

# Neurofeedbacktherapie bei ADHS

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

Dr. med. Hans-Jürgen Kühle, Kinder- und Jugendarzt und Neuropädiater, Giessen,  
[www.dr-kuehle.de](http://www.dr-kuehle.de)

### Zusammenfassung

Mit Biofeedback wird die Rückmeldung von Körpersignalen an den Menschen bezeichnet. Der Mensch kann dadurch lernen, Kontrolle über die Steuerung des eigenen Körpers zu gewinnen und diese zur Verbesserung der eigenen Lebensqualität zu nutzen.

Neurofeedback ist Biofeedback der Hirnaktivität. Die Aktivierung der Hirnrinde ist bei der Mehrheit der ADHS-Patienten gestört. Das Training der Aktivierung bewirkt günstige Verhaltensänderungen in Richtung besserer Selbststeuerung. Neue Studien können Wirksamkeit und Spezifität der Wirkung von Neurofeedback bei ADHS zeigen, das Ausmaß der Evidenz ist aber nicht mit der Datenlage zur Stimulanzientherapie vergleichbar.

Die für die praktische Anwendung wichtigsten Studienergebnisse werden dargestellt, für die Anwendung im Einzelfall geben Gruppenergebnisse aber nur begrenzte Orientierung.

Neurofeedback erweitert das Instrumentarium zur Behandlung von Kindern und Jugendlichen mit ADHS. Für wen es sich besonders eignet, wer im Einzelfall Nutzen davon hat, woran das wann im Verlauf der Behandlung deutlich wird, dafür fehlen noch einheitliche Kriterien. In der Praxis scheint ein ausgefeiltes Setting eine wichtige Erfolgsgrundlage zu sein.

Eine breitere Anwendung durch Therapeuten, die verstehen, was sie dabei tun, und der sich daraus ergebende Informationsaustausch sollten zu praxisnahen Strategien führen. Es erscheint mir wünschenswert, dieses Verfahren nicht zur Domäne von medizinischen Hilfsberufen werden zu lassen. 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 auf dem Weg dahin? – Konsequenzen aus der MTA-Studie
2. Was ist Biofeedback, was ist Neurofeedback
3. Neurofeedback bei ADHS: Grundlagen der elektrischen Aktivität im Gehirn – das EEG und seine Trainierbarkeit sowie Vorstellung der verschiedenen Verfahren
4. Ergebnisse des Neurofeedbacktrainings bei Kindern mit ADHS in der wissenschaftlichen Literatur
5. Welche neurophysiologischen Veränderungen werden durch Neurofeedbacktraining erzielt – Orientierungshilfen für die Anwendung
6. Therapieablauf und Ergebnisse an zwei Fallbeispielen

7. Effektstärken des Neurofeedbacks bei ADHS im Vergleich zu Stimulanzientherapie und Verhaltenstherapie
8. Für wen eignet sich welches Verfahren?
9. Neurofeedback als Ergänzung oder Alternative? Dosisreduktion von Medikamenten durch Neurofeedbacktraining?
10. ADHS-QEEG-Phänotypen, ihr Bezug zum Verhalten
11. Trainingsprotokolle nach QEEG – Befunden
12. Ereigniskorrelierte Potentiale (ERPs) und Neurofeedback
13. Nebenwirkungen: Was passiert, wenn falsch über den falschen Ableitungen trainiert wird?
14. Kosten – unter welchen Bedingungen rechnet sich Neurofeedback?
15. Was zu einer guten Behandlung gehört
16. Wo kann man als Einsteiger Kenntnisse über die Methode und Geräte erwerben?
17. Fazit
18. Literatur
19. Danksagung

Die Kapitelüberschriften im Text sind nach der Gliederung nummeriert und unterstrichen. Am Anfang einiger Abschnitte steht eine fettgedruckte Zusammenfassung.

### **1. Einleitung: Nachhaltige Behandlung der ADHS – sind wir auf dem Weg dahin? – Konsequenzen aus der MTA-Studie**

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:

- 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 eine wirksame neue Behandlungsmethode mit Nachhaltigkeit? Auch wenn es für dieses Verfahren noch keine vergleichbare Evidenz wie für die gerade genannten Behandlungsverfahren gibt, gab es 2009 zu Wirksamkeit und Spezifität von Neurofeedback wichtige Veröffentlichungen.

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.

Die große Hoffnung und Verantwortung bei der Behandlung von Kindern mit ADHS ist, dass wir in einer Phase einsetzen, in der sich die Persönlichkeit entwickelt. Ob jemand mit sich selbst immer schlechte Erfahrungen macht oder spürt, dass er das hinbekommt, was er möchte, macht für das ganze spätere Leben Tag für Tag einen gewichtigen Unterschied. Die kontinuierliche und fein dosierte Stimulanzienbehandlung (3, 4) eröffnet diesen Weg. Bei früher Beendigung verliert sich jedoch deren Wirkung, und Jugendliche haben oft den Wunsch, die Medikation abzubrechen (2), weil sie vor sich selbst und der Umwelt nicht als krank erscheinen wollen.

Wenn ein Lernverfahren wie Neurofeedback eine nachhaltige Verbesserung der Selbststeuerung bewirken könnte, wäre dies ein eleganter Weg aus diesem Dilemma. Ob das für so viele Kinder erreicht werden kann wie mit medikamentöser Behandlung und ob nach Neurofeedback Verbesserungen auch nach der Pubertät stabil sind, das ist noch ungeklärt.

## **2. Was ist Biofeedback? Was ist Neurofeedback?**

Auch ohne dass wir es merken, senden Menschen wie Tiere ständig Signale aus wie Hauttemperatur, elektrischer Hautwiderstand u. ä... Wir spüren sie nicht, aber mit geeigneten Sensoren und Verstärkern können wir sie messen und mit einem Bildschirm oder Lautsprecher darstellen. Dadurch erhält der Mensch eine Rückmeldung (Feedback). Biofeedback bezeichnet also die Rückmeldung biologischer Körpersignale an den Menschen. Der Mensch kann dadurch lernen, Kontrolle über die Steuerung des eigenen Körpers zu gewinnen und diese zur Verbesserung der eigenen Lebensqualität zu nutzen. Ein Beispiel für eine Anwendung mit hoher Evidenz ist das Vasokonstriktionstraining bei Migräne, welches auch in kurzer Zeit erlernt werden kann und als nichtmedikamentöse Behandlung anderen prophylaktischen Maßnahmen ebenbürtig oder sogar überlegen ist (5).

**Neurofeedback ist Biofeedback der Hirnaktivität:** Meist ist damit die Rückmeldung der Summe der elektrischen Aktivität des Gehirns gemeint, so wie sie das EEG aufzeichnet. Der Therapeut kann das EEG-Signal auf einem Bildschirm sehen, der Patient hat einen anderen Bildschirm, auf dem abhängig vom gemessenen EEG sich ein Computerbild verändert, ein Spiel oder ein Film weiterlaufen oder auch nur ein Ton erklingt oder sich verändert. Bei guter Aktivierung z.B. läuft das Computerbild weiter, und man kann diesen guten Zustand so oft einüben, bis er automatisiert ist.

**Neurofeedback ist jedoch nicht die einzige Form des Biofeedbacks, die bei Kindern und Jugendlichen mit ADHS hilfreich ist.** Kindern und Jugendlichen mit ADHS mangelt es häufig an Erfahrungen der Selbstwirksamkeit. Kontrolle über Atmung, Muskelspannung und vegetative Vorgänge zu gewinnen, das unwillkürliche Nervensystem als Hilfe zu nutzen anstatt dagegen zu arbeiten, kann mit Biofeedback gelernt werden. Verbesserung von Körperhaltung, Muskelspannung, Blasenkontrolle haben über den sensomotorischen Kortex Rückwirkungen auf die zentrale Steuerung. Eine günstige Regulation der Atmung ermöglicht oder erleichtert es, sich vor einer Tätigkeit zu sammeln oder Blockaden zu überwinden.

### **3. 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, und zwar meist über der Mitte des Gehirns. 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.**

Das EEG besteht aus einer Mischung von Wellen der Länge von 0.5-40 Hz. Verschiedene Autoren schlagen leicht voneinander abweichende Definitionen der Frequenzbänder vor. Ich verwende im Folgenden die im Frequenzband-Neurofeedback gebräuchlichen Definitionen von Monastra et al (6).

**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	wache Entspannung, bei Kindern über der Kopfmittle dominant, zur Pubertät hin occipital am besten ausgeprägt
12-15Hz	SMR oder Low Beta	ruhige Konzentration
15-21Hz	Beta	angestrengte 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 (7) 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):**

Die genannten EEG-Wellen oder ganze Frequenzbänder sind jedoch nicht die einzigen elektrischen Signale des Gehirns, die aufgezeichnet werden können. Es gibt außerdem noch langsamere Potentialänderungen zwischen positiver und negativer Ladung über der Kopfhaut. Die Nervenkerne des Aufmerksamkeitssteuerungssystems im Thalamus, einer zentralen Region in der Mitte des Gehirns, steuern über den Nucleus reticularis thalami die Ladung der großen Pyramidenzellen in der Hirnrinde.

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 "Bereitschaftspotential" geht Bewegungen voraus und heißt so, weil es die erhöhte Entladungsbereitschaft anzeigt, die dann verbraucht wird ähnlich einem Kondensator in der Physik (8).

Neben diesen wissenschaftlich überprüften Verfahren gibt es die noch experimentellen Verfahren des Hämenzcephalographietrainings (**HEG**, 9) und der transcraniellen Gleichstromstimulation (**tDCS**, 10, 11), für deren Einsatz und Wirkung bisher nur Einzelfallbeschreibungen und kleine Studien vorliegen.

## **4. Ergebnisse des Neurofeedbacktrainings bei Kindern mit ADHS in der wissenschaftlichen Literatur:**

**Neurofeedbacktraining bei Kindern mit ADHS kann bleibende Verbesserungen sowohl des Verhaltens als auch von neurophysiologischen Messwerten bewirken, wenn man *Gruppen* behandelter und nicht behