des Erfolgskriteriums, also die mittlere LP Amplitude aller Aktivierungsaufgaben der dritten Trainingsphase aufgezeichnet. Je negativer diese Werte sind, desto besser konnten die Probanden ihre LP negativieren.

Die lineare Regression zwischen der mittleren LP Amplitude der ersten beiden Sitzungen und der mittleren LP Amplitude der letzten 10 Sitzungen in den Aktivierungsaufgaben weist auf einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Anfangsleistung und der Leistung am Ende des Trainings hin ($p=0,003$): Je besser die Anfangsleistung in der Kontrolle über die LP war, umso besser war auch die Endleistung.

Auch der t-Test, der die Beziehung des Geschlechts mit der Endleistung der kortikalen Selbstregulation untersuchte, führte zu einem signifikanten Ergebnis ($p=0,014$). Die männlichen Probanden konnten ihre LP besser negativieren, als die weiblichen.

Ferner wurde zwischen der Anzahl der erfüllten DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit vor der Therapie und dem Erfolgskriterium ein signifikanter Zusammenhang gefunden ($p=0,013$). Der DSM-Fragebogen für die Eltern (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke) diente zur Messung dieser Einflussgröße. Je auffälliger (unaufmerksamer) das Verhalten der Probanden vor der Therapie nach Einschätzung der Eltern war, desto schlechter konnten sie am Ende des Trainings negativieren.

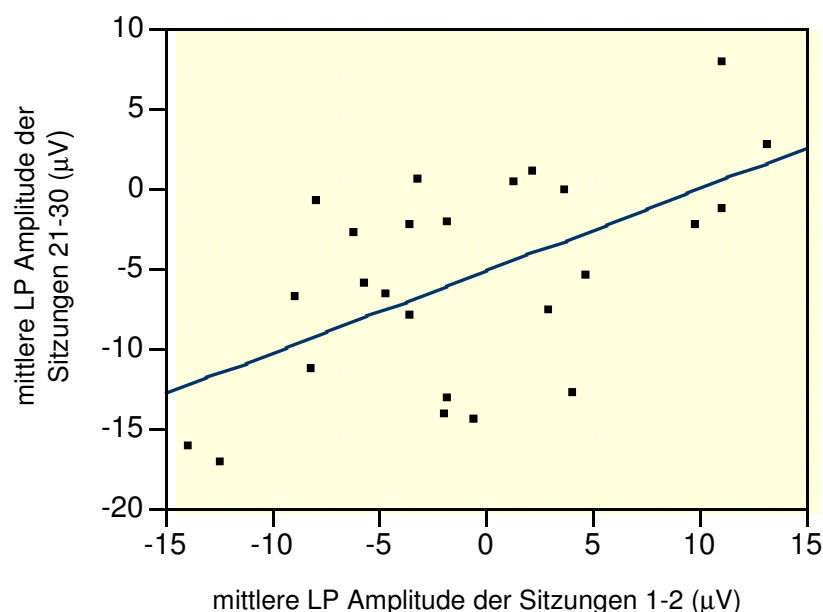


Abbildung 12: Lineare Regression mit der mittleren Amplitude der LP in den ersten beiden Sitzungen als Prädiktorvariable und der mittleren Amplitude der LP in der 3. Trainingsphase als Kriteriumsvariable ($t=3,32$, $p=0,003$).

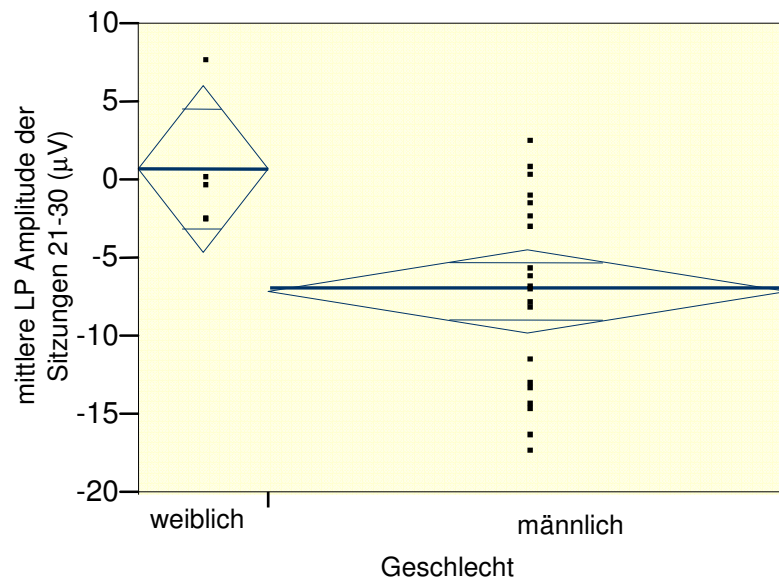


Abbildung 13: T-Test mit dem Geschlecht als Prädiktorvariable und der mittleren Amplitude der LP in der 3. Trainingsphase als Kriteriumsvariable ($t=2,68$, $p=0,014$).

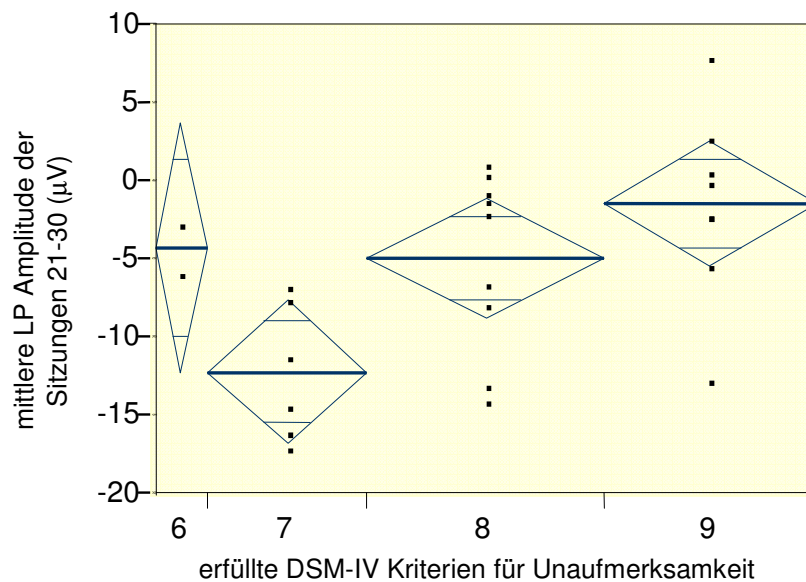


Abbildung 14: Varianzanalyse mit der Anzahl der vor der Therapie erfüllten DSM IV Kriterien für Unaufmerksamkeit als Prädiktorvariable und der mittleren LP Amplitude der 3. Trainingsphase als Kriteriumsvariable ($F=4,5479$, $p=0,013$).

Anschließend wurde für diese drei Einflussgrößen mit der Zielgröße eine Kovarianzanalyse durchgeführt. Hierbei lieferte keiner der ermittelten Variablen signifikante Werte als Prädiktor (s. Tabelle 10). Die drei Einflussgrößen konnten zusammen 53% der Varianz aufklären ($R^2=0,53$).

Tabelle 10: Ergebnisse der Kovarianzanalyse mit den drei ermittelten Prädiktoren als unabhängige Variablen und der Endleistung der Kontrolle über die LP als abhängige Variable.

PRÄDIKTOR	F-Ratio	p-Wert
mittlere LP Amplitude der Sitzungen 1-2	2,53	0,128
Geschlecht	2,46	0,133
erfüllte DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit	1,53	0,239

3.1.2 Prädiktoren für den klinischen Erfolg

Tabelle 11: Einflussgrößen, die in der Einzelanalyse mit der klinischen Verbesserung der LP-Gruppe als Zielgröße signifikant oder beinahe signifikant korrelierten.

PRÄDIKTOR	Chiquadrat	DF	p-Wert
Negativierungsleistung in Transferbedingung	5,235	1	0,041
Erziehungsstil mit häufiger Überreaktion	3,82	1	0,051

Die einzige Variable, die als Prädiktor auf dem 5% Signifikanzniveau signifikante Werte lieferte, war die Fähigkeit, in der Transferbedingung zu negativieren ($p=0,041$). Wie man anhand von Abbildung 15 erkennen kann, kam es unter den Probanden, die in der Transferbedingung besser negativieren konnten, bei etwa 62% zu klinischer Verbesserung. Andererseits waren nur 15% der Kinder klinisch erfolgreich, deren Fähigkeit zu negativieren unter dem Median der Gruppe lag.

Eine weitere Variable war in Assoziation mit dem klinischen Erfolgskriterium beinahe signifikant. Kinder, deren Eltern in ihrem Erziehungsverhalten häufig zu

Überreaktion neigen, hatten eine geringere Wahrscheinlichkeit, zu der gebesserten Gruppe zu gehören (ChiSquare=3,82, $p=0,051$).

Da sich lediglich eine Einflussgröße als signifikanter Prädiktor erwies, wurde in diesem Fall auf eine Kovarianzanalyse, die den Einfluss verschiedener Einflussgrößen untereinander vergleicht, verzichtet.

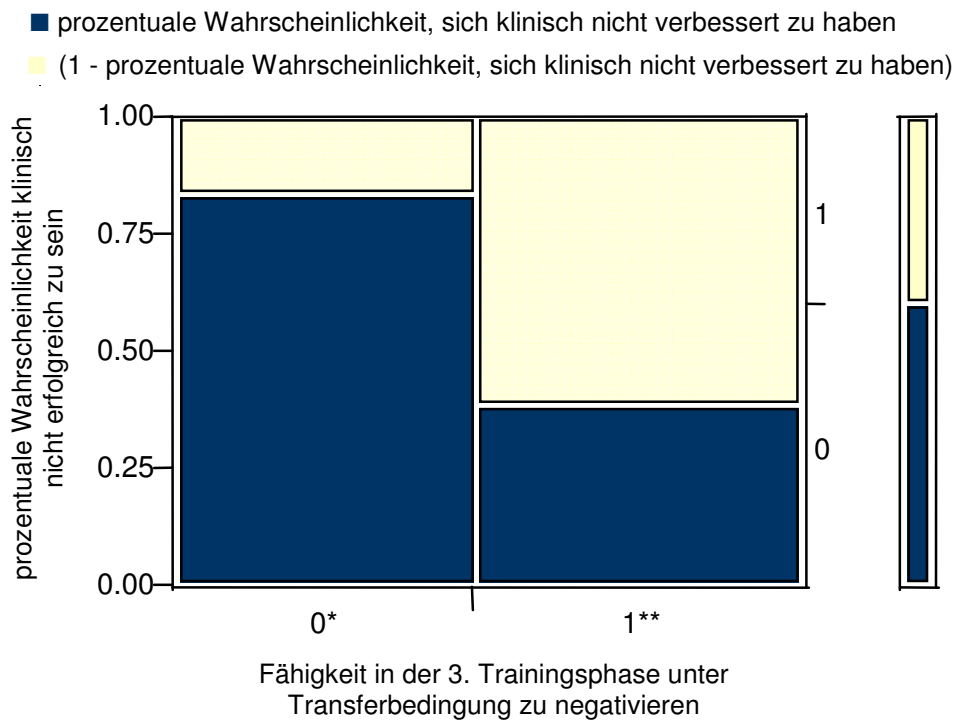


Abbildung 15: Mosaikplot mit der Fähigkeit in der 3. Trainingsphase, in der Transferbedingung zu negativieren, als Prädiktorvariable und dem klinischen Erfolg der LP-Gruppe als Kriteriumsvariable ($p=0,041$);

* keine Fähigkeit zur Negativierung in der Transferbedingung; ** Fähigkeit zur Negativierung in der Transferbedingung; N=25

3.2 Theta/Beta-Gruppe

3.2.1 Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale

Tabelle 12: Einflussgrößen, die in der Einzelanalyse mit der kortikalen Selbstregulation des Theta/Beta-Quotienten als Zielgröße signifikant, oder beinahe signifikant korrelierten.

PRÄDIKTOR	t-Wert	DF	R ²	p-Wert
Körperliches Wohlbefinden	2,35	1	0,23	0,030
Gesamt-IQ	-2,11	1	0,19	0,048
Handlungs-IQ	-1,92	1	0,16	0,070
Unterdurchschnittliche Testmaße in der TAP	1,84	1	0,15	0,081
Anfangsleistung	1,80	1	0,15	0,088

Die zwei Faktoren, die in Assoziation mit dem Kriterium einen p-Wert unter 0,05 hatten, sind in den Abbildungen 16-17 dargestellt. Auf der Y-Achse ist wiederum die abhängige Variable aufgetragen, also die mittlere Differenz zwischen dem Theta/Beta-Quotienten während der Aufgabenphase und der Baselinephase. Je negativer diese Differenz ist, desto besser konnten die Probanden ihren Quotienten in der gewünschten Richtung verändern.

Anhand einer linearen Regression ließ sich ermitteln, dass die Probanden umso stärker ihren Theta/Beta Quotienten in der Aktivierungsbedingung verringern konnten, je höher ihr mittels HAWIK-III; (Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder, Tewes et al., 1999) gemessener Intelligenzquotient war ($p=0,048$).

Ferner wurde zwischen der Zielgröße und der Einflussgröße „körperliches Wohlfühlen“ eine Beziehung festgestellt. Diese Variable wurde in einem Fragebogen für Kinder anhand von 4 Items geprüft (Kinderversion des Kindl-Fragebogens zur Lebenszufriedenheit; Ravens-Sieberger, 2003). Hohe Werte auf der X-Achse bedeuten, dass sich die Kinder körperlich gut fühlten. Wie man mit Hilfe von Abbildung 17 erkennen kann, hatten Kinder mit einem schlechteren körperlichen Wohlbefinden, eine bessere Leistung in der Kontrolle

des Theta/Beta-Quotienten ($p=0,030$).

Für 3 weitere Faktoren, wurden p-Werte zwischen 0,05 und 0,1 gefunden. Ein Zusammenhang wurde zwischen der Anfangsleistung und der Endleistung in der Kontrolle des Theta/Beta-Quotienten gefunden. Je besser die Probanden ihren Quotienten in den ersten beiden gültigen Trainingstagen verringern konnten, desto besser konnten sie es am Ende ($p=0,088$). Ferner wurde anhand einer linearen Regression ein Zusammenhang zwischen dem Erfolgskriterium und dem Handlungs-IQ festgestellt. Je besser die Leistung in dem Handlungsteil des Tests war, desto eher konnten die Kinder ihren Theta/Beta-Quotienten unter Aktivierungsbedingung verringern ($p=0,070$). Allerdings ist der Handlungs-IQ Bestandteil des oben beschriebenen Gesamt-IQs und da sich der Gesamt-IQ als stärkerer Prädiktor erwies, ist es sinnvoller diesen zu betrachten. Eine Beziehung wurde schließlich zwischen der Leistung im Aufmerksamkeitstest vor der Therapie (Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung Version 1.7; Zimmermann & Fimm, 2002) und dem Erfolgskriterium festgestellt. Je mehr unterdurchschnittliche Testmaße die Probanden hatten, desto schlechter konnten sie Ihre Hirnpotenziale steuern ($p=0,081$).

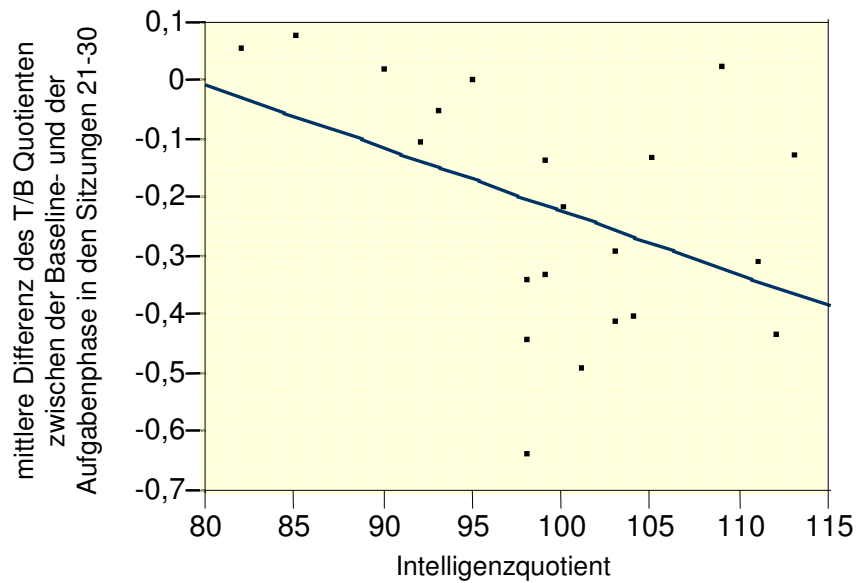


Abbildung 16: Lineare Regression mit dem Intelligenzquotienten der Kinder der Theta/Beta-Gruppe als Prädiktorvariable und der Differenz zwischen dem Theta/Beta-Quotienten in der Baseline- und der Aufgabenphase in den Sitzungen 21-30 als Kriteriumsvariable ($t=-2,11$, $p=0,048$).

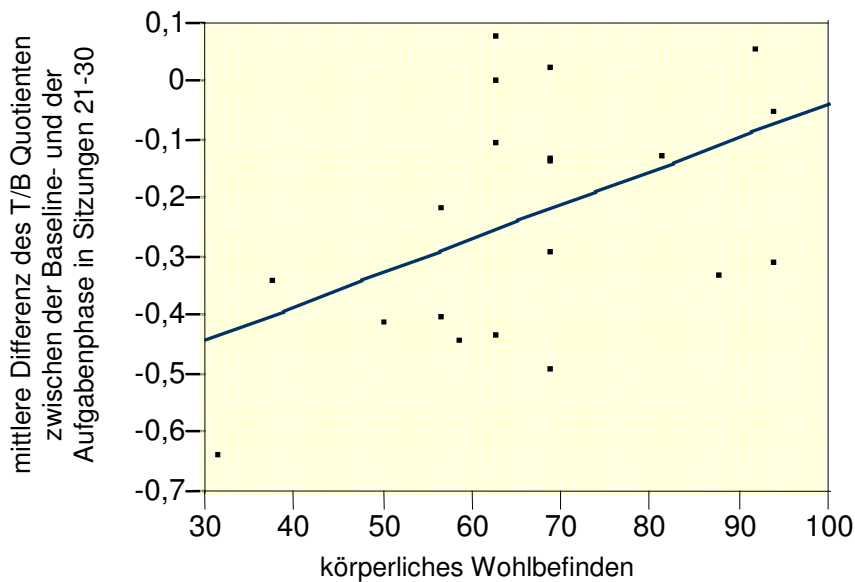


Abbildung 17: Lineare Regression mit dem körperlichen Wohlbefinden der Kinder als Prädiktorvariable und der Differenz zwischen dem Theta/Beta-Quotienten in der Baselinephase und der Aufgabenphase in den Sitzungen 21-30 als Kriteriumsvariable ($t=2,35$, $p=0,03$).

Anschließend wurde mit den beiden Variablen, deren p-Wert in Assoziation mit dem Erfolgskriterium kleiner als 0,05 war, eine Kovarianzanalyse durchgeführt. Dabei erwies sich die Einflussgröße „Gesamt-IQ“ als beinahe signifikant und der Faktor „körperliches Wohlfühlen“ der Kinder als signifikant (s. Tabelle 13). Durch diese beiden Einflussgrößen konnte 39% der Varianz erklärt werden ($R^2=0,39$).

Tabelle 13: Ergebnisse der Kovarianzanalyse mit den zwei ermittelten Prädiktoren als unabhängige Variablen und der Endleistung der Kontrolle über die T/B Quotienten als abhängige Variable

PRÄDIKTOR	F-Ratio	p-Wert
Körperliches Wohlfühlen	6,44	0,021
IQ Gesamt	4,22	0,056

3.2.2 Prädiktoren für den klinischen Erfolg

Tabelle 14: Einflussgrößen, die in der Einzelanalyse mit der klinischen Verbesserung der Theta/Beta-Gruppe als Zielgröße signifikant oder beinahe signifikant korrelierten.

* von den Eltern beurteilt

PRÄDIKTOR	Chiquadrat	DF	p-Wert
körperliches Wohlfühlen*	4,24	1	0,040
Handlungs-IQ	4,14	1	0,042
erfüllte DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit	8,13	3	0,043
psychisches Wohlfühlen*	4,01	1	0,045
erfüllte DSM-IV Kriterien für Hyperaktivität	12,45	6	0,053
psychisches Wohlfühlen	2,99	1	0,084
Krankheitseinsicht	2,86	1	0,091

Die Assoziationen der 4 potenziellen Prädiktoren mit dem Erfolgskriterium, die in der Einzelanalyse einen p-Wert unter 0,05 hatten, werden in Abbildungen 18-21 dargestellt. Bei den ersten drei Darstellungen handelt es sich jeweils um

logistische Regressionen, die folgendermaßen zu interpretieren sind: Auf der X-Achse sind die Werte der unabhängigen Variable dargestellt. Die Y-Achse bezeichnet die prozentuale Wahrscheinlichkeit, klinisch nicht erfolgreich zu sein. Rechts vom Schaubild befindet sich das eigentliche Erfolgskriterium. Wie man mit Hilfe der Verbindungslinien in Abbildung 18 erkennen kann, ist die Wahrscheinlichkeit, dass Kinder mit einem Handlungs-IQ von 86 klinisch nicht erfolgreich waren, 75%. Bei Kindern mit einem Handlungs-IQ von 100 lag die Wahrscheinlichkeit, nicht erfolgreich zu sein bei 25%. Je besser die Leistung im Handlungsteil des HAWIK-III (Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder; Tewes et al., 1999) war, desto größer war die Wahrscheinlichkeit, zu der erfolgreichen Gruppe zu gehören ($p=0,042$). Zusammenhänge ließen sich ferner zwischen dem klinischen Erfolg und den beiden untersuchten Dimensionen der Lebensqualität erkennen. Hohe Werte auf der X-Achse deuten auf eine höhere Lebenszufriedenheit in dem jeweiligen Bereich hin. Aus Abbildung 20 lässt sich somit entnehmen, dass Kinder, die sich psychisch besser fühlten, sich klinisch eher gebessert haben ($p=0,045$). Auch körperliches Wohlbefinden ($p=0,040$) deutete auf Verbesserung des Verhaltens zuhause hin (s. Abbildung 19). Diese beiden Dimensionen der Lebensqualität wurden anhand der Elternversion des Kindl-Fragebogens zur Lebenszufriedenheit (Ravens-Sieberer, 2003) erhoben, beruhen also auf dem Urteil der Eltern.

Schließlich erwies sich die vor der Therapie erfüllte Anzahl der DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit, als signifikante Einflussgröße (s. Abbildung 21). Je unaufmerksamer die Probanden vor der Therapie waren, desto kleiner war die Wahrscheinlichkeit, sich klinisch zu bessern ($p=0,043$).

Weitere 3 Faktoren hatten in Assoziation mit dem klinischen Erfolgskriterium einen p-Wert zwischen 0,05 und 0,1. Die in der Kinderversion des Fragebogens zur Lebenszufriedenheit (Ravens-Sieberer, 2003) erhobene Einflussgröße „psychisches Wohlbefinden“ gehörte zu dieser Gruppe. Kinder, die sich psychisch besser fühlten, verbesserten sich eher in ihrem Verhalten ($p=0,084$). Ferner wurde ein beinahe signifikanter Zusammenhang zwischen dem Grad an Hyperaktivität und dem Erfolg festgestellt. Die Kinder, die vor der Therapie

mehr DSM-IV-Kriterien für Hyperaktivität erfüllten, hatten eine geringere Wahrscheinlichkeit sich klinisch zu bessern ($p=0,053$).

Was die Krankheitseinsicht betrifft, hatten Probanden, die sich selbst als auffälliger eingestuft haben, eine geringere Wahrscheinlichkeit sich klinisch zu bessern, als die Kinder, die sich als weniger krank empfanden ($p=0,090$). Diese Einflussgröße wurde mithilfe des „DSM-Fragebogens für das Kind“ (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke) bestimmt.

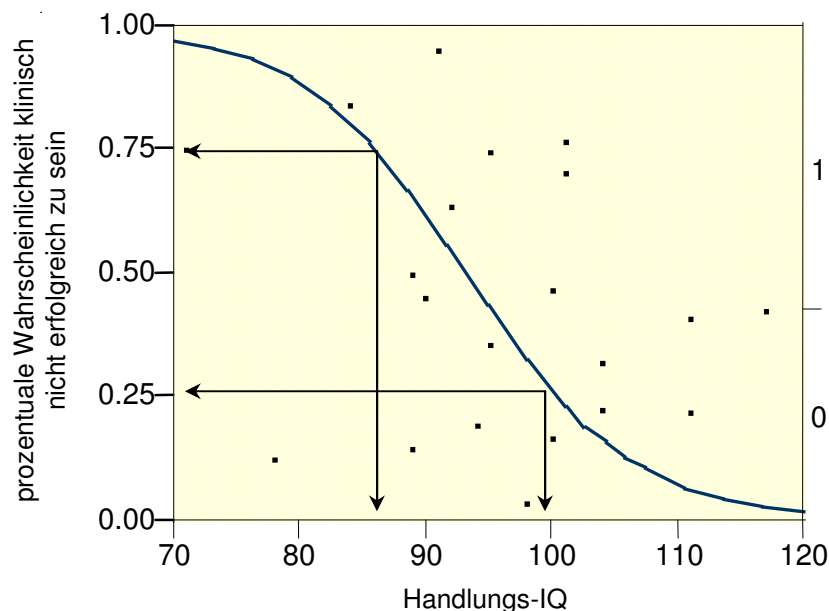


Abbildung 18: logistische Regression mit dem Handlungs-IQ als Prädiktorvariable und dem klinischen Erfolg als Kriteriumsvariable (Chiquadrat=4,14, $p=0,042$); die mit den Punkten bezeichneten Werte stammen von den einzelnen Probanden (N=21).

1: klinisch verbessert
0: klinisch nicht-verbessert

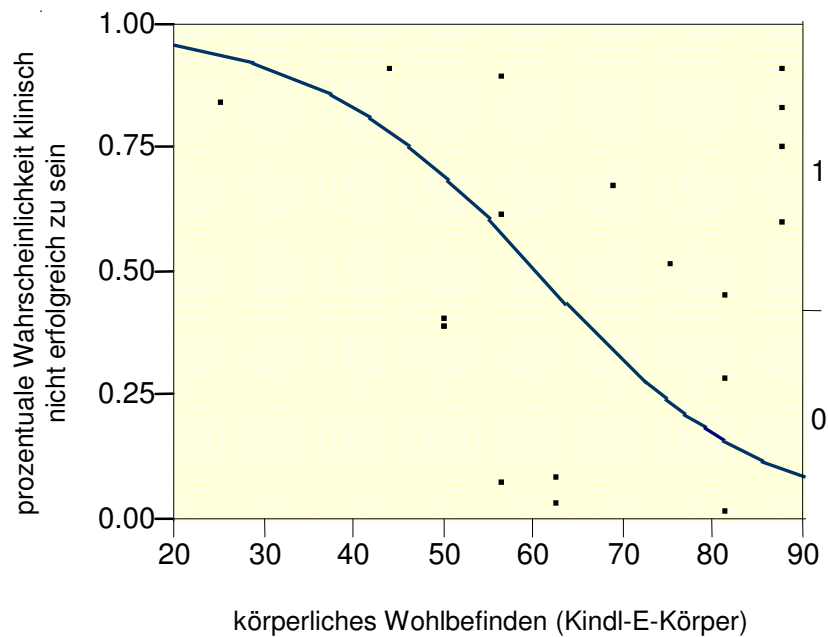


Abbildung 19: Logistische Regression mit dem von den Eltern beurteiltem körperlichen Wohlbefinden der Patienten als Prädiktorvariable und dem klinischen Therapieerfolg als Kriteriumsvariable (Chiquadrat=4,24, $p=0,040$; $N=21$).

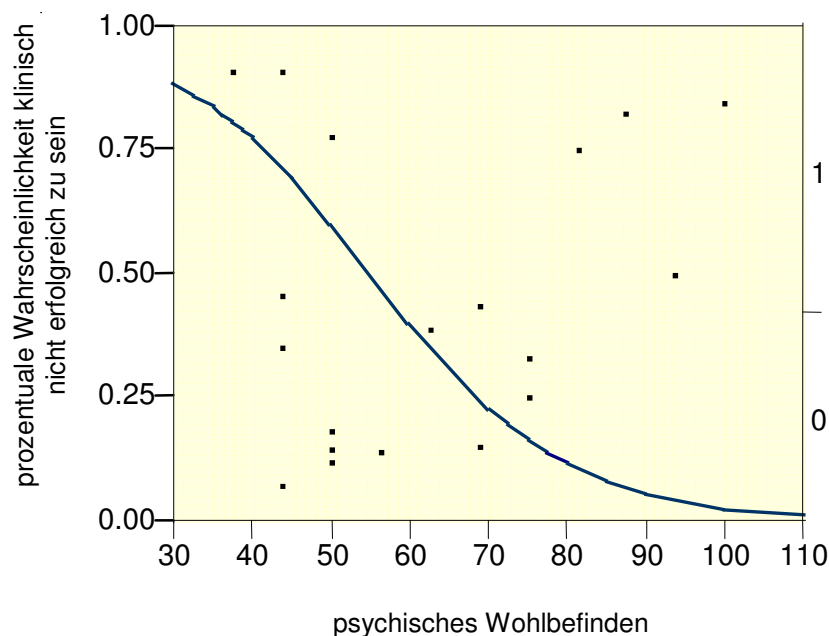


Abbildung 20: Logistische Regression mit dem von den Eltern beurteiltem psychischem Wohlbefinden der Kinder als Prädiktorvariable und dem klinischen Therapieerfolg als Kriteriumsvariable (Chiquadrat=4,01, $p=0,045$; $N=21$).

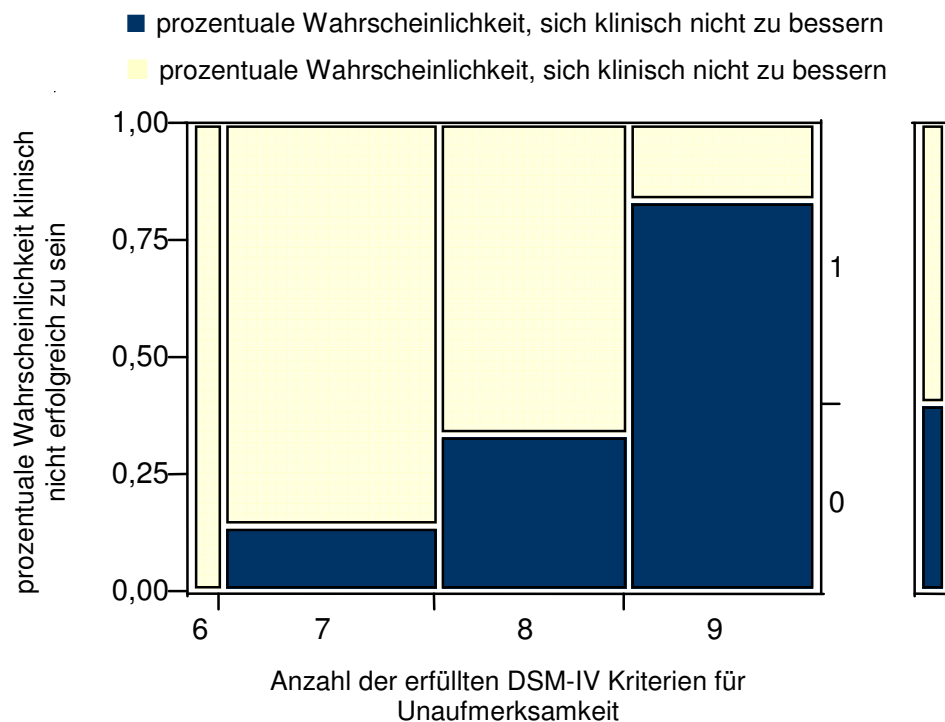


Abbildung 21: Mosaikplot mit der Anzahl der vor der Therapie erfüllten DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit als Prädiktorvariable und dem klinischen Therapieerfolg als Kriteriumsvariable (Chiquadrat=8,134, $p=0,043$; $N=21$).

Aufgrund der hohen Anzahl der Variablen, deren p-Wert in Assoziation mit dem Erfolgskriterium kleiner war als 0,05, konnte in diesem Fall kein großes Modell mit allen möglichen Prädiktoren durchgeführt werden.

3.3 Zusammenfassung

Tabelle 15: Übersicht über alle ermittelten Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale und für die klinischen Erfolg des Neurofeedbacktrainings der beiden Experimentalgruppen, nach Signifikanzniveau geordnet.

- + Prädiktor für eine erfolgreiche Therapie;
- Prädiktor für eine nichterfolgreiche Therapie;
- * von den Eltern beurteilt

		LP-Gruppe	Theta/Beta-Gruppe
Erlernen der kortikalen Selbstregulation	$p < 0,05$	+ Anfangsleistung unter Aktivierungsbedingung + männliche Probanden - viele erfüllte DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit	+ hoher Gesamt-IQ - körperliches Wohlfühlen der Kinder
	$0,05 < p < 0,1$		+ Anfangsleistung unter Aktivierungsbedingung + hoher Handlungs-IQ - hohe Anzahl der unterdurchschnittlichen Testkennwerte der TAP
Klinische Verbesserung	$p < 0,05$	+ Erwerb der kortikalen Selbstregulation in der 3. Trainingsphase unter Transferbedingung	- viele erfüllte DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit + hoher Handlungs-IQ + körperliches Wohlbefinden der Kinder* + psychisches Wohlbefinden der Kinder*
	$0,05 < p < 0,1$	- häufige Überreaktion der Eltern in der Erziehung	- viele erfüllte DSM-IV Kriterien für Hyperaktivität - Krankheitseinsicht + psychisches Wohlbefinden der Kinder

4 Diskussion

4.1 Ausgangspunkt und Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit ist Teil einer umfassenden Studie, in der eine Neurofeedbacktherapie zur Behandlung von Kindern mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) entwickelt wurde.

Die Fragestellung der hier vorgestellten Arbeit betrifft die Ermittlung von Prädiktoren für den klinischen Erfolg und den Erwerb der kortikalen Selbstregulation für zwei verschiedenen Trainingsformen: der einen Gruppe wurden langsame Potenziale, der anderen der Theta/Beta-Quotient rückgemeldet. Die Wichtigkeit dieser Fragestellung liegt darin, dass nicht jedes Kind mit ADHS gleich gut auf eine Neurofeedbacktherapie anspricht und dass der zeitliche und finanzielle Aufwand doch sehr hoch ist.

Da bislang noch keine systematische Studie zur Prädiktorenermittlung für den klinischen Erfolg einer Neurofeedbacktherapie vorliegt, musste in der Einleitung auf Studien zu Prädiktoren für verschiedene andere Behandlungsmöglichkeiten von ADHS zurückgegriffen werden. Es zeigte sich, dass Prädiktoren auch im Bereich der Verhaltenstherapie bislang nur einmal systematisch untersucht wurden (MTA Cooperative Group, 1999), während im Bereich der medikamentösen Therapie zahlreiche Studien vorliegen. Da ferner keine Studien zu Prädiktoren für den Erwerb der kortikalen Selbstkontrolle bei ADHS-Kindern vorliegen, wurde zusätzlich auf Untersuchungen mit einem Neurofeedbacktraining bei anderen Patientengruppen zurückgegriffen.

Im empirischen Teil wurde zunächst der Ablauf des Therapieprogramms beschrieben, bevor auf die Methodik der Prädiktorenermittlung eingegangen wurde. Nach einer Datenreduktion wurden zwischen den jeweiligen Einflussgrößen und Zielgrößen Tests durchgeführt. Diejenigen Variablen, die sich in dem jeweiligen Test mit dem Erfolgskriterium als signifikant erwiesen ($p < 0,05$), wurden in einer multiplen Regressionsanalyse erneut untersucht.

4.2 LP-Gruppe

4.2.1 Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale

Die Zielgröße wurde als das Ausmaß der Negativierung der langsamen Hirnpotenziale in den Durchgängen der 3. Trainingsphase definiert. Als Einflussgrößen wurden drei Variablen gefunden, die zusammen 53% der Varianz aufklärten.

Ein wichtiger Prädiktor war die Anfangsleistung. Je besser die Probanden zu Beginn des Trainings in der Lage waren zu negativieren, desto besser konnten sie es am Ende. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam Neumann (2001), wonach die maximale Anfangsleistung bei der Fähigkeit der Kontrolle über die LP, die Endleistung bei ALS Patienten vorhersagte.

Allerdings zeigten auch Probanden, die am Anfang gar nicht negativieren konnten, in ihrer Leistung Verbesserungen. Da für den klinischen Erfolg nicht die Anfangsleistung, sondern die Endleistung in der Transferbedingung ein Prädiktor war (s.4.2.2), sollten Kinder, die zu Beginn der Therapie nicht negativieren können, nicht unbedingt von einer Neurofeedbacktherapie ausgeschlossen werden, sondern möglicherweise länger oder anders trainiert werden, um ebenso gute Leistungen zu erzielen.

In der Einzelanalyse erwiesen sich zwei weitere Variablen als signifikante Einflussgrößen:

Je mehr DSM-IV Kriterien für Unaufmerksamkeit vor der Therapie erfüllt waren, desto weniger konnten die Kinder am Ende des Trainings ihre LP negativieren. Eine stärkere Ausprägung der Symptomatik war also nachteilig für den Erwerb der kortikalen Selbstregulation. Dieses Ergebnis erscheint einleuchtend, weil die Trainingsbedingungen per se Aufmerksamkeit erforderten.

Ferner erwies sich das Geschlecht als prädiktiv für die Selbstkontrolle über die langsamen Potenziale, wobei die männlichen Probanden besser negativieren konnten, als die weiblichen. Allerdings nahmen nur 5 Mädchen in dieser Gruppe an der Studie Teil, wodurch die Anzahl der Probanden der beiden Geschlechter

sehr unterschiedlich war (5 Mädchen, 20 Jungen), was eine Interpretation erschwert.

Weder kognitive Variablen (IQ, Kennwerte der TAP), noch die Lebenszufriedenheit, zeigten signifikante Ergebnisse als Prädiktoren. Was die Lebenszufriedenheit betrifft, liegen auch in der Literatur keine entsprechenden Erkenntnisse vor. Bezüglich der kognitiven Variablen ist die Literatur bislang uneinheitlich: So fand Holzapfel (1998) im Einklang mit unseren Ergebnissen heraus, dass weder der d2 Test (Brickenkamp, 1994), der die Aufmerksamkeitsleistung prüft, noch der HAWIE (Tewes, 1993), der den Intelligenzquotienten prüft, den Erwerb der LP-Selbstregulation vorhersagen konnte. Ein weiterer Faktor, nämlich die Reproduktionsleistung einer Wortliste nach Channon et al. (1989), konnte hingegen die Fähigkeit zur kortikalen Selbstkontrolle vorhersagen. Diese Aufgabe verlangt sowohl Aufmerksamkeit, als auch eine gute Gedächtnisleistung. Auch Daum et al. (1993) fanden, dass kognitive Variablen die Lernfähigkeit der kortikalen Selbstregulation vorhersagen. Diese uneinheitlichen Ergebnisse können verschiedene Gründe haben. Die Stichproben unterscheiden sich sehr stark voneinander, da es sich bei den Probanden der oben erwähnten Studien um erwachsene Epilepsiepatienten handelte, während hier Kinder mit ADHS untersucht wurden. Möglicherweise können diese Faktoren bei Kindern, die Aufmerksamkeitsdefizite zeigen, ihre Wirkung nicht entfalten. So kann z.B. der IQ aufgrund von mangelnder Aufmerksamkeit im Test schlechter ausfallen. Des Weiteren wurden in dem Aufmerksamkeitstest quantitative Maße, nämlich die Summe aller unter- und überdurchschnittlichen Testkennwerte als Einflussgrößen untersucht, während bei den anderen Studien die Leistungen in einzelnen Untertests berücksichtigt wurden. Sollten ganz bestimmte Aufmerksamkeits- und Gedächtnismaße als Prädiktoren eine Rolle spielen, so werden sie mit dieser Auswertung möglicherweise nicht erfasst.

4.2.2 Prädiktoren für den klinischen Erfolg

Die Probanden wurden anhand der Diagnose nach DSM-IV in eine „gebesserte“ und eine „nicht-gebesserte“ Gruppe eingeteilt. Um in die gebesserte Gruppe zu kommen, musste die Anzahl der erfüllten DSM-IV Kriterien entweder im Bereich „Unaufmerksamkeit“ oder „Hyperaktivität/Impulsivität“ um mindestens zwei gegenüber dem Screening verringert sein.

Die einzige Variable die in der Einzelanalyse mit der Zielgröße einen p-Wert unter 0,05 hatte, war die Fähigkeit, in der 3. Trainingsphase in der Transferbedingung zu negativieren. Dieses Ergebnis ist einleuchtend, da im Alltag ja auch keine direkte, kontinuierliche Rückmeldung der Hirnpotenziale erfolgt. In der Transferbedingung lernen die Probanden, ihre Hirnpotenziale auch ohne Feedback zu kontrollieren, was für den späteren Einsatz zuhause oder in der Schule wichtig ist. Dieses Ergebnis wurde bereits für Patienten mit Epilepsie gefunden (Rockstroh et al., 1993). Hier war insbesondere die Kontrolle über die LP in der Transferbedingung für den klinischen Erfolg, nämlich die Reduktion der Anfallshäufigkeit, von Bedeutung.

Die einzige Einflussgröße, die noch beinahe signifikante Werte als Prädiktor lieferte, war der Erziehungsstil der Eltern der Probanden ($p=0,051$). Die Kinder, deren Eltern in ihrem Erziehungsverhalten häufig zur Überreaktion neigten, hatten eine geringere Wahrscheinlichkeit, sich klinisch zu bessern. Dass der Erziehungsstil der Eltern eine zentrale Rolle in der Therapie des ADHS spielt, wurde schon mehrfach belegt. Unter anderen kamen Monastra et al. (2002) und Owens et al. (2000) zu dem Ergebnis, dass ein systematischer Erziehungsstil der Eltern von ADHS Kindern Bedingung für eine klinische Verbesserung war. Dies legt die mögliche Bedeutung der Beratung und Betreuung von den Eltern nahe. In der vorliegenden Studie wurde auf so einen Baustein ganz verzichtet. In künftigen Studien wäre es jedoch durchaus sinnvoll, Eltern mit einem unausgeglichene Erziehungsverhalten gezielt Unterstützung anzubieten, während Eltern mit einem positiven Erziehungsstil ein solches Angebot nicht brauchen.

4.3 Theta/Beta-Gruppe

4.3.1 Prädiktoren für den Erwerb von Selbstkontrolle über kortikale Potenziale

Das Erfolgskriterium war die mittlere Differenz zwischen dem Theta/Beta-Quotienten während der Aufgabenphase und der Baselinephase in den Aktivierungsaufgaben der 3. Trainingsphase. Mit den zwei Variablen „Intelligenzquotient“ und „mangelndes körperliches Wohlbefinden“ konnte 39% der Varianz im Rahmen der Kovarianzanalyse aufgeklärt werden.

Das „körperliche Befinden“ wurde anhand des KINDL-Fragebogens für Kinder bestimmt. Dabei stellte sich heraus, dass mangelndes körperliches Wohlfühlen eine fördernde Einflussgröße für die Kontrolle über den Theta/Beta-Quotienten war. Eine Erklärung für diesen Zusammenhang könnte darin bestehen, dass Kinder, die mit ihrem Körper unzufrieden waren, zu einer besseren Mitarbeit in der Therapie motiviert waren.

Auch zwischen dem vor der Therapie bestimmten Intelligenzquotienten und der Zielgröße wurde anhand einer linearen Regression ein signifikanter Zusammenhang festgestellt. Je höher der IQ der Probanden war, desto besser konnten sie in der 3. Trainingsphase ihren Theta/Beta-Quotienten in der gewünschten Richtung beeinflussen.

Wenn man zusätzlich Einflussgrößen mitberücksichtigt, deren p-Wert in der Einzelanalyse mit dem Kriterium zwischen 0,05 und 0,1 war, kommen noch zwei weitere kognitive Merkmale dazu. Neben dem Gesamt-IQ sagt auch der Handlungs-IQ eine bessere Endleistung voraus. Allerdings ist der Handlungs-IQ Bestandteil des oben beschriebenen Gesamt-IQs und da sich dieser als stärkerer Prädiktor erwies, ist es sinnvoller ihn zu betrachten. Auch die Leistung im Aufmerksamkeitstest hängt danach mit der Endleistung der Kortikalen Selbstregulation zusammen: je höher die Anzahl der unterdurchschnittlichen Testkennwerte war, desto schlechter konnten die Probanden in der 3. Trainingsphase ihren Theta/Beta-Quotienten in der gewünschten Richtung beeinflussen. Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass die Leistung in beiden Tests, die zur Einschätzung der kognitiven Fähigkeiten der Probanden

durchgeführt wurden, Einfluss auf den Erwerb von Selbstkontrolle über den Theta/Beta-Quotienten hatte. In der Literatur gibt es noch keine Erkenntnis über Prädiktoren für die Selbstkontrolle über diese Frequenzen, weshalb die ermittelten Variablen schwierig einzuordnen sind. Aufgrund von dem in Kapitel 1.2.3.1 dargestellten Zusammenhang zwischen Hirnpotenzialen und kognitiven Leistungen, sind diese Ergebnisse jedoch nicht verwunderlich.

4.3.2 Prädiktoren für den klinischen Erfolg

Genau wie in der LP-Gruppe wurden die Probanden anhand der Diagnose laut DSM-IV in eine „gebesserte“ und eine „nicht-gebesserte“ Gruppe eingeteilt. Um als gebessert zu gelten, musste die Anzahl aller vor der Therapie erfüllten DSM-IV Kriterien entweder im Bereich „Unaufmerksamkeit“ oder „Hyperaktivität/Impulsivität“ um mindestens zwei verringert sein.

Vier Variablen hatten in dem jeweiligen Test mit dem Kriterium einen p-Wert unter 0,05 und weitere 3 Variablen hatten einen p-Wert zwischen 0,05 und 0,1. Da die Anzahl der ermittelten Einflussgrößen für die logistische Regression zu hoch war, konnte kein großes Model mit allen unabhängigen Variablen durchgeführt werden.

Einer der wichtigsten Prädiktoren für den klinischen Erfolg war der Handlungs-IQ, wobei ein hoher Wert die Wahrscheinlichkeit erhöhte, sich klinisch zu bessern. Wie oben beschrieben, wurde der Intelligenzquotient ebenfalls als Prädiktor für die Kontrolle über den Theta/Beta-Quotienten identifiziert. Möglicherweise hat der IQ somit einen starken Einfluss auf den Erfolg einer Neurofeedbacktherapie des Theta/Beta-Quotienten.

Auch bei der Stimulanzientherapie von ADHS wurde der Intelligenzquotient in zwei der in Kapitel 1.2.1 beschriebenen Studien als Prädiktor identifiziert (Buitelaar et al., 1995; Owens et al., 2003). Bei beiden Arbeiten lieferte der IQ aber nur dann signifikante Werte als Prädiktor, wenn andere Faktoren zusätzlich vorhanden waren (s. Tabelle 2).

Was krankheitsspezifische Variablen betrifft, wurden drei der untersuchten Variablen als Einflussgrößen erkannt. Eine niedrige Anzahl erfüllter DSM-IV

Kriterien für Unaufmerksamkeit ($p=0,043$) und für Hyperaktivität/Impulsivität ($p=0,053$) vor der Therapie sprach eher für eine Verbesserung des Verhaltens zuhause. Was die Bewertung der Erkrankungsschwere durch die Kinder betrifft, war folgende Tendenz erkennbar: Kinder, die sich in dem DSM-Fragebogen für das Kind (Wittchen, 1989, modifiziert von Lauth & Schlottke) als auffälliger eingestuft hatten, hatten eine geringere Wahrscheinlichkeit, sich klinisch zu bessern. Eine starke Ausprägung der Störung war also sowohl aus Sicht der Kinder, als auch aus Sicht der Eltern für den klinischen Erfolg nachteilig. Ferner wurden die beiden Dimensionen der Lebensqualität als Prädiktoren erkannt. Sowohl das körperliche ($p=0,040$) als auch das psychische ($p=0,045$) Wohlbefinden der Kinder erwies sich als signifikante Einflussgröße. Je wohler sie sich nach Einschätzung der Eltern fühlten, desto mehr zeigten sich Verbesserungen im Verhalten zuhause.

Das Feedback des Theta/Beta-Quotienten scheint also bei Kindern mit schwächerer Ausprägung der Symptomatik, besser zu wirken.

Bei der Stimulanzientherapie kamen mehrere Studien zu gegenteiligen Ergebnissen. Ein hoher Grad an Unaufmerksamkeit (Buitelaar et al., 1995; Chabot et al., 1999) und Hyperaktivität (Zeiner et al., 1999; Chabot et al., 1999) sprach für verstärkte Verbesserung des Verhaltens. Möglicherweise spricht also eine sehr ausgeprägte Symptomatik für eine Stimulanzientherapie oder für eine Kombinationstherapie aus Neurofeedback und Stimulanzien, während eine leichtere Ausprägung der Störung allein mit Neurofeedback des Theta/Beta-Quotienten erfolgreich behandelbar ist.

4.4 Fazit

Zum besseren Verständnis sollen die verschiedenen, zum Teil sehr singulären Ergebnisse über einen Vergleich der beiden Gruppen veranschaulicht werden. Dabei handelt es sich jedoch nicht um einen statistischen Vergleich, da dies nicht die Fragestellung war und deshalb die Patienten auch nicht parallelisiert wurden.

Der einzige Prädiktor, der beiden Gruppen gemeinsam war, ist die Anzahl der vor der Therapie erfüllten Kriterien für Unaufmerksamkeit. Dabei erwies sich eine stärkere Ausprägung der Symptomatik bei der LP-Gruppe für die kortikale Selbstregulation und bei der Theta/Beta-Gruppe für eine klinische Verbesserung, als nachteilig. Die Neurofeedbacktherapie ist also bei nicht so stark betroffenen Kindern eine sinnvolle Alternative, während eine stärker ausgeprägte Symptomatik mittels einer Stimulanzientherapie erfolgreich behandelbar ist. (Buitelaar et al., 1995; Chabot et al., 1999). Alternativ wäre auch ein Vorgehen, bei dem Kinder mit einer stärker ausgeprägten Symptomatik medikamentös eingestellt das Training beginnen und mit der Zeit die Medikamente wieder abgesetzt werden.

Das Alter stellte sich in keiner der Experimentalgruppen als prädiktiv heraus, während es bei der Stimulanzientherapie als Vorhersagevariable mehrfach erkannt wurde. Möglicherweise wäre es bei einem breiteren Spektrum an Altersgruppen ein Prädiktor. In dieser Altersgruppe (von 8 bis 12 Jahren) spricht jedoch nichts dagegen, Kinder mit ADHS mit EEG-Feedback zu therapieren.

Die anderen ermittelten Prädiktoren waren in den beiden Experimentalgruppen unterschiedlich. So stellten sich in der LP-Gruppe sowohl für den klinischen Erfolg, als auch für den Erwerb der kortikalen Selbstkontrolle, EEG-Parameter als wichtigste Prädiktoren heraus. Je besser die Anfangsleistung war, desto besser war die Endleistung. Eine gute Endleistung in der Transferbedingung prädizierte die Verbesserung des Verhaltens zuhause. In der Theta/Beta-Gruppe dagegen waren die wichtigsten Prädiktoren kognitive Variablen, krankheitsspezifische Variablen und psychisches/körperliches Wohlbefinden: Je höher der Intelligenzquotient war, je schwächer die Symptomatik zuhause ausgeprägt war und je zufriedener die Kinder mit ihrem Körper und ihrer Psyche nach dem Urteil der Eltern waren, desto eher kam es zu klinischer Verbesserung. EEG Parameter konnten sich jedoch nicht als signifikante Einflussgrößen erweisen. Es kann daher spekuliert werden, ob bei der Theta/Beta-Gruppe der Erfolg eher mit unspezifischen Einflussgrößen zusammenhängt. Es gibt jedoch auch andere mögliche Erklärungen für dieses Ergebnis. Wie in einer früheren Analyse dieser Studie bereits festgestellt wurde

(Leins, 2004), waren die Lernverläufe der beiden Experimentalgruppen sehr unterschiedlich. Während die Theta/Beta-Gruppe am Anfang und am Ende Leistungsspitzen aufwies und ihre Leistung aufgrund des hohen Eingangsniveaus nicht mehr steigern konnte, erfolgte bei der LP-Gruppe eine kontinuierliche Leistungssteigerung. Außerdem erhielten die Probanden der Theta/Beta-Gruppe aufgrund der hohen Trefferquote schon von Trainingsbeginn an sehr viele Belohnungspunkte. Eventuell ließ dadurch auch ihre Motivation nach. Möglicherweise ist die Fähigkeit der Kontrolle über die Hirnpotenziale in den letzten 10 Sitzungen wegen der stetigen Steigerung ein geeigneter Prädiktor für den klinischen Erfolg der LP-Gruppe, nicht jedoch für die Theta/Beta-Gruppe.

Eine andere Erklärung wäre die Auswahl des klinischen Erfolgskriteriums. In der vorliegenden Arbeit beruht es auf Verbesserungen von Verhaltensauffälligkeiten, welche von den Eltern beurteilt werden. Dies wurde bewusst aus folgenden Gründen so bestimmt:

Das Lehrerurteil war ein nicht so geeignetes Maß, weil durch das lange Therapieprogramm das Verhalten mancher Kinder bei den Nachuntersuchungen von einem anderen, meist mit dem Kind noch nicht so vertrauten, Lehrer beurteilt wurde. Unter anderen Umständen wäre es jedoch interessant zu wissen, ob sich für andere potenzielle Zielgrößen (z.B. Verbesserung des Verhaltens in der Schule, Verbesserung von kognitiven Fähigkeiten) die gleichen Prädiktoren ermitteln lassen. Möglicherweise spielt der EEG-Erfolg eine andere Rolle bei Veränderungen in diesen Bereichen.

An dieser Stelle gilt es noch einmal zu betonen, dass es sich bei der vorliegenden Studie um eine Pilotstudie handelt und dass ein Feedback-Training der langsamen Potenziale zum ersten Mal bei ADHS-Kindern durchgeführt wurde. Des Weiteren gibt es noch keine Studie, die sich mit der Ermittlung von Prädiktoren für die kortikale Selbstregulation und für den klinischen Erfolg einer Neurofeedbacktherapie bei ADHS Kindern befasst hat.

Aus diesem Grund ergaben sich methodische Unzulänglichkeiten, die in zukünftigen Studien umgangen werden sollten. Folgende Aspekte sollten in weiteren Untersuchungen zu diesem Thema beachtet werden:

Ein grundlegendes Problem der Neurofeedbackforschung ist die Realisierung von Kontrollbedingungen. Dazu sind nämlich Probanden notwendig, die ein identisches Programm wie die Experimentalgruppe durchlaufen, jedoch keine EEG-Parameter rückgemeldet bekommen. Aufgrund des mit dem Training verbundenen Aufwands für die Patienten, wurde ein solches Verfahren aus ethischen Gründen abgelehnt. Der Versuch, Kontrollbedingungen zu schaffen, indem zwei verschiedene Parameter rückgemeldet wurden, ist ebenfalls gescheitert, weil sich die beiden Gruppen in dem Erfolg nicht signifikant unterschieden (Leins, 2004). Die Tatsache jedoch, dass eine gute Endleistung der LP-Gruppe unter Transferbedingung, für den klinischen Erfolg prädiktiv war, deutet auf einen spezifischen Effekt des Neurofeedbacktrainings hin.

Was das klinische Kriterium betrifft, gibt es viele weitere Möglichkeiten die Probanden nach dem Erfolg einzuteilen. So stellten Gray & Kagan (2000) in ihrer Übersichtsarbeit über 59 Studien zu Prädiktoren für eine erfolgreiche Stimulanzientherapie fest, dass ein strengeres Erfolgskriterium durch Prädiktoren genauer vorhergesagt werden konnte, als ein großzügigeres. In der vorliegenden Arbeit war die Stichprobe allerdings zu klein, um die Patienten je nach Therapieerfolg in verschiedenen gebesserte Gruppen einzuteilen und nur die Besten mit den Schlechtesten zu vergleichen. In einer weiteren Untersuchung an einer größeren Stichprobe wäre das eine interessante Lösung. Des Weiteren wurde in dieser Arbeit das Kriterium für die kortikale Selbstregulation (am Ende des Trainings die langsamen Potenziale bzw. den Theta/Beta-Quotienten in der gewünschten Richtung zu verändern) willkürlich gesetzt. Eine weitere Möglichkeit wäre z.B., Aspekte des Lernverlaufs zu betrachten.

Da man zum Zeitpunkt der Prädiktorenermittlung die Stabilität des Trainingserfolgs noch nicht untersucht hatte, wurde der Erfolg zum Zeitpunkt post 1, also direkt nach Beendigung des Trainings bestimmt. Eine weitere Überlegung wäre die Bestimmung von Einflussgrößen für stabile Erfolge (Zeitpunkt post 2).

Was die Probanden betrifft, so nahmen sowohl Kinder mit Ritalin, als auch ohne Ritalin an der Studie teil. Eine getrennte Prädiktorenermittlung für die alleinige Neurofeedbacktherapie bzw. für die Kombinationstherapie wäre jedoch auch

sinnvoll, ist aber erst ab einer bestimmten Gruppengröße möglich. Vorrangig wäre also eine Replikation mit größeren Gruppen.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen einer umfassenden Studie „Neurofeedbacktherapie bei Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)“ durchgeführt. Ziel des Projektes war, eine psychophysiologische Behandlungsmethode (Selbstregulation langsamer Potenziale bzw. des Theta/Beta-Quotienten) bei Kindern mit ADHS zu entwickeln.

In einer bislang erfolgten Auswertung (Leins, 2004) konnte gezeigt werden, dass Kinder mit ADHS von beiden Feedbackverfahren profitieren. Da jedoch nicht jedes Kind gleich gut auf sie anspricht und der zeitliche und finanzielle Aufwand einer solchen Behandlung hoch ist, ist die Bestimmung von Prädiktoren für den Therapieerfolg von großer Bedeutung.

Ziel der vorliegenden Arbeit lag demnach darin, Prädiktoren einerseits für das Erlernen der kortikalen Selbstkontrolle und andererseits für den klinischen Erfolg einer Feedbacktherapie der langsamen Potenziale und des Theta/Beta-Quotienten bei ADHS-Kindern zu ermitteln.

46 Kinder mit ADHS gemäß DSM-IV im Alter von 8 bis 13 Jahren nahmen an der Studie teil, von denen 25 die Selbstregulation ihrer langsamen Potenziale erlernen, während 21 ihren Theta/Beta-Quotienten beeinflussen sollten. Das Training bestand aus drei Phasen, mit jeweils 10 Sitzungen.

Vor dem Training erhobene demographische, krankheitsspezifische, kognitive Maße, sowie Erziehungsmerkmale dienten neben der Diagnostik auch als potenzielle Prädiktorvariablen. Sowohl direkt nach der Therapie (Post 1), als auch ein halbes Jahr nach Beendigung des Trainings (Post 2) wurden erneut Fragebögen ausgegeben und Tests durchgeführt, um den Therapieerfolg und seine Stabilität zu beurteilen.

Prädiktoren wurden einerseits für den klinischen Therapieerfolg, welcher von den Eltern zum Zeitpunkt Post 1 bestimmt wurde, und andererseits für den Erwerb kortikaler Selbstkontrolle, die an der Leistung in den Aktivierungsaufgaben im dritten Trainingsblock bemessen wurde, für beide Experimentalgruppen getrennt ermittelt.

In der Theta/Beta-Gruppe erwiesen sich körperliches und psychisches Wohlfühlen und eine geringere Ausprägung der Störung fördernd für die Verbesserung des Verhaltens zuhause. Gute Leistungen im Intelligenztest (HAWIK III) sprachen sowohl für die klinische Verbesserung, als auch für den Erwerb der Selbstkontrolle über den Theta/Beta-Quotienten.

Was die LP-Gruppe betrifft, so war eine gute Anfangsleistung in der Negativierung der langsamen Potenziale, und eine gering ausgeprägte Symptomatik, sowie das männliche Geschlecht fördernd für den Erwerb kortikaler Selbstregulation. Für die klinische Verbesserung erwies sich, die Fähigkeit ohne Rückmeldung zu negativieren (Transfer) als stärkster Prädiktor. Demnach war beiden Gruppen gemeinsam, dass eine stärkere Ausprägung der Symptomatik für den Therapieerfolg von Nachteil war. Die Neurofeedbacktherapie ist also bei weniger stark betroffenen Kindern eine sinnvolle Alternative, während eine stärker ausgeprägte Symptomatik mit Stimulanzen behandelbar ist. Dies legt die Überlegung nahe, bei einer ausgeprägteren Symptomatik die Effektivität einer Kombination aus beiden Behandlungsmethoden zu untersuchen.

Ein grundlegendes Problem in der Neurofeedbackforschung liegt in der Realisierung von Kontrollbedingungen, auf die hierbei aus ethischen Gründen verzichtet wurde. Die Ergebnisse beantworten jedoch u. a auch die Frage nach der Spezifität des Trainings. Die Tatsache, dass eine gute Endleistung der LP-Gruppe unter Transferbedingung, für die klinische Verbesserung prädiktiv war, deutet auf einen spezifischen Effekt des Neurofeedbacktrainings hin.

Mit der vorliegenden Pilotstudie wurde Neuland betreten. Erstmals wurde versucht für zwei verschiedene Neurofeedbacktrainings Prädiktoren zu finden. Die Grenzen der Arbeit liegen daher nicht nur in der kleinen Zahl an Probanden, sondern auch darin, dass nicht hypothesengeleitet vorgegangen werden konnte. Stattdessen wurde eine Vielfalt von Variablen in Betracht gezogen, was auch zu den methodischen Problemen führt. Weitere Studien sollten nun an einer größeren Probandenzahl die Erfolgskriterien sowohl qualitativ als auch quantitativ erweitern und darüber hinaus ihre Erfassung nicht nur auf den Therapieerfolg selbst, sondern auch auf dessen Stabilität beziehen.

Literaturverzeichnis

Aman, M. G.; Turbott, S. H. Prediction of clinical response in children taking methylphenidate. *Journal of Autism & Developmental Disorders*. 21[2], 211-228. 1991.

Anders, A.; Bahn Müller, H. Fragebogen für Lehrer/innen. 2000a.

Anders, A.; Bahn Müller, H. Fragebogen zur Entwicklung bei Schulkindern. 2000b.

Arnold, D. S., O'Leary, S. G., Wolff, L. S., and Acker, M. M. The Parenting Scale: A Measure of Dysfunctional Parenting in Discipline Situations. *Psychological Assessment* 1993;5:137-44.

Barbaresi, W., Katusic, S., Colligan, R., Weaver, A., Pankratz, V., Mrazek, D., and Jacobsen, S. How Common Is Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder ? Towards Resolution of the Controversy: Results From a Population-Based Study. *Acta Paediatrica*. 2004;445:55-9.

Barkley, R. A., *Attention Deficit Hyperactivity Disorder*. 2 ed. New York, London: Guilford Press; 1998b.

Barkley, R. A., *Attention-deficit hyperactivity disorder: a handbook for diagnosis and treatment*. second Edition ed. New York: Guilford; 1998a.

Barry, R. J., Clarke, A. R., and Johnstone, S. J. A Review of Electrophysiology in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: I. Qualitative and Quantitative Electroencephalography. *Clinical Neurophysiology* 2003;114:171-83.

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

Birbaumer, N., Ghanayim, N., Hinterberger, T., Iversen, I., Kotchoubey, B., Kübler, A., Perelmouter, J., Taub, E., and Flor, H. A Spelling Device for the Paralysed. *Nature* 1999;398:297-8.

Buitelaar, J. K.; Van der Gaag, R. J.; Swaab-Barneveld, H.; Kuiper, M. Prediction of clinical response to methylphenidate in children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*. 34[8], 1025-1032. 1995.

Chabot, J. R., Orgill, A., Crawford, G., Harris, M. J., and Serfontein, G. Behavioral and Electrophysiological Predictors of Treatment Response to Stimulants in Children With Attention Disorders. 14 1999;(343):351.

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

Clarke, A. R., Barry, R. A., Mc Carthy, R., and Selikowitz, M. Age and Sex Effects in the EEG: Differences in Two Subtypes of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Clinical Neurophysiology* 2001;112:815-26.

Conners, C. K., 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.

Daum, I., Rockstroh, B., Birbaumer, N., Elbert, T., Canavan, A., and Lutzenberger, W. Behavioral Treatment of Slow Cortical Potentials in Intractable Epilepsy: Neuropsychological Predictors of Outcome. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 1993;56:94-7.

Diamond, I. R., Tannock, R., and Schachar, R. J. Response to Methylphenidate in Children With ADHD and Comorbid Anxiety. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*. 1999;38(4):402-9.

Döpfner, M. and Lehmkuhl, G. Evidenzbasierte Therapie Von Kindern Und Jugendlichen Mit Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS). *Prax Kinderpsychol Kinderpsychiat* 2002;51:419-40.

Eyberg, S. M. and Pincus, D., Eyberg Child Behavior Inventory & Sutter-Eyberg Student behavior Inventory - Revised. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources; 1999.

Eyberg, S. M. and Robinson, E. A. Conduct Problem Behavior: Standardization of a Behavioral Rating Scale With Adolescents. *Journal of clinical child psychology* 1983;12(3):347-54.

Földényi, M., Imhof, K., and Steinhausen, H.-C. Klinische Validität Der Computerunterstützten TAP Bei Kindern Mit Aufmerksamkeits-/Hyperaktivitätsstörungen. *Zeitschrift für Neuropsychologie* 2000;11(3):154-67.

