

Neurofeedbacktherapie bei ADHS

Grundlagen, wissenschaftliche Datenlage, Effektstärke, Anwendungsbeispiele, Ökonomie der Behandlungsform und Orientierung für Einsteiger

Dr. med. Hans-Jürgen Kühle, Kinder- und Jugendarzt, Neuropädiater, Biofeedbacktherapeut und Neurofeedbacksupervisor der DGBFB e.V., Giessen, www.dr-kuehle.de

Zusammenfassung:

Mit Biofeedback wird die Rückmeldung von Körpersignalen an den Menschen z. B. über Ton oder Bildschirm bezeichnet. Der Mensch kann dadurch lernen, Kontrolle über Verhaltenszustände zu gewinnen und diese zur Verbesserung der eigenen Lebensqualität zu nutzen. Biofeedback und Neurofeedback können bei vielen chronischen Krankheiten und Befindlichkeitsstörungen wirksamere Hilfen sein und sind bei einigen Störungen (wie bei Migräne z. B.) medikamentösen Hilfen überlegen (1). Auch bei ADHS erleichtern feedbackgesteuertes Atemtraining und Muskelentspannung auch den kleinen Patienten, sich zu sammeln und Selbstwirksamkeit (wieder) zu erfahren (s. Abschnitt 5).

Neurofeedback ist Biofeedback der Hirnaktivität. Die Aktivierung der Hirnrinde ist bei der Mehrheit der ADHS-Patienten gestört in der Form, dass die langsamen EEG-Frequenzen dominieren, obwohl die Kinder aufmerksam sein wollen. Ein Training der EEG-Aktivierung bewirkt bei vielen günstige Verhaltensänderungen in Richtung besserer Selbststeuerung.

Neue Studien konnten Wirksamkeit und Spezifität der Wirkung von Neurofeedback bei ADHS zeigen (14-18, 36-38). Aber nur die Hälfte der behandelten Patienten erreichte in Eltern- und Lehrerratings eine Verbesserung von mindestens 25%. Eine abschließende Bewertung ist derzeit noch nicht möglich. Die Datenlage zur Evidenz der Neurofeedbacktherapie ist nicht mit der Datenlage zur Stimulanzientherapie vergleichbar.

Die für die praktische Anwendung wichtigsten Studienergebnisse werden im Folgenden dargestellt. Für die Anwendung im Einzelfall geben Gruppenergebnisse aber nur begrenzte Orientierung. Deshalb werden Vorschläge aus der eigenen Erfahrung und von erfahrenen Experten vorgestellt.

Wichtigste Voraussetzung für erfolgreiche Neurofeedbackbehandlung bei ADHS in der Praxis ist die gute Motivation des Patienten von der ersten bis zur letzten Sitzung und seine Bereitschaft, zu Hause weiter zu üben. Dazu müssen auch die Eltern informiert und motiviert sein.

Der Artikel beschreibt auch die Erfahrungen bei der Umsetzung des Neurofeedbacktrainings bei ADHS in einer Kinder- und Jugendarztpraxis und die Ökonomie der Behandlung.

Schlüsselwörter: ADHS – Neurofeedback – Biofeedback – Effektstärke – operantes Lernen - Ökonomie

Inhalt:

1. Einleitung: Nachhaltige Behandlung der ADHS – sind wir mit Neurofeedback auf dem Weg dahin?
2. Neurofeedback bei ADHS: Grundlagen der elektrischen Aktivität im Gehirn – das EEG und seine Trainierbarkeit sowie Vorstellung der verschiedenen Verfahren
3. Ergebnisse des Neurofeedbacktrainings bei Kindern mit ADHS in der wissenschaftlichen Literatur, die für die praktische Anwendung bedeutsam sind
4. Effektstärken der Neurofeedbackbehandlung bei ADHS im Vergleich zu anderen Interventionen
5. Erfahrungen aus meiner praktischen Anwendung
6. Therapieablauf und Ergebnisse an zwei Fallbeispielen
7. Für wen eignet sich welches Verfahren? Neurofeedback als Ergänzung oder Alternative? Dosisreduktion von Medikamenten durch Neurofeedbacktraining?
8. Welche Hilfe bietet QEEG für die Auswahl der Behandlungsstrategie?
9. Ereigniskorrelierte Potentiale (ERPs) und Neurofeedback
10. Nebenwirkungen: Was passiert, wenn falsch über den falschen Ableitungen trainiert wird?
11. Was zu einer guten Behandlung gehört
12. Wo kann man als Einsteiger Kenntnisse über die Methode und Geräte erwerben?
13. Lohnt sich der Einstieg jetzt? Kosten und Nutzen
14. Literatur
15. Danksagung

1. Einleitung: Nachhaltige Behandlung der ADHS – sind wir mit Neurofeedback auf dem Weg dahin?

Welche Behandlungsmethoden helfen bei ADHS langfristig? Die bislang größte wissenschaftliche Untersuchung zu Behandlungsmethoden bei ADHS, die MTA-Studie, versuchte darauf Antworten zu finden (1, 2). Ihr Studiendesign bestand aber aus einer nur kurzen kontrollierten Therapiephase von 14 Monaten und Nachbeobachtungen nach 2, 3, 5 und 8 Jahren. Am Ende der kontrollierten Phase waren die Kinder, die mit genau ermittelter Methylphenidat-(MPH-)dosis behandelt waren und die, die zusätzlich Verhaltenstherapie bekamen in der Verhaltensverbesserung hochsignifikant den Kindern überlegen, die nur Verhaltenstherapie oder Medikation vom Hausarzt (meist 2x10mg MPH) erhalten hatten. Nach 5 Jahren Nachbeobachtung waren die Kinder am Anfang der Pubertät. Die Gruppen bestanden nicht fort, aus allen Gruppen zusammen nahmen ca. 50% MPH, ihnen ging es besser. 8 Jahre nach Studienbeginn waren alle Kinder in der Pubertät oder an deren Ende. Zu diesem Zeitpunkt nahmen nur noch 30% Medikation. Über alle Gruppen hinweg war die Ausprägung der ADHS-Symptomatik geringer als bei Studienbeginn, jedoch im Vergleich zu einer gematchten Kontrollgruppe nicht normalisiert. Heißt das, dass damit die Wertigkeit der bisher mit hinreichender Evidenz belegten Behandlungsmethoden in Form psychoedukativer und psychotherapeutischer Interventionen und der medikamentösen Behandlung in Frage gestellt ist?

Die Autoren des Berichts über die Nachtestung nach 8 Jahren (2) diskutieren deshalb selbst folgende Fragen:

Seite 2 von 20, Neurofeedbacktherapie bei ADHS – Grundlagen, Erfolgsaussichten und Kriterien für die Auswahl einer Behandlung, © Dr. med. Hans-Jürgen Kühle, Giessen 2010, www.dr-kuehle.de

- hätte eine kontinuierliche individuell dosierte Medikation anstelle der nur kurzen Dauer oder nicht genau titrierten Einstellung zu besseren Ergebnissen geführt?
- hätte die Wiederholung verhaltenstherapeutischer Interventionen ebenfalls bessere Ergebnisse bewirkt?
- Welche nachhaltigen Maßnahmen fehlen, da unter der bislang üblichen Behandlung zwar eine Verbesserung, aber eine Normalisierung der Beeinträchtigung für Menschen mit ADHS nicht erreicht wird und die Patienten auch im Erwachsenenalter unter Unaufmerksamkeit, mangelnder Selbstorganisation und Impulsivität leiden?

Die erste der Fragen wird in der ebenfalls 2009 veröffentlichten Studie von Biederman et al. (3) teilweise beantwortet. In dieser 10-Jahresstudie werden schützende Effekte der medikamentösen Behandlung vor solchen ADHS-Folgen oder Begleiterkrankungen berichtet wie Störungen des Sozialverhaltens, Depression und Angststörungen, wenn die individuell dosierte Stimulanzienbehandlung im Durchschnitt mindestens 6 Jahre angedauert hat.

Ist Neurofeedbacktherapie als ein Lernverfahren eine wirksame neue Behandlungsmethode mit Nachhaltigkeit? Führt sie mit oder auch ohne Medikation zu ähnlichen Ergebnissen wie die medikamentöse Behandlung und/oder verhaltenstherapeutische Maßnahmen? Die derzeitige Datenlage erlaubt noch keine sichere Antwort.

Um frühzeitig die Chancen der Neurofeedbacktherapie für Kinder- und Jugendärzte nutzbar zu machen, gab die AG-ADHS e.V. 2006 eine Machbarkeitsstudie an mich in Auftrag. Als deren Ergebnisse finden Sie im Folgenden eine Übersicht der wissenschaftlichen Datenlage, des praxisrelevanten Anwendungswissens und meiner praktischen Erfahrungen.

2. Neurofeedback bei ADHS: Grundlagen der elektrischen Aktivität im Gehirn – das EEG und seine Trainierbarkeit sowie Vorstellung der verschiedenen Verfahren

Die elektrische Aktivität der Hirnrinde besteht aus langsamen und schnellen Frequenzen. Vom Schlaf über das Dösen und ruhige Entspannung bis zu Aufmerksamkeit und geistiger Anspannung werden die vorherrschenden Wellenbereiche immer schneller. Bei Aufmerksamkeit sind die Amplituden aus dem Bereich 13-18 Hertz am besten ausgeprägt. Wird der Patient dafür belohnt, diese schnellen Frequenzen zu erzeugen, ändert sich auch sein Verhaltenszustand, Aufmerksamkeit und Ausdauer werden für ihn leichter. Beim Neurofeedbacktraining versucht man, dieses Verhalten zu automatisieren, damit es auch in anderen Situationen abgerufen werden kann.

Tabelle 1: Verhaltenszustände und deren Ausdruck in EEG-Frequenzbändern (vereinfacht)

| Frequenzband | Name | Verhaltenszustand |
|--------------|-------|--|
| 0.5-4Hz | Delta | ruhiger Tiefschlaf, Bewusstlosigkeit, Narkose |
| 4-8Hz | Theta | Dösigkeit, bei kleinen Kindern dominieren sie auch im Wachen aufgrund der Unreife des Gehirns. Die Geschwindigkeit der Hirnaktivität in Ruhe nimmt bis zur Pubertät zu |

| | | |
|---------|-------------------|--|
| 8-12Hz | Alpha SMR oder | wache Entspannung, bei Kindern über der Kopfmittle dominant, zur Pubertät hin occipital am besten ausgeprägt |
| 12-15Hz | Low Beta | ruhige Konzentration |
| 15-21Hz | Beta | aktive Aufmerksamkeit |
| 21-35Hz | High Beta | |
| 35-45Hz | Gamma | |

Neurofeedbacktraining von EEG-Frequenzbändern:

Grundgedanke ist: Wenn schon schnellere Frequenzen mit Aufmerksamkeit zusammenhängen, kann dann ein Training der schnellen Frequenzen zur Verbesserung der Aufmerksamkeit führen? Seit dem ersten Fallbericht des Ehepaars Lubar 1976 (6) über Verhaltens- und EEG-Veränderungen bei einem hyperaktiven Kind nach SMR-Training ist eine Vielzahl von Fallberichten erschienen, die diese Beobachtungen bestätigt hat.

Neurofeedbacktraining der langsamen kortikalen Potentiale (auch genannt LPs, Bereitschaftspotentiale, slow DC shifts, slow cortical potentials oder SCPs):

Außer den genannten EEG- Frequenzbändern gibt es noch langsamere Gleichspannungspotentialänderungen zwischen positiver und negativer Ladung über der Hirnrinde. Die Nervenkerne des Aufmerksamkeitssteuerungssystems steuern über den Nucleus reticularis thalami die Ladung der großen Pyramidenzellen in der Hirnrinde (7).

Wenn diese in erhöhte Entladungsbereitschaft gesetzt werden, wird das *langsame* Potential negativ. Dieses Potential wird deshalb auch als "LP" abgekürzt, oder auf Englisch "slow cortical potential" genannt und als "SCP" abgekürzt. Ein solches langsames Potential heißt deshalb auch "Bereitschaftspotential", wenn es Bewegungen vorausgeht. Diese Bereitschaft wird bei Ausführung der Bewegung verbraucht und mündet in einer Positivierung des Gleichspannungspotentials.

Neben diesen wissenschaftlich überprüften Verfahren gibt es die noch experimentellen Verfahren des Hämenzephalographietrainings (**HEG**, 8) und der transcraniellen Gleichstromstimulation (**tDCS**, 9, 10), für deren Einsatz und Wirkung bisher nur Einzelfallbeschreibungen und kleine Studien vorliegen.

3. Ergebnisse des Neurofeedbacktrainings bei Kindern mit ADHS in der wissenschaftlichen Literatur, die für die praktische Anwendung bedeutsam sind:

Dass die Verbesserungen wirklich auf das Neurofeedback und nicht auf unspezifische Effekte wie das dabei ablaufende Fokussierungstraining und die Zuwendung durch den Trainer zurückzuführen sind, wurde immer wieder in Zweifel gezogen, am tiefendsten durch Loo und Barkley 2005 (11). Es gibt weitere Studien, die keine über unspezifische Effekte hinausgehende Wirksamkeit finden konnten (31, 32). Pikanterweise sind diese Studien selbst mit denjenigen methodischen Mängeln behaftet, die sie bei den älteren Neurofeedbackstudien zu Recht monieren.

Einige wichtige Studienergebnisse zu Wirksamkeit und Spezifität von Neurofeedback bei ADHS stelle ich im Folgenden vor, weil die darin benutzten Ableitungsmodalitäten als Orientierungshilfe zum Einstieg dienen können:

Seite 4 von 20, Neurofeedbacktherapie bei ADHS – Grundlagen, Erfolgsaussichten und Kriterien für die Auswahl einer Behandlung, © Dr. med. Hans-Jürgen Kühle, Giessen 2010, www.dr-kuehle.de

Levesque, Beauregard und Mensour aus Montreal haben 2006 (12) in einem randomisierten Design im Vergleich zu einer Wartelistenkontrollegruppe und im Vergleich zu den Befunden vor Therapie bleibende Verbesserungen der Aktivierung des anterioren Gyrus Cingulus im fMRI nach Frequenzbandtraining beschrieben: Versuchsdauer 40 Sitzungen. In Phase 1 wurde zentral bei Elektrodenplatzierung Cz SMR (13-15Hz) verstärkt, der Thetabereich runtertrainiert, in Phase 2 wurde das Betaband 15-18Hz hoch-, und das Thetaband (4-8Hz) runtertrainiert. Die Verhaltensmaße DSM-IV, WISC, TOVA, Conners waren danach alle signifikant verbessert. Es wurde durch das Neurofeedback genau der vorher kaum aktive Teil des Gehirns aktiviert, der für die Hemmung vorschneller Antworten und Entscheidungen zuständig ist. Als physiologische Grundlage für die bleibende Verbesserung wurde die Langzeitpotenzierung angenommen.

Das Einhergehen einer Normalisierung reizbezogener EEG-Antworten (Evoked Response Potentials (ERPs)) mit Verhaltensverbesserungen nach Theta-Beta-Training (Elektrodenposition: bipolare Ableitung C3-Fz) haben Kropotov et al. 2005 beschrieben (13): Bei 86 Kindern mit ADHS im Alter von 9-14 Jahren wurden vor und nach 15-22 Sitzungen Theta-Beta-Training die durch die Reizantwort in einem Continuous Performance Test ausgelösten EEG-Antworten bestimmt. Gütekriterium für das Verhalten waren die Verhaltensbeobachtung nach SNAP IV (Swanson, Newcorn, Abikoff und Pelhams standardisierte Verhaltensbeobachtung). Kropotov et al. unterschieden gute und schlechte Performer etwa nach 10 Sitzungen zu 25 min, die Sitzungen waren 2-5x/Woche. Die Sitzung bestand aus 5 Phasen Training und dazwischen 1 min. Pause. Gute Performer zeigten in 60% der Sitzungen unter Trainingsbedingung einen Amplitudenzuwachs im Bereich 15-18Hz von 25% oder mehr. Die Unterschiede waren bei Elektrodenposition F3 und F4 am deutlichsten. Dies traf auf 71 Patienten zu, damit etwas mehr als 80%. Bei diesen fand sich am Ende eine signifikante Verhaltensverbesserung und einen signifikanten Zuwachs der späten Komponenten der ERP-Antwort auf den NoGo-(Hemmungs-)Stimulus im CPT nach Trainingsende.

Ute Strehl (Tübingen) et al. haben in Pediatrics 2006 (14) in einer kontrollierten Studie bleibende Verbesserungen nach dem Training der langsamen kortikalen Potentiale (SCPs) beschrieben. Die Veränderungen blieben noch 2 Jahre nach Trainingsende stabil (15).

Gevensleben et al. haben 2009 (16+17) den Nachweis der Spezifität der Wirkung von Neurofeedback (mit Frequenzband- und mit SCP-Training) erbracht, durch eine randomisierte und kontrollierte Vergleichsstudie mit einem computergestützten Aufmerksamkeitstraining:

91 Kinder von 8-12 Jahren wurden verglichen (19). Im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigte sich eine Effektstärke von 0.6 nach Neurofeedbacktraining im Vergleich zum Fokussierungstraining. Veränderungen der Aktivierung in den Frequenzbändern und der Ausprägung des Bereitschaftspotentials gingen parallel zu den Verhaltensverbesserungen auf einem ADHS-FBB-HKS-Fragebogen, der die ADHS-Symptomausprägung in Eltern- und Lehrerurteil erhob.

Eine Verhaltensverbesserung von mehr als 25% in Eltern- und Lehrerurteil wurde allerdings nur bei 50% der Teilnehmer der Neurofeedbackgruppe und auch bei 30% der Teilnehmer des computergestützten Aufmerksamkeitstrainings erreicht. 6 Monate nach Trainingsende konnten noch 1/3 der Patienten nicht nachuntersucht werden, die Hälfte davon, weil sie mittlerweile Stimulanzienbehandlung benötigten (36).

Für die tägliche Praxis bedeutsame Ergebnisse dieser Studie: je höher die Thetaamplitude über Pz in Ruhe vor Studienbeginn ausgeprägt war (über 20uV im Vergleich zu 10-15uV) und je deutlicher die Thetaamplitude im Verlauf des Trainings abnahm (z.B. um 5uV), desto deutlicher war die Abnahme der von den Eltern bewerteten Verhaltensauffälligkeiten. Hohe Thetaamplituden über Pz und P4 hatten einen Vorhersagewert für ein erfolgreiches Theta-Beta-Training und erklärten 20% der Varianz.

Die Teilnehmer des computerunterstützten Aufmerksamkeitstrainings ohne Neurofeedback erreichten am Ende auch eine Reduzierung der Thetaamplituden.

Dies verstehe ich als Hinweis, dass auch unspezifisches Fokussierungstraining neurophysiologisch fassbare Veränderungen bewirkt.

H. Heinrich, einer der Mitautoren der Studien von Gevensleben et al., sieht für den praktischen Einsatz des Neurofeedbacktrainings folgenden Rahmen:

Oberziel des Neurofeedbacktrainings ist es, den Patienten (Selbst-) Regulationsstrategien lernen zu lassen. Einzelziele sind: die ADHS-Kernsymptomatik zu reduzieren, insbesondere Aufmerksamkeitsabbrüche zu reduzieren, das Arbeitstempo zu verbessern und Gelassenheit zu üben. Das bedeutet, dass problemorientiert für den einzelnen Patienten trainiert werden muss.

Um möglichst rasch eine Automatisierung zu erreichen, geht sein Team in 90-Min. Sitzungen (=Doppelstunden) vor, mit Abschnitten von 10-20min und Pausen. Jeder Trainingsblock besteht aus 9 Doppelstunden, möglichst 2 am Tag. Transferübungen für zu Hause werden nach 4-5 Sitzungen aufgegeben. Beim SCP-Training wird eine Negativierung für 3-5s angestrebt. Wegen Artefakten wird SCP von seinem Team meist erst bei älteren Kindern und Jugendlichen eingesetzt. Eine Kombination von Neurofeedback u. Lösen von (Schul-)Aufgaben während des Trainings soll den Transfer zusätzlich erleichtern.

Meist entwickeln die Kinder ihre eigenen **Strategien**, um die kortikale Aktivierung zu erreichen, und können diese Strategien oft nicht verbalisieren. Bei Problemen mit dem Durchhalten hat es sich in Einzelfällen als günstig erwiesen, dem Kind vorzuschlagen

- sich daran zu erinnern, wie es in der Schule es bisher versucht hat, sich zu konzentrieren
- sich selbst anzufeuern
- oder ruhig und gelassen zu bleiben
- oder paradoxe Intervention: es soll versuchen, dass das Computerspiel möglichst wenig vorangeht.

Die **Einstellung der Eltern** zum Training wurde erfasst, erwies sich jedoch nicht als bedeutsam für die Ergebnisse. 40% der Kinder und Eltern wussten hinterher nicht zu sagen, ob sie Skillies oder Neurofeedback gemacht hätten.

Für das SCP-Training werden in derselben Studie 40% der Varianz durch folgende Zusammenhänge erklärt: Niedrigere Alphaaktivität links parietal (bei P3) vor Trainingsbeginn und ein stärkerer Anstieg der Alphaamplitude unter Training hatten einen signifikanten Vorhersagewert für eine Verbesserung des Elternurteils zu Hyperaktivität und Impulsivität im ADHS-Fragebogen FBB-HKS.

Ein zusammenfassender Review der Arbeiten ist jetzt auch auf Deutsch erschienen: Gevensleben H, Moll GH, Heinrich H. Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother. 2010;38(6):409-420. (37)

4. Effektstärken der Neurofeedbackbehandlung bei ADHS im Vergleich zu anderen Interventionen:

Arns et al. haben 2009 eine erste Metaanalyse aller bisherigen Studien zur Wirksamkeit von Neurofeedback veröffentlicht (18). Die Vergleichbarkeit der Studien ist wegen der verschiedenen Methoden jedoch begrenzt. Zwei sehr euphorische Studien, die zu einer großen Ergebnisheterogenität geführt hätten (19+20), wurden deshalb nicht herangezogen, auch die übrigen erfüllten nicht alle die Kriterien

prospektiv, doppelblind, randomisiert und kontrolliert. Bezugsgrößen der Metaanalyse waren Aufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität, ermittelt meist anhand von in ADHS-Studien üblichen Elternfragebögen.

Im Vergleich zu Kontrollgruppen wurde für Neurofeedbacktherapie eine durchschnittliche Effektstärke bezüglich Aufmerksamkeit von 0.8, für Impulsivität von 0.68 und für Hyperaktivität von 0.39 gefunden. Bei Vorher-Nachher-Vergleichen der Patienten ergaben sich noch höhere Effekte. Die Verbesserungen der Aufmerksamkeit hingen mit der Anzahl der Sitzungen zusammen: Die Verbesserung betrug nach 20 Sitzungen 0.7 und nach 40 Sitzungen 1.2. Impulsivität und Hyperaktivität waren durch eine höhere Sitzungsanzahl nicht weiter verbesserbar. Verhaltenstherapie erzielt Effektstärken um 1.0, mit der medikamentösen Behandlung werden Effektstärken bis zu 1.7 in der Akutbehandlung erzielt.

Für mich deckt sich die mittlere Effektstärke von 0.6 bei Gevensleben et al. (16) am besten mit meinen eigenen Erfahrungen. Auch die von ihm berichtete Tatsache, dass nur bei der Hälfte der Patienten mit Neurofeedback deutliche Verbesserungen erreicht wurden, deckt sich mit meinen eigenen Erfahrungen.

Die Verbesserungen während medikamentöser Behandlung sind bei angemessener Dosierung so eindrucklich, dass die Kinder fast nicht wiederzuerkennen sind.

Tabelle 2: Effektstärken verschiedener Interventionen bei ADHS, aus Eric Taylor 2007 (21), n=2 bedeutet 2 Studien und nicht 2 Patienten:

Mean Medication Effect Sizes (Cohen's d, calculated incorporating placebo) by Preparation and Type of Rater

| Total ADHD | PARENT | TEACHER | CLINICIAN | SELF |
|--|---------------------------|----------------------------|--|-----------------------|
| IR Stimulant (metaanalysis Faraone et al., 2004) * | 0.90 (n = 13) | 1.12 (n = 20) | 0.73 (n = 3) | |
| ER Stimulant (metaanalysis Faraone et al., 2004) * | 1.46 (n = 2) | 0.89 (n = 4) | | |
| Adderall XR** | 0.76 - 1.1 (pediatric) | 0.55 - 0.86 (pediatric) | 0.57 - 1.24 (adolescent) 0.65 - 0.77 (adult) | 0.47 - 0.8 (adult) |
| Concerta*** | 1.71 (1.53 - 1.89) | 1.38 (1.05 - 1.69) | .97 (.84 - 1.10) (lab) | |
| Equasym | 0.50 (.35 - .76) | 0.98 (.76- 1.17) | 1.8 (observed; COMACS; lab) | |
| Medikinet retard | 1.0 | 1.0 | 0.9 (rater-based) 0.8 (observed) | |
| Non-stimulant (metaanalysis Faraone et al., 2004) * | 0.55 (n = 3) | 0.54 (n = 2) | 0.77 (n = 15) | |
| Atomoxetine*** | 0.7[u1] | | 0.65**** | |
| Modafinil[u2] | 0.61 | 0.69 (.64- .75) | | |

Aus den Langzeitstudien wissen wir aber auch, dass nach Ende der medikamentösen Behandlung nur das an verbesserter Verhaltenssteuerung überbleibt, was in der Zwischenzeit gelernt wurde, wenn es nicht vom Durchbrechen des Mangels an Impulskontrolle wieder zunichte gemacht wird (2).

5. Erfahrungen aus meiner praktischen Anwendung:

In der Regel folge ich einem integrativen Konzept. In der ersten Sitzung stehen Beziehungsförderung, Vertrautwerden mit dem Setting und Spüren von Selbstwirksamkeit im Vordergrund. Durch Ableitung von Hautwiderstand, Herzrate und Atmung bekomme ich eine Information über die unwillkürliche Stressverarbeitung des Kindes oder Jugendlichen. In aller Regel ist das sich anschließende Training langsamer Atmung ein für die Patienten überaus angenehmer Weg, sich sammeln zu können. Obwohl die Kinder und Jugendliche mit ADHS oft ein hohes sympathisches Erregungsniveau hatten, hatten sie meist noch einen guten und direkten Zugriff auf ihre vegetative Steuerung.

Möglicherweise gibt es sogar einen Synergismus zwischen Atemtraining und Neurofeedbacktraining: Studien an Patienten mit chronischen Schmerzen zeigen ein ähnlich hohes sympathisches Aktivierungsniveau, eine Unterfunktion des präfrontalen Kortex, wie wir sie bei ADHS auch finden. Für beide Störungsbilder gilt auch, dass die Patienten im Durchschnitt sich nicht so gut wie andere in einen anderen Menschen hineinversetzen und empfinden können. Emotionen können nicht so schnell und eindeutig wahrgenommen werden. Die vagale, parasympathische Aktivierung durch ein Atemtraining, welches die Herzratenvariabilität erhöht, kann diese Funktion bessern (33).

Dann füge ich das Neurofeedbacktraining hinzu. Hierbei dürfen die Kinder "richtig Gas geben" und versuchen, dass das Spiel am PC möglichst schnell laufen zu lassen. Bei Bedarf können auch störende EMG- und Augenbewegungsartefakte erst einmal runtertrainiert werden.

Nicht nur ich, sondern viele Anwender von Neurofeedbacktraining bei ADHS beobachten nach einem anfänglichen Amplitudenzuwachs der schnellen und -verminderung bei den langsamen EEG-Frequenzen (das ist ja das Ziel) schon beim ersten Training danach einen Rückfall, der erst nach einigen Sitzungen wieder verschwindet.

Nach den ersten Sitzungen, nachdem der Ablauf vertraut geworden ist, besteht das Training gerade darin, trotz einer nicht so spannenden Situation die Aufmerksamkeit aufrecht zu erhalten. Die Kinder müssen genau beobachtet und ggf. motiviert werden; manchmal ist die Abwechslung durch Verwendung verschiedener Spiele oder Filme hilfreich.

Bezeichnenderweise ist die am EEG über Cz ablesbare Aktivierung meistens schon nach wenigen Sitzungen besser, wenn der Patientenbildschirm ausgestellt wird und die Aktivierung über die Vorstellung stattfindet. Dies wird gemacht, um den Transfer, die Übertragung der Strategie in den Alltag, zu üben.

Mir erscheint es häufig so, als ob die Patienten dann mehr eigene Gedanken und Gefühle aufrufen, was die Aktivierung erhöht und damit auch die Amplituden schneller Frequenzen und so die Theta-Beta-Power-Rate (TBPR) erniedrigt.

6. Neurofeedbacktherapieablauf und Ergebnisse an zwei Fallbeispielen:

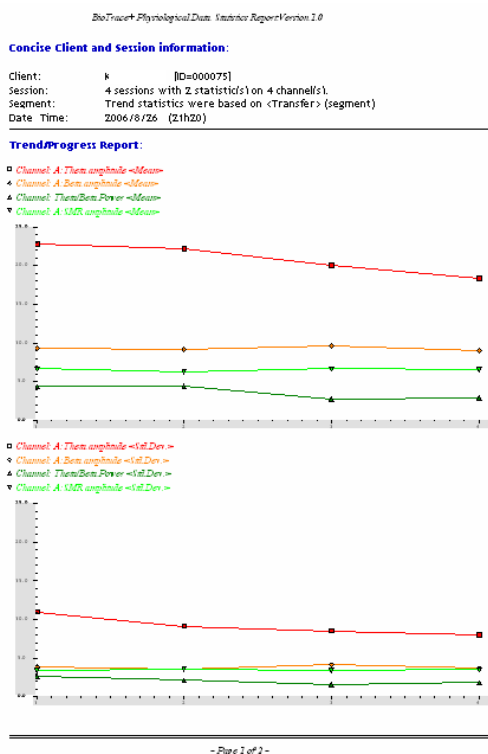
Ablauf des Neurofeedbacktrainings: Das Kind betrachtet ein Bild auf unserem Monitor, das wie ein PC-Spiel aussieht. Es lässt durch ruhige Konzentration (SMR- und Beta1-Amplituden über Schwelle) z. B. eine Figur auf dem Bild nach oben oder nach unten zu bewegen, ein Käfer durch ein Labyrinth laufen oder einen kleinen Film voranlaufen. Später wird geübt, bei ausgeschaltetem Bildschirm (Transfer) auch ohne eine Rückmeldung diese Veränderung zu bewirken. Für zu Hause bekommen die Patienten ein Bild von dem Trainingsbildschirm als Erinnerungshilfe mit. Vor den Hausaufgaben sollen sie dies Bild noch einmal anschauen und sich erinnern, wie sie das Spiel erfolgreich gesteuert haben. Für das Durchführen dieser Hausaufgaben gibt es Belohnungspunkte ebenso für das richtige Hinbekommen während des

Trainings. Die Kinder bekommen also die Chance, viele gute und lohnende Erfahrungen zu machen, das richtige wird verstärkt (operantes Lernen). Ich benutze das Gerät Nexus 10 der Firma Mind Media und führe Frequenzband- und SCP-Training durch, wie es auch von Gevensleben et al. (17) beschrieben wurde. Dieses Gerät und die dazugehörige Software Biotrace+ eignen sich auch für alle anderen Biofeedbackmodalitäten. In der Folge ein beispielhaft positiver Verlauf:

Abbildung 1: Neurofeedbacksetting:



Abbildung 2: Verlauf der Messwerte der Amplituden des Theta-, Beta- und SMR-Frequenzbandes und der Theta-Beta-Power-Rate (TBPR) in der 5., 10. und 20. Sitzung und ein Jahr später bei einer Kontrolle bei Patient K (Transferbedingung)



Erster Datensatz

BioTrace+ Physiological Data: Summary Report Version 1.0

Numerical table with session results:

| | A: Theta amplitude | | A: Beta amplitude | | Theta/Beta Power | | A: SMR amplitude | |
|-------------------|--------------------|----------|-------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|
| | Mean | Std.Dev. | Mean | Std.Dev. | Mean | Std.Dev. | Mean | Std.Dev. |
| Session: 1 | 22.82 | 11.00 | 9.33 | 3.94 | 4.34 | 2.70 | 6.64 | 3.40 |
| Session: 2 | 22.15 | 9.16 | 9.18 | 3.65 | 4.37 | 2.13 | 6.31 | 3.54 |
| Session: 3 | 20.03 | 8.55 | 9.67 | 4.12 | 2.78 | 1.63 | 6.65 | 3.47 |
| Session: 4 | 18.40 | 7.97 | 9.04 | 3.66 | 2.86 | 1.81 | 6.59 | 3.51 |

- Page 2 of 2 -

K war damals 10 Jahre alt und wurde erfolgreich mit einer genau angepassten Dosis Methylphenidat behandelt. Es war trotz begleitender Übungen für ihn sehr schwierig geblieben, Aufgaben anzufangen und in Ruhe zu Ende zu bringen, was zu viel Streit führte. Ab der 10. Sitzung ging das viel leichter. Das weitere Absinken der TBPR noch nach Behandlungsende (Session 4) zeigt, dass er sich unwillkürlich zu Hause weiter trainiert hat. Bei K blieb dieses günstige Verhalten stabil, ein Jahr nach dem Neurofeedbacktraining setzte er die Medikation ab, ohne dass es zu einer nennenswerten Beeinträchtigung kam, und mittlerweile ist er auch drei Jahre später immer noch frei von Beeinträchtigungen. Im Fragebogen zu ADHS-Symptomen nach DSM-IV (s.u.) treten alle Symptome nur niemals oder manchmal auf, er ist damit in einer bleibenden Remission (22).

Remission bei ADHS bedeutet nach Steele, Weiss, Swanson et al.: Die Merkmale des DSM-IV-Fragebogens bekommen folgende Punkte: 0=nie, 1=manchmal, 2=oft, 3=ständig, immer. Teilt man nun die Gesamtpunktzahl durch die Anzahl der Fragen, erhält man den DSM-Quotienten für Unaufmerksamkeit (ADS) und für Hyperaktivität und Impulsivität (HKS). Wenn dieser ≤ 1 ist, wird dies als Remission bezeichnet. Dies ist ein einfaches und klares Erfolgskriterium für die Behandlung. Faraone SV, Biederman J, Mick E. (23) haben 2006 in einer großen Metaanalyse von Langzeitstudien über bis zu 25 Jahre gezeigt, dass der Verlauf dieser Kriterien am klarsten über die Behandlungsgüte Auskunft gibt.

Auf www.dr-kuehle.de/neurofeedback/training.html können Sie ein Video mit Ausschnitten aus dem Trainingsablauf dieses Patienten anschauen.

Abbildung 3: Rückbildung der 18 ADHS-Symptome *ohne* Medikation bei KF vor Behandlungsbeginn und bei Sitzung 12

| | | mal | | | | Das betroffene Kind ... <i>FLO</i> | | | | | |
|--|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| | | nie | manchmal | oft | immer | nie | manchmal | oft | immer | | |
| 1 | beachtet Details nicht, macht Flüchtigkeitsfehler bei verschiedenen Ansätzen | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 1 | beachtet Details nicht, macht Flüchtigkeitsfehler bei verschiedenen Arbeiten | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2 | hat Schwierigkeiten, längere Zeit die Aufmerksamkeit bei Aufgaben oder im Spiel aufrecht zu erhalten | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 2 | hat Schwierigkeiten, längere Zeit die Aufmerksamkeit bei Aufgaben oder im Spiel aufrecht zu erhalten | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3 | scheint oft nicht zuzuhören | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 3 | scheint oft nicht zuzuhören | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4 | führt Anweisungen nicht vollständig aus, bringt Aufgaben oft nicht zu Ende, wechselt die Aktivitäten sprunghaft | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 4 | führt Anweisungen nicht vollständig aus, bringt Aufgaben oft nicht zu Ende, wechselt die Aktivitäten sprunghaft | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 5 | hat Probleme, Aufgaben und Aktivitäten zu organisieren | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 5 | hat Probleme, Aufgaben und Aktivitäten zu organisieren | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 6 | macht nur widerwillig Aufgaben, die eine längerdauernde geistige Anstrengung erfordern | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 6 | macht nur widerwillig Aufgaben, die eine längerdauernde geistige Anstrengung erfordern | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 7 | verlegt, verliert häufig Gegenstände, die es braucht | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 7 | verlegt, verliert häufig Gegenstände, die es braucht | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 8 | ist leicht ablenkbar | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | 8 | ist leicht ablenkbar | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 9 | vergisst Aufträge schnell | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 9 | vergisst Aufträge schnell | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Haben Sie das mit "oft" oder "immer" Markierte in den letzten 6 Monaten ständig und in erheblichem Ausmaß beobachtet? | | nein | ja | | | Haben Sie das mit "oft" oder "immer" Markierte in den letzten 6 Monaten ständig und in erheblichem Ausmaß beobachtet? | | nein | ja | | |
| Das betroffene Kind ... <i>FLO</i> | | nie | manchmal | oft | immer | Das betroffene Kind ... | | nie | manchmal | oft | immer |
| 10 | kann sich nicht ruhig verhalten, ist ständig in Bewegung, rutscht auf dem Stuhl herum | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 10 | kann sich nicht ruhig verhalten, ist ständig in Bewegung, rutscht auf dem Stuhl herum | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 11 | steht häufig auf, wenn Sitzen bleiben erwartet wird | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 11 | steht häufig auf, wenn Sitzen bleiben erwartet wird | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 12 | verbreitet Unruhe, rennt oder klettert häufig herum | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 12 | verbreitet Unruhe, rennt oder klettert häufig herum | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 13 | hat Probleme, in der Freizeit ruhig zu spielen | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 13 | hat Probleme, in der Freizeit ruhig zu spielen | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 14 | verhält sich wie getrieben, rastlos | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 14 | verhält sich wie getrieben, rastlos | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 15 | hat vermehrten Rededrang, redet häufig dazwischen | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 15 | hat vermehrten Rededrang, redet häufig dazwischen | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 16 | redet los, ohne zu überlegen, platzt mit den Antworten heraus | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 16 | redet los, ohne zu überlegen, platzt mit den Antworten heraus | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 17 | kann schlecht warten, bis es an der Reihe ist | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | 17 | kann schlecht warten, bis es an der Reihe ist | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 18 | unterbricht, stört häufig andere Kinder | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 18 | unterbricht, stört häufig andere Kinder | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Haben Sie das mit "oft" oder "immer" Markierte von Nr. 10 bis 18 in den letzten 6 Monaten ständig und deutlich beobachtet? | | nein | ja | | | Haben Sie das mit "oft" oder "immer" Markierte von Nr. 10 bis 18 in den letzten 6 Monaten ständig und deutlich beobachtet? | | nein | ja | | |
| Traten alle mit "oft" oder "immer" markierten Merkmale bereits vor dem Alter von sieben Jahren auf? | | nein | ja | | | Traten alle mit "oft" oder "immer" markierten Merkmale bereits vor dem Alter von sieben Jahren auf? | | nein | ja | | |
| Zeigen sich die bis hierher mit "oft" oder "immer" markierten Merkmale in mehreren Bereichen (Schule, Sport, Familie ...)? | | nein | ja | | | Traten alle mit "oft" oder "immer" markierten Merkmale bereits vor dem Alter von sieben Jahren auf? | | nein | ja | | |
| Dieser Bogen wurde ausgefüllt von: Mutter <input checked="" type="checkbox"/> Vater <input type="checkbox"/> Lehrer(in) <input type="checkbox"/> Datum: 23.12.06 | | | | | | | | | | | |
| Haben Sie eine e-mail und sind Sie an aktueller Infos interessiert, dann geben Sie mir hier Ihre mail an: | | | | | | | | | | | |

www.dr-kuehle.de

Bei den erfolgreich trainierten Kindern konnte ich beobachten, dass die Kinder sich vor allem auf Anforderungen besser einstellten und (Haus)Aufgaben selbstständig und vollständig zügig erledigen konnten. Dies galt sowohl für mit Medikamenten

behandelte Kinder mit ADHS als auch bei z. B. bei KF, der kein Medikament erhielt. Leider wurde bei KF jedoch keine *stabile* Remission erreicht; 1 Jahr nach Therapieende waren Verhalten *und* neurophysiologische Messdaten wieder auf dem Ausgangsniveau, eine Automatisierung wurde bei ihm also nicht erreicht. Bei KF hat eine genau dosierte Stimulanzientherapie wieder zur Remission geführt. Insgesamt sind für mich die Ergebnisse durchwachsen: einigen bleibende Erfolge durch Neurofeedback ohne medikamentöse Behandlung bei zwei motivierten und intelligenten Jungen und Mädchen. Die Verhaltensverbesserungen waren noch eindrücklicher als die Reduzierung der Thetaamplituden und die Abnahme der Theta-Beta-Power-Rate. Ihnen stehen aber auch einige Verläufe gegenüber, bei denen sich teils auch bei guter Motivation keine signifikanten Veränderungen in Alltag und Messwerten ergaben.

7. Für wen eignet sich welches Verfahren? Wovon hängt der Behandlungserfolg ab? Neurofeedback als Ergänzung oder Alternative? Dosisreduktion von Medikamenten durch Neurofeedbacktraining?

Die aktuelle wissenschaftliche Datenlage ermöglicht keine sichere Aussage, welche Behandlungsprotokolle erfolgreicher sind (SCP-Training, Theta-Beta-Training oder andere Frequenzbandtrainingprotokolle wie z.B. SMR-Training), und auch nicht, ob blockweise Behandlung wiederholten Einzelsitzungen (z.B. 1-2x/Woche) wirklich überlegen ist, auch wenn es plausibel erscheint, dass die blockweise Behandlung günstig für Lernfortschritte ist. Meistens bestimmten organisatorische Bedingungen der veröffentlichten Studien oder des Praxisalltags den Behandlungsablauf.

Wichtiger erscheint mir, den Behandlungserfolg in geeigneten Zeitabständen zu überprüfen.

Neurofeedback kann sowohl eine sinnvolle Ergänzung einer medikamentösen Behandlung sein, aber auch ohne medikamentöse Behandlung versucht werden. Es gibt Einzelfallberichte, dass Kinder, die auch eine medikamentöse Behandlung erhielten, nach der Behandlung mit geringeren Mengen behandelt werden konnten oder ganz auf die Medikation verzichten konnten (s.a. mein Fallbeispiel). Dies ist nach meiner Erfahrung jedoch nicht die Regel und konnte auch in Studien nicht regelhaft beschrieben werden.

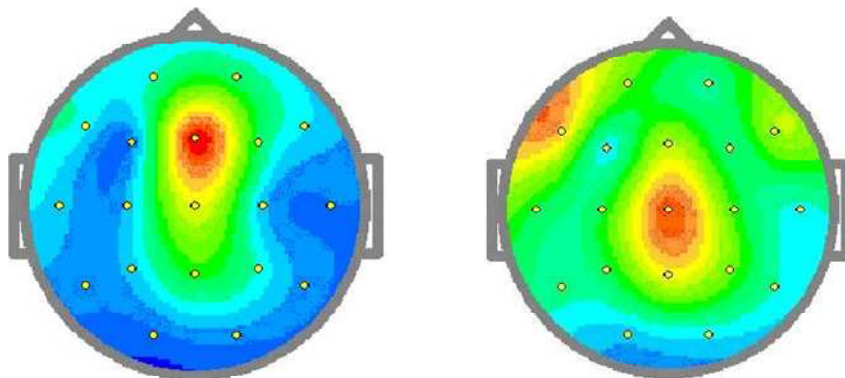
Wenn Ergebnisse des Q-EEGs für eine mangelnde Ausprägung schneller Aktivität in der Mittellinie sprechen, erscheint Heruntertrainieren der langsamen Thetaamplituden und das Herauftrainieren der SMR- und Betaamplituden sinnvoll. Ob bei Patienten, bei denen keine Verlangsamung besteht und die trotzdem eine ADHS haben, ein SCP-Training trotzdem erfolgreich sein kann, ist wissenschaftlich noch nicht überprüft. Meine eigenen Einzelfallerfahrungen sprachen eher dagegen, auch wenn die Patienten gut mitgearbeitet hatten. Ich habe in solchen Fällen bei fehlenden neurophysiologischen Veränderungen und ausbleibender Verhaltensverbesserung das Training jedoch nach 10 Sitzungen abgebrochen. In einem jüngsten Fall habe ich weitertrainiert und nach 15 Sitzungen SCP-Training deutliche Verbesserungen beobachten können.

Nach meinem Eindruck lernen ADHS-Patienten unter Stimulanzientherapie schneller und die Ergebnisse halten auch besser an. Aber auch dazu fehlen noch wissenschaftliche Befunde. Nach über 5 Jahren eigener Therapieerfahrung meine ich, dass der Erfolg am meisten davon abhängt, wie motiviert Patienten und Eltern sind und im Verlauf der Therapie bleiben.

8. Welche Hilfe bietet ein QEEG für die Auswahl der Behandlungsstrategie?

Mit computergestützten EEG-Geräten kann man Informationen über die Amplituden der verschiedenen Frequenzbänder über allen Elektroden erhalten. Darüber hinaus sind auch Aussagen über die Beziehung verschiedener situations- und reizabhängiger Veränderungen zueinander möglich. Weil dies quantitative Aussagen im Gegensatz zur graphischen EEG-Auswertung sind, wird diese EEG-Auswertung QEEG genannt. Auch Quotienten verschiedener Amplituden können so graphisch dargestellt werden, wie zum Beispiel die Theta-Beta-Power-Rate (TBPR), für die Monastra et al. (24) Normwerte erstellt haben, jedoch nur für den Ableitpunkt Cz. Über Cz findet man bei den meisten Kindern und Jugendlichen eine Dominanz der Amplituden der langsamen Wellen. Die TBPR-Normwerte sind herunterladbar von Monastras Homepage www.theADHDdoc.com.

Abbildung 4: Beispiel der räumlichen Verteilung der Theta-Beta-Power-Rate eines 14jährigen ADHS-Patienten, abgeleitet mit meinem Mitsar-EEG 201 in der Bedingung Augen offen (links) und beim Kopfrechnen (rechts). Das Überwiegen der Thetaamplituden reduziert sich beim Rechnen und verlagert sich von frontozentral nach zentroposterior in der Mittellinie.



Seit ich seit einem Jahr QEEGs mit dem Mitsar ableite, sehe ich einen Focus relativer Dominanz der Amplituden langsamer Wellen in Form der erhöhten Theta-Beta-Power-Rate (TBPR) in der Mittellinie bei fast allen Patienten, auch denen, die keine ADHS haben. Bei einer größeren Gruppe der Patienten mit ADHS ist sie jedoch massiv verlangsamt. Die absoluten Messwerte der TBPR, erhoben mit verschiedenen Systemen, divergieren jedoch; die Mitsar-Werte erscheinen mir höher und damit langsamer als bei meinen Messungen mit dem Nexus 10.

Frei zugänglichen Normwerten für QEEG-Maße für verschiedene Altersgruppen gibt es sonst nicht. Dieser Mangel wurde von Fachleuten aufgegriffen, die viele Daten gesammelt haben. Diese sind als elektronische Vergleichsdatenbanken in die meisten Neurofeedbacksysteme integrierbar. Sie müssen aber gekauft werden,

manche haben noch Mängel, weil sie mit altem Instrumentarium erstellt wurden und nicht immer genügend Kinder Berücksichtigung fanden. Das ist umso ärgerlicher, als in der Forschung versucht wird, neurophysiologische ADHS-Phänotypen zu bilden, für die bestimmte Trainingsprotokolle aussichtsreicher als andere sind.

Für die tägliche Arbeit in der Praxis finde ich die drei ADHS-Phänotypen hilfreich, nach denen viele amerikanische Praxen vorgehen. Klinische und EEG-Merkmale kommen für die Definition zusammen. Clarke et al.(25) definierten 2001 drei Cluster, die mehreren Arbeiten (26-29) bestätigt wurden. Linda Kirk (30) bezeichnet sie deshalb als „trio of tried and true types“. Im Folgenden Bilder dieser drei ADHS-QEEG-Subtypen. Sie werden mit freundlicher Genehmigung durch Linda Kirk von mir hier übernommen.

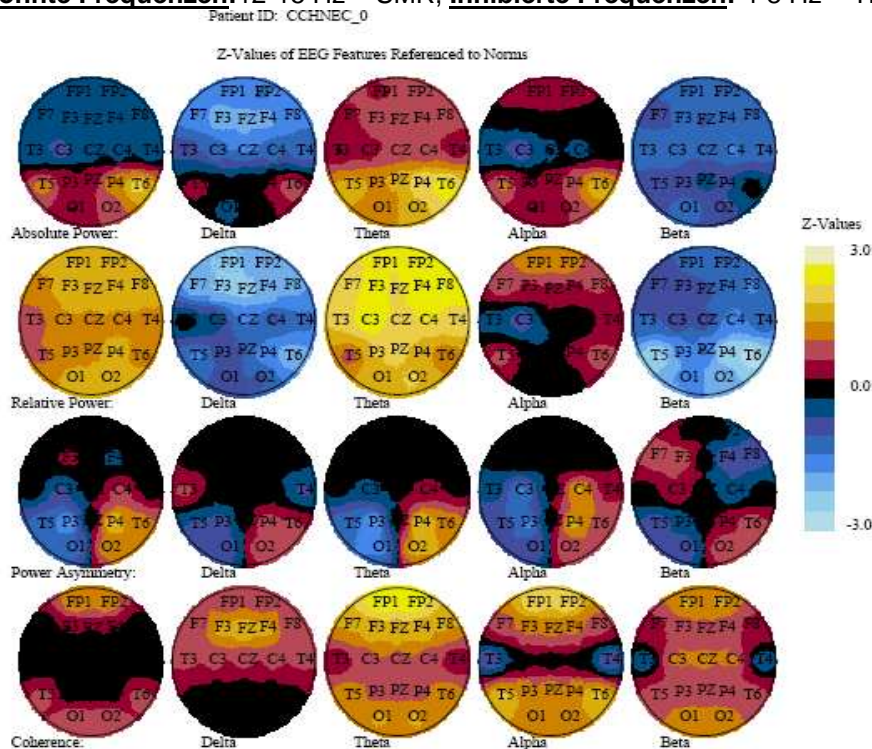
Abbildung 5-7: Die drei ADHS-QEEG-Phänotypen

Das erste Cluster, der hyperaktiv-impulsive ADHS-Typ, im QEEG aber unteraktiviert (Hypo-aroused).

EEG-Befunde: erhöhte relative + absolute Thetapower und Theta-Beta-Power-Ratio (TBPR) und verminderte Amplitude der relativen Betapower zentroposterior (Cz->Pz-O1+2 und paramedian, s.u.)

Neurofeedback: Elektrodenlokalisierung fürs Training: **C3 oder C4** mit linked ear reference.

Belohnte Frequenzen: 12-15 Hz = SMR, **Inhibierte Frequenzen:** 4-8 Hz = Theta



Das zweite Cluster: der überaktivierte ADHS-Subtyp:

EEG-Befunde: Betaamplituden frontal und posterior erhöht, Beta dominiert klar die absolute und relative Power.

Neurofeedback: Elektrodenlokalisierung fürs Training: **C4** oder auch Cz mit linked ear reference.

Belohnte Frequenzen: 12-15 Hz = SMR, **Inhibierte Frequenzen:** 22-30-45 Hz = Beta 2 + Gamma

Patient ID: TLPNEC_0

Z-Values of EEG Features Referenced to Norms

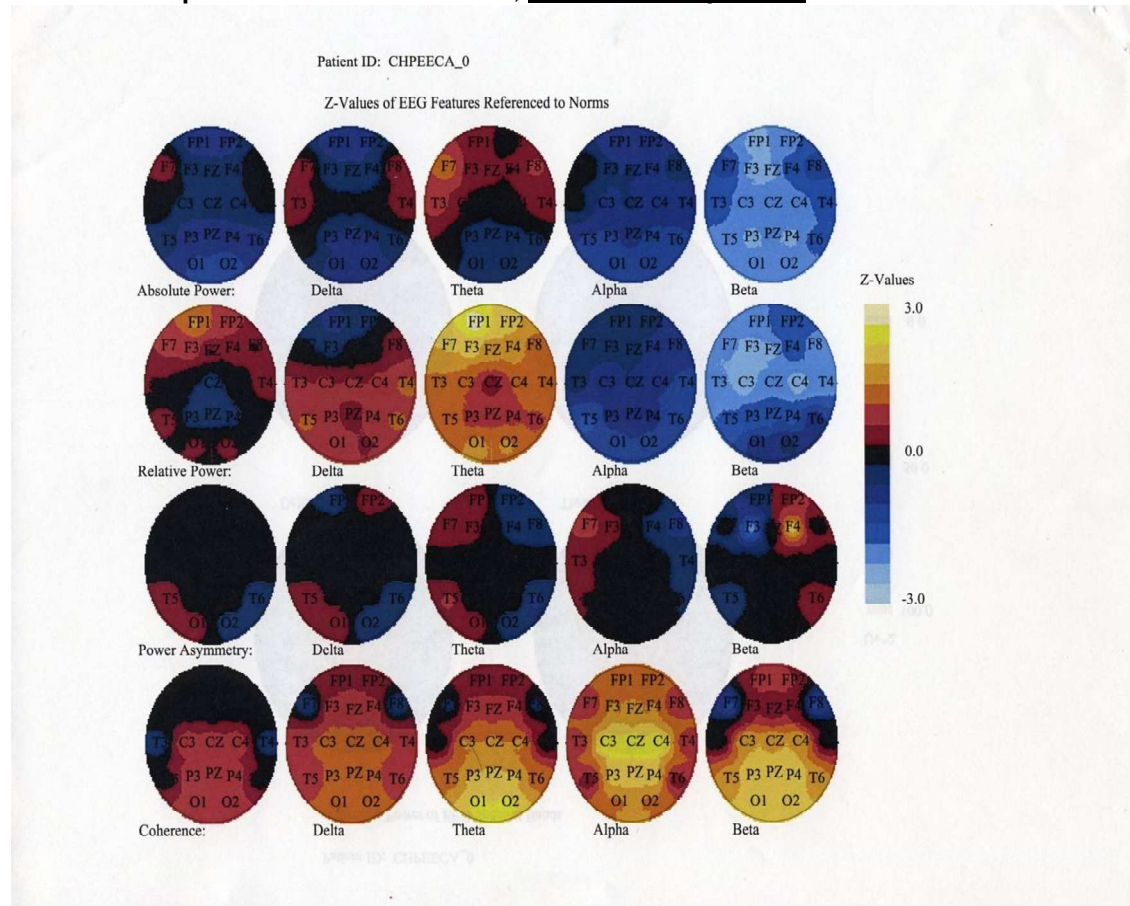


Das dritte Cluster: die verzögerte Reifung, wie sie häufig bei dem Subtyp mit vorwiegender Unaufmerksamkeit gefunden wird:

EEG-Befunde: gesteigerte Delta- und Thetapower bei reduzierter Alpha- and Betapower.

Neurofeedback: Elektrodenlokalisierung fürs Training: **Cz oder C3** mit linked ear reference oder FCz-PCz mit ear reference oder Cz-Pz mit ear reference je nach QEEG.

Belohnte Frequenzen: 15-21 Hz = Beta 1, **Inhibierte Frequenzen:** 4-8 Hz = Theta



Amen (34) hat 1997 nach Verhaltensweisen und metabolischen Mustern im Spect sogar 7 Subtypen definiert und dazu passende Neurofeedbackprotokolle vorgeschlagen, die ich hier in Kurzform anführe; sie entsprechen den vorhergenannten wesentlich, definieren aber einen Wut („rage“)-Subtyp, der am ehesten an den bitterbösen Friedrich aus dem Struwwelpeter erinnert. Findet man diesen Subtyp im QEEG, sollte eine Temporallappenepilepsie unbedingt ausgeschlossen werden. Im Folgenden bedeutet „+“: soll hinauftrainiert/verstärkt werden, „-“ soll heruntertrainiert/abgeschwächt werden.

1. **Klass.=Combined** typ: + prefrontal beta, - theta Widerspruch zu Trio: SMR
2. **inattentive** wie typische combined: wie trio
3. **over focussed (=OCD=Zwangsstörung!)** high alpha over anterior cingulum gewünscht: bei Erw Cz-Fz 10-12Hz anstreben, alle schnelleren hemmen, (d.h. high beta, „klin. I cant quiet my mind“) bei jüngeren + alpha gemessene peak frequency: z.B. 8-10 oder 9-11Hz, und schon alles über 15Hz hemmen! Diese Patienten sind ähnlich wie Autismus! neue Gruppe: Beta-Alpha-Training
4. **Temporal lobe** ADHS: + SMR über temporal, - Theta T3 or T4. Klinisch: *Rages and melt down and tantrums*, eher rechte Hirnhälfte?? => SMRT, aber bei T4
5. **Limbic ADHS**: + beta, -theta über linkem praefrontalem Kortex: Untertyp von underaroused, wie Depression: TBT bei F3?!
6. **Ring of Fire** überall zuviel Aktivität in cingulum, lateral-parietal... - insgesamt von Linda Kirk eher als Vorstufe der *bipolaren Affektstörung* angesehen = comorbidity
7. **Trauma induced** ADHD: links prefrontal aktivitätsgemindert. MPH?! TBT bei F3?!

Muss nun bei jedem Patienten vor Beginn eines Neurofeedbacktrainings ein QEEG abgeleitet werden? Zu dieser Frage gibt es verschiedene Meinungen, aber keine wissenschaftliche Untersuchung, die diese Frage klärt.

Als ein gangbarer Weg erscheint mir das Vorgehen von Linda Kirk (30): Sie macht eine quantitative Auswertung der Power der EEG-Bänder unter den Ableitpunkten C3, Cz und C4, da sie vorwiegend in diesem Bereich trainiert. Sie schaut sich die EEG-Aktivität für 2-3 min bei verschiedenen Verhaltenszuständen an:

Augen zu , Augen auf, Anforderungssituation (eine Situation, bei der der Patient sich sehr angestrengt gefühlt hat), Lesen, Zuhören, Kopfrechenaufgaben, Vorstellen einer Situation, die ihn sehr gestresst hat und einer Situation, in der er sich gut gefühlt hat, in der ihm etwas gut gelungen ist sowie während eines standardisierten Aufmerksamkeitstests wie dem TOVA(Test of variables of attention) mit CPT.

9. Ereigniskorrelierte Potentiale (ERPs) und Neurofeedback

Die Analyse von reizbezogenen EEG-Antworten (ERPs) im Continuous Performance Test bei Patienten im Vergleich zu einer Normstichprobe kann die Zuordnung zu neurophysiologischen ADHS-Phänotypen noch präzisieren und eröffnet neue therapeutische Möglichkeiten wie das LORETA-Neurofeedback(35). Erstellung und Auswertung dieser Befunde sind jedoch sehr aufwendig. Die Stabilität der Phänotypen und deren praktische Bedeutung sind noch Forschungsgegenstand, auch wenn es schon Aussagen zur Evidenz bestimmter Phänotypen für therapeutische Entscheidungen gibt, wieder für Gruppen von Patienten (18).

Wangler, Gevensleben et al. fanden in der berichteten Studie, dass Patienten mit hoher CNV vor Neurofeedback sich stärker durch das Training verbesserten als Patienten mit weniger ausgeprägter CNV; die P300 machte keine großen Unterschiede (38)

Vielleicht ermöglichen in Zukunft differenziertere Aussagen neurophysiologischer Befunde auch differenziertere Neurofeedbackanwendungen, die die Effektstärke erhöhen könnten.

10. Nebenwirkungen: Was passiert, wenn falsch über den falschen Ableitungen trainiert wird?

Für die wissenschaftlichen Studien wurde meist der Ableitpunkt Cz genutzt. Dort liegt ja häufig eine Verlangsamung vor und dieser Punkt eignet sich für das SCP-Training. In den Studien fand sich niemals eine Verschlechterung, sondern im schlimmsten Fall Unwirksamkeit. Verschlechterungen sind bisher nur Einzelfallbeschreibungen von Frequenzbandtraining mit falschen Belohnungen und Inhibits an falschen Ableitungen. Auch hierzu fehlt eine systematische Erfassung.

11. Was zu einer guten Behandlung gehört

Neurofeedback ist keine Technik, sondern eine Behandlungsform, in der operantes Lernen ermöglicht wird. Jeder Therapeut sollte sich zunächst ein genaues Bild vom Kind und seinen Problemen machen. Dazu gehört auch, deren Vorstellungen und Erwartungen kennenzulernen und die Motivation zur aktiven Mitarbeit zu prüfen. Insbesondere auch die häuslichen Lernschritte (der Transfer) sollte mit ihnen genau besprochen und dazu unterstützendes Material mitgeben werden, denn in den Sitzungen in der Praxis allein kann nicht hinreichend automatisiert werden.

Andere Berufsgruppen als Ärzte und Psychologen (vor allem Ergotherapeuten, (Heil)Pädagogen, Heilpraktiker) haben Neurofeedback schon längst entdeckt und in ihr Behandlungsangebot übernommen.

Ob dort wirklich eine rationale und effiziente Therapie durchgeführt wird oder ob die Methode dadurch wieder in zweifelhaftes Licht gezogen wird, bleibt abzuwarten. Eine unkritische Übernahme von Behandlungsprotokollen und der fehlende Versuch, den Erfolg der Maßnahmen im Alltag auch quantitativ zu überprüfen, sind Hinweise auf unangemessenes Vorgehen.

Ein Ausweg aus dieser Gefahr besteht darin, dass wir Kinder- und Jugendärzte uns weiterbilden und von Anwendern der Methode auch fordern, dass sie hinreichende Kenntnisse und Erfahrung unter Beweis stellen.

Die Deutsche Gesellschaft für Biofeedback e.V. (DGBFB) führt regelmäßig ein Fortbildungscurriculum durch, an dessen Ende Ärzte und Psychologen den Titel "Biofeedbacktherapeut" und/oder "Neurofeedbacktherapeut" durch Ablegen einer Prüfung erwerben können.

Angehörige anderer Heilberufe wie die oben genannten Ergotherapeuten, (Heil)Pädagogen und Heilpraktiker können nach einem längeren Curriculum den Titel "Biofeedback- und/oder Neurofeedbacktrainer" erwerben.

Patienten sollten nur solchen Trainern zugewiesen werden, die einen dieser Titel vorweisen können oder schon einen hinreichenden Teil dieser Weiterbildung hinter sich haben. Weitere Informationen sind unter (www.dgbfb.de) zu finden.

Die Therapeutenliste der DGBFB e.V. berücksichtigt diesen Status bisher noch nicht, so dass man sich in jedem Einzelfall der Qualifikation vergewissern sollte.

12. Wo kann man als Einsteiger Kenntnisse über die Methode und Geräte erwerben?

Seite 16 von 20, Neurofeedbacktherapie bei ADHS – Grundlagen, Erfolgsaussichten und Kriterien für die Auswahl einer Behandlung, © Dr. med. Hans-Jürgen Kühle, Giessen 2010, www.dr-kuehle.de

In deutscher Sprache findet jährlich eine Tagung der Deutschen Gesellschaft für Biofeedback e.V. (www.dgbfb.de) statt, auf der auch die wichtigsten Hersteller von Geräten vertreten sind. Die DGBFB veranstaltet auch eine Vielzahl von Seminaren zu Grundlagen und Anwendung von Biofeedback und Neurofeedback, die auch auf der Homepage aufgeführt sind. Ein Forum für Anwender ist die Arbeitsgruppe Neurofeedback, Kontakt: Andreas Krombholz andreas.krombholz@neurofit-akademie.de.

Jährlich findet auch das Meeting des Biofeedback Forum of Europe statt (www.bfe.org). Dort kann man in vielen kleinen Seminaren bei den erfahrensten Therapeuten aus der ganzen Welt viel dazu lernen. Dort sind ebenfalls meist alle Hersteller von Geräten vertreten.

13. Lohnt sich der Einstieg jetzt? Kosten und Nutzen

Neurofeedbacktherapie gibt es noch nicht als Begriff in den ärztlichen Gebührenordnungen, auch wenn es eine ärztliche Leistung ist. Von Inhalt und Umfang wird ihr am ehesten die Bezeichnung kinder- und jugendpsychiatrische Behandlung gerecht, die sich zusätzlicher Hilfsmittel bedient. Als Leistung von Ärzten sind dafür 93,84€ nach GOÄ Ziffer 886 (Faktor 2.3) vorgesehen. Wenn Neurofeedback eine Leistung der gesetzlichen Krankenkassen werden soll, müssten KBV, Krankenkassen oder Patientenvertreter dafür ein Zulassungsverfahren beim unterstaatlichen Normsetzungsorgan, dem gemeinsamen Bundesausschuss (GBA), beantragen.

Als Leistung im Rahmen der GKV könnte Neurofeedback im Rahmen eines verhaltenstherapeutischen Konzepts von Kolleginnen und Kollegen mit der Zusatzbezeichnung Psychotherapie als Behandlung mit instrumenteller Hilfe abgerechnet werden.

Kolleginnen und Kollegen mit der Schwerpunktbezeichnung Neuropädiatrie könnten Neurofeedback als neuropädiatrische Behandlung im Rahmen der Ziffer 04430 interpretieren. Unter der Voraussetzung, dass die- oder derjenige sein RLV so erweitert bekommen hat, dass sie/er die neuropädiatrischen Leistungen wirklich vergütet erhält, entsprechen beim derzeitigen Orientierungspunktwert von 3,5001 Cent 60 Minuten 53,58€. Betrüge der Punktwert 5,11 Cent, entsprechen dies 78,22€. Kostendeckung ist nach meiner Kalkulation bei Mitwirkung einer Assistentin (s. u.) für die Ableitung aber erst bei 93,84€ wie bei GOÄ 886 erreicht, solange man noch ein Gerät abzuzahlen hat. Mit dem aktuellen GKV-Punktwert müssten für diesen Betrag 105 Minuten gearbeitet werden.

Für Kolleginnen und Kollegen mit Berechtigung zur Abrechnung der psychosomatischen Therapieziffer 35110 im Rahmens ihres QZVs wäre auch eine dreimalige Berechnung bei einer Sitzungsdauer von 45 Minuten denkbar, Honorar $3 \times 15,05 = 45,15\text{€}$.

Wenn ein Training gut läuft, der Patient motiviert dabei bleibt und die Protokolle geklärt sind, kann die Behandlung teilweise auch von einer Assistentin/einem Assistenten übernommen werden, der kundig und feinfühlig ist. Da die Geräte billiger und besser geworden sind, kann sich ein Einstieg lohnen, der zunächst auf der Vergütung durch Privatpatienten und Selbstzahlern beruht.

Die Autoren des KBV-ADHS-Vertrags hatten bei der Erstellung verständlicherweise die bisherige Versorgung von ADHS-Patienten und nicht die Neurofeedbacktherapie vor Augen. Auch wenn er eines Tages über Baden-Württemberg und Bremen hinaus ausgedehnt wird, enthalten dessen Regelungen eine Vergütung, die nur 3-4

Neurofeedbacksitzungen/Quartal kostendeckend ermöglichen würden. Ein erfolgreiches Setting ist damit nicht möglich.

Fazit: Für Kolleginnen und Kollegen mit Interesse an neurophysiologischen Lernmethoden lohnt sich jetzt ein Einstieg. Auch als Nicht-Neuropädiater können die notwendigen Kenntnisse (s.o.) erworben werden.

Die Ausbildung und einige Geräte, mit denen auch Atmung, Temperatur, Hautwiderstand, Blutvolumenpuls einfach erfasst werden können, eröffnen effiziente Behandlungsmöglichkeiten für wichtige pädiatrische Krankheitsbilder wie Spannungskopfschmerzen, Migräne, Prüfungsangst u.v.m.. Bei diesen Störungen kann mit viel weniger Sitzungen, als für Neurofeedback bei ADHS benötigt werden, so viel erreicht werden, dass bei mir regelmäßig Freude aufkam. Auch diese Möglichkeiten sind zu berücksichtigen, wenn man an einen Einstieg denkt. Aus meiner Sicht hat sich der Einstieg deshalb gelohnt.

Wir Kinder- und Jugendärzte bekommen damit neue Behandlungsmöglichkeiten. Deren Chancen bewerte ich auch aus meiner eigenen Erfahrung höher als die noch bestehenden Lücken in Methodik und Evidenz beim Einsatz von Neurofeedback bei ADHS.

14. Literatur:

- (1) Alexandra Martin und Winfried Rief (Hrsg.) Wie wirksam ist Biofeedback? Verlag Hans Huber, Bern 2010
- (2) MTA Cooperative Group: A 14-month randomized clinical trial of treatment strategies for attention-deficit/hyperactivity disorder. Arch Gen Psychiatry 56, 1073-1086 (1999)
- (3) Molina-BSG et al.: MTA at 8 years: prospective follow-up of children treated for combined-type ADHD in a multisite study. J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry, 48:5, 484-500 (2009)
- (4) Biederman J, Monuteaux MC, Spencer T, Wilens TE, Faraone SV. Do stimulants protect against psychiatric disorders in youth with ADHD? A 10-year follow-up study. Pediatrics. 2009 Jul;124(1):71-8.
- (5) Kühle HJ, Kinkelbur J, Andes K, Heidorn FM, Zeyer S, Rautzenberg P, Jansen F. Self-regulation of visual attention and facial expression of emotions in ADHD children. J Atten Disord. 2007 May;10(4):350-8. Erratum in: J Atten Disord. 2007 Sep;11(2):184-5.
- (6) Lubar JF, Shouse MN. EEG and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (SMR): a preliminary report. Biofeedback Self Regul. 1976 Sep;1(3):293-306
- (7) Niels Birbaumer und Robert F. Schmidt: Biologische Psychologie. Springer Verlag Berlin New York Tokio, 6. Auflage 2006, Kapitel 21
- (8) John N. Demos: Getting started with Neurofeedback, W.W, Norton Company, New York u. London 2005, Seiten 85-89
- (9) Fregni F, Boggio PS, Nitsche M, Berman F, Antal A, Feredoes E, Marcolin MA, Rigonatti SP, Silva MT, Paulus W, Pascual-Leone A. Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory. Exp Brain Res. 2005 Sep;166(1):23-30.
- (10) Juri D. Kropotov. Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy. Academic Press, Elsevier, Amsterdam 2009; Seiten 408-18
- (11) Loo SK, Barkley, RA. Clinical utility of EEG in attention deficit hyperactivity disorder. Applied Neuropsychology. Vol. 12(2)(pp 64-76), 2005).

- (12) Levesque J, Beauregard M, Mensour B. (Montreal) Effect of neurofeedback training on the neural substrates of selective attention in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: a functional magnetic resonance imaging study. *Neurosci Lett*. 2006 Feb 20;394(3):216-21.
- (13) Kropotov JD, Grin-Yatsenko VA, Ponomarev VA, Chutko LS, Yakovenko EA, Nikishena IS.: ERPs correlates of EEG relative beta training in ADHD children. Laboratory for Neurobiology of Action Programming, Institute of the Human Brain of Russian Academy of Sciences, ul. Academica Pavlova 12a, 197376 St. Petersburg, Russia. *Int J Psychophysiol*. 2005 Jan;55(1):23-34
- (14) Ute Strehl, Ulrike Leins, Gabriella Goth, Christoph Klinger, Thilo Hinterberger and Niels Birbaumer, Self-regulation of Slow Cortical Potentials: A New Treatment for Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Pediatrics* 2006;118:e1530-e1540
- (15) Cihan Gani, Niels Birbaumer, Ute Strehl. Long term effects after feedback of slow cortical potentials and of theta-beta-amplitudes in children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *International Journal of Bioelectromagnetism* Vol. 10, No. 4, pp.209-232, 2008
- (16) Gevensleben H, Holl B, Albrecht B, Vogel C, Schlamp D, Kratz O, Studer P, Rothenberger A, Moll GH, Heinrich H. Is neurofeedback an efficacious treatment for ADHD? A randomised controlled clinical trial. *J Child Psychol Psychiatry*. 2009 Jul;50(7):780-9.
- (17) Gevensleben H, Holl B, Albrecht B, Schlamp D, Kratz O, Studer P, Wangler S, Rothenberger A, Moll GH, Heinrich H. Distinct EEG effects related to neurofeedback training in children with ADHD: A randomized controlled trial. *Int J Psychophysiol*. 2009 Aug 24. [Epub ahead of print, doi:10.1016/j.ijpsycho.2009.08.005]
- (18) Arns M, de Ridder S, Strehl U, Breteler M, Coenen A. Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. *Clin EEG Neurosci*. 2009 Jul;40(3):180-9.
- (19) Monastra VJ, Lynn S, Linden M, Lubar JF, Gruzelier J, LaVaque TJ. Electroencephalographic biofeedback in the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2005 Jun;30(2):95-114.
- (20) Kaiser DA, Othmer S. Effects of neurofeedback on variables of attention in a large multi-center trial. *J Neurotherapy* 2000; 4(1):5-15
- (21) Eric Taylor, European guidelines on diagnosis and treatment of ADHD, Vortrag auf dem internationalen Symposium zu ADHS in Aachen 14.03.2007
- (22) Steele M, Weiss M, Swanson J, Wang J, Prinzo RS, Binder CE. A randomized, controlled effectiveness trial of OROS-methylphenidate compared to usual care with immediate-release methylphenidate in attention deficit-hyperactivity disorder. *Can J Clin Pharmacol*. 2006 Winter;13(1):e50-62. Epub 2006 Jan 23.
- (23) Faraone SV, Biederman J, Mick E. The age-dependent decline of attention deficit hyperactivity disorder: a meta-analysis of follow-up studies. *Psychol Med*. 2006 Feb;36(2):159-65.
- (24) Vincent J. Monastra, Michael Linden, George Green, Arthur Phillips, Joel F. Lubar, Peter VanDeusen, William Wing, T. Nick Fenger. Assessing Attention Deficit Hyperactivity Disorder via Quantitative Electroencephalography: An Initial Validation Study. *Neuropsychology* 1999, Vol. 13, No. 3, 424-433
- (25) Clarke AR, Barry RJ, McCarthy R, Selikowitz M.. EEG-defined subtypes of children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clin Neurophysiol*. 2001 Nov;112(11):2098-105.

- (26) Rossiter, T.R., LaVaque, T.J. (1995). A comparison of EEG biofeedback and psychostimulants in treating attention deficit/hyperactivity disorders. *Journal of Neurotherapy*, 1, 48-59.
- (27) Linden, M., Habib, T., & Radojevic, V. (1996). A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities. *Biofeedback and Self-Regulation*, 21 (1), 35-49.
- (28) Monastra, V.J., Monastra, D.M., & George, S. (2002). The effects of stimulant therapy, EEG biofeedback, and parenting style on the primary symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 27 (4), 231-249.
- (29) Fuchs T, Birbaumer N, Lutzenberger W, Gruzelier JH, Kaiser J.. Neurofeedback treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder in children: a comparison with methylphenidate. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2003 Mar;28(1):1-12.
- (30) Linda Kirk. Integrative approaches in the treatment of children using neurofeedback and biofeedback. Workshop auf der 14. Tagung des Biofeedback Forum of Europe, Rom 13.4.2010
- (31) Heywood, C. and Beale, I. EEG biofeedback vs. placebo treatment for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: A pilot study. *Journal of Attention Disorders* September 2003 7: 43-55
- (32) Logemann HN, Lansbergen MM, Van Os TW, Böcker KB, Kenemans JL. The effectiveness of EEG-feedback on attention, impulsivity and EEG: a sham feedback controlled study. *Neurosci Lett*. 2010 Jul 19;479(1):49-53. Epub 2010 May 15.
- (33) Volker Busch (Regensburg) Biofeedback bei chronischem Schmerz - Irrtümer, Visionen und neue Perspektiven, Vortrag auf der 10ten Jahrestagung der DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR BIOFEEDBACK e.V. am 23.10.2010 in Krefeld
- (34) Amen DG, Carmichael BD.. High-resolution brain SPECT imaging in ADHD. *Ann Clin Psychiatry*. 1997 Jun;9(2):81-6.
- (35) Juri D. Kropotov. Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy. Academic Press, Elsevier, Amsterdam 2009; Seiten 408-18
- (36) Gevensleben H, Holl B, Albrecht B, Schlamp D, Kratz O, Studer P, Rothenberger A, Moll GH, Heinrich H. Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month follow-up of a randomised controlled trial. *Eur Child Adolesc Psychiatry*. 2010 Sep;19(9):715-24. Epub 2010 May 25.
- (37) Gevensleben H, Moll GH, Heinrich H. [Neurofeedback training in children with ADHD: behavioral and neurophysiological effects.] *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother*. 2010;38(6):409-420.
- (38) Wangler S, Gevensleben H, Albrecht B, Studer P, Rothenberger A, Moll GH, Heinrich H. Neurofeedback in children with ADHD: Specific event-related potential findings of a randomized controlled trial. *Clin Neurophysiol*. 2010 Sep 13. [Epub ahead of print]

15. Danksagung

Diese Arbeit wurde möglich durch Unterstützung aus dem Fond für Forschungsförderung der AG-ADHS der Kinder- und Jugendärzte. Der Fond vergibt unrestricted grants (Förderung ohne Bedingung für Thema und Methode) und wird von der Fa. Medice ausgestattet.