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

Gray, J. R. and Kagan, J. The Challenge of Predicting Which Children With Attention Deficit-Hyperactivity Disorder Will Respond Positively to Methylphenidate. *Journal of Applied Developmental Psychology* 2000;21(5):471-89.

Hinterberger, T. Entwicklung und Optimierung eines Gehirn-Computer-Interfaces mit langsamen Hirnpotenzialen. Eberhard-Karls-Universität Tübingen; 1999.

Hinterberger, T.; Kaiser, J.; Kübler, A.; Neumann, N.; Birbaumer, N. The Thought Translation Device and its Applications to the Completely Paralyzed. Diebner, Druckrey, and Weibel. 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* 1975;39:526-30.

Holzapfel, S. Prädiktoren der Selbstregulation der langsamen Hirnpotenziale bei Epilepsie. Eberhard-Karls-Universität Tübingen; 1998.

Hoza, B.; Owens, J. S.; Pelham, W. E.; Swanson, J.; Conners, C. K.; Hinshaw, S.; Arnold, L. E.; Kreamer, H. Parent cognitions as predictions of child treatment response in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology* 28[6], 569-583. 2000.

Jasper, H. H. The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1958;10:371-5.

Johnstone, Stuart J., Barry, Robert J., and Dimoska, Aneta. Event-Related Slow-Wave Activity in Two Subtypes of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Clinical Neurophysiology* 2003;114(3):504-14.

Klinger, C. (2004). Neurofeedback bei Kindern mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung: Stabilität der kortikalen Selbstregulation und des Therapieerfolgs. Eberhard Karls Universität-Tübingen/ medizinische Fakultät; 2005.

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

Kubinger, K. and 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. Universität Tübingen; 1998.

Lantz, DeLee and Stermann, M. B. Neuropsychological Assessment of Subjects With Uncontrolled Epilepsy: Effects of EEG Feedback Training. *Epilepsia* 1988;29(2):163-71.

- Leins, U. Train your brain
Durchführung eines Neurofeedbacktrainings für Kinder mit einer
Aufmerksamkeitsdefizit- und/oder Hyperaktivitäts-Impulsivitätsstörung
(ADHS). Fakultät für Informations- und Kognitionswissenschaften der
Eberhard-Karls-Universität Tübingen; 2004.
- Miller, Y. Erziehung von Kindern im Kindergartenalter.
Erziehungsverhalten und Kompetenzüberzeugungen von Eltern und der
Zusammenhang zu kindlichen Verhaltensstörungen. TU Braunschweig;
2000.
- Monastra, V. J. and Lubar, J. F. Linden. M. The Development of a
Quantitative Electroencephalographic Scanning Process for Attention
Deficit- Hyperactivity Disorder Reliability and Validity Studies.
Neuropsychology 2001;15(1):136-44.
- Monastra, V. J., Monastra, D. M., and George, S. The Effects of Stimulant
Therapy, EEG Biofeedback, and Parenting Style on the Primary Symptoms of
Attention-Deficit / Hyperactivity Disorder. Applied Psychophysiology and
Biofeedback 2002;27(4):231-49.
- Oldfield, R. C. The Assessment and Analysis of Handedness: the Edinburgh
Inventory. Neuropsychologia 1971;9:97-113.
- Owens, E. B., Hinshaw, S. P., Kraemer, H. C., Arnold, L. E., Abikoff, H. B.,
Cantwell, D. P., Conners, C. K., Elliott, G., Greenhill, L. L., Hechtman, L.,
Hoza, B., Jensen, P. S., March, J. S., Newcorn, J. H., Pelham, W. E.,
Severe, J. B., Swanson, J. M., Vitiello, B., Wells, K. C., and Wigal, T. Which
Treatment for Whom for ADHD ? Moderators of Treatment Response in the
MTA. Journal of Consulting and Clinical Psychology 2003;71(3):540-52.
- Ravens-Sieberer, U. Der Kindl-R Fragebogen zur Erfassung der
gesundheitsbezogenen Lebensqualität bei Kindern und Jugendlichen -
Revidierte Form. Schuhmacher, J., Klaiberg, A., and Brähler, E.
Diagnostische Verfahren zu Lebensqualität und Wohlbefinden. Göttingen:
Hogrefe; 2003. pp.184-8.
- Reynolds, C. R. and Richmond, B. O., Revised Children's Manifest Anxiety
Scale Manual. Los Angeles: Western Psychological Services; 1985.
- Rockstroh, B., Elbert, T., Birbaumer, N., Wolf, P., Düchting-Roth, A., Reker,
M. I., Lutzenberger, W., and Dichgans, J. Cortical Self-Regulation in Patients
With Epilepsies. Epilepsy Research 1993;63-72.
- Rockstroh, B., Elbert, T., Canavan, A., Lutzenberger, W., and Birbaumer, N.,
Slow cortical potentials and behavior. Baltimore, München, Wien: Urban &
Schwarzenberg; 1989.

Rockstroh, B.; Elbert, T.; Lutzenberger, W.; Birbaumer, N. Biofeedback: Evaluation and therapy in children with attentional dysfunctions. Rothenberger, A. Brain and behavior in child psychiatry. Tübingen: Springer Verlag; 1990. pp.345-57.

Rowland, A. S., Lesesne, C. A., and Abramowitz, A. The Epidemiology of Attention-Deficit Hyperactivity Disorder(ADHD) : A Public Health View. Mental Retardation and developmental disabilities research reviews 2002;8:162-70.

Rumpf, N. (2004). Neurofeedback bei Kindern mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung: Zusammenhang der langsamen kortikalen Potenziale mit dem EEG Frequenzspektrum. Eberhard Karls Universität-Tübingen/ medizinische Fakultät; 2005.

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

Schachar, R. J. and Wachsmuth, R., Parent Interview for Child Symptoms-Revised DSM-III-R. Toronto: Department of Psychiatry, Hospital for Sick Children; 1989.

Spencer, T., Biederman, J., Wilens, T., Harding, M., O'Donnel, D., and Griffin, S. Pharmacotherapy of Attention-Deficit Hyperactivity Disorder Across the Life. Journal of the American Academy of Child and Adolescent 1996;35:409-32.

Tannock, R. Attention Deficit Hyperactivity Disorder: Advances in Cognitive, Neurobiological, and Genetic Research. [Review] [283 Refs]. Journal of Child Psychology & Psychiatry & Allied Disciplines. 1998;39(1):65-99.

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

The MTA Cooperative Group. Moderators and Mediators of Treatment Response for Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. American Medical Association 1999;56:1088-99.

Thompson, L. and Thompson, M. Neurofeedback Combined With Training in Metacognitive Strategies: Effectiveness in Students With ADD. Applied Psychophysiology and Biofeedback 1998;23(4):243-63.

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

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

Zeiner, P.; Bryhn, G.; Bjercke, C.; Truyen, K.; Strand, G. Response to methylphenidate in boys with attention-deficit hyperactivity disorder. *Acta Paediatrica*. 88[3], 298-303. 1999.

Zimmermann, P. and Fimm, B., Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP), Version 1.7. Herzogenrath: PsyTest; 2002.

Zschocke, S., Klinische Elektroenzephalographie. 2 ed. Berlin: Springer; 2002.

Danke ...

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

Dr. Ute Strehl - die mich in den letzten zwei Jahren sehr unterstützt hat. Sie ermöglichte eine ganz besondere Atmosphäre in dem Projekt und lehrte mich, dass man nie verzweifeln darf, denn für jedes Problem gibt es eine Lösung.

Dr. Ulrike Leins - die mir bei vielen Problemen sehr geholfen hat und für jede Frage ein offenes Ohr hatte. Ohne ihre immer freundliche Hilfsbereitschaft wäre Vieles erheblich schwieriger gewesen.

meinen Mitdoktoranden: Christoph Klinger und Nicola Rumpf - für die schöne Arbeitsatmosphäre. Ich freute mich jeden Tag mit ihnen zusammenzuarbeiten zu können.

Mein ganz besonderer Dank gilt Christoph Klinger, der mir zu jeder Zeit herzlich beiseite stand.

Nadine Danzer - die mir vieles über die Durchführung des Trainings beibrachte

Unseren Praktikanten und studentischen Mitarbeitern - Cornelia Weber,

Sonja Kaller, Lena Greulich und Brigitte Vollmann, die besonders in schwierigen Phasen eine große Unterstützung waren und mit denen ich immer was zu lachen hatte.

Frau Herberts – vom Institut der medizinischen Biometrie, die mir bei der statistischen Auswertung von großer Hilfe war und sich für jede Frage Zeit nahm.

Dr. Detlef Axmann und Dr. Boris Kotchoubey - die mich bei der Datenauswertung ganz besonders unterstützten.

Dr. Thilo Hinterberger - dessen Trainingsprogramm es mir ermöglichte, das Neurofeedback-training durchzuführen.

LEBENS LAUF

Persönliche Daten:

Name: Gabriella Goth
Geburtsdatum, -ort: 27.10.1979 in Budapest, Ungarn
Familienstand: ledig

Eltern und Geschwister:

Vater: Miklós Góth, Facharzt für Endokrinologie
Mutter: Edith Renz, Fachärztin für Hals-Nasen-
Ohrenheilkunde
Geschwister: Matthias Goth

Schulbildung:

1986-1990 Grundschohle in Budapest
1990-1991 Gesamtschohle in den USA (Charlottesville, Virginia)
1991-1999 Robert-Bosch-Gymnasium in Wendlingen
mit Abitur im Juni 1999

Studium:

ab 15.10.1999 Medizinstudium an der
Eberhard-Karls-Universität Tübingen
12.09.2001 Ärztliche Vorprüfung
19.09.2002 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
01.04.2005 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
19.05.2006 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Tübingen, den 22. Oktober 2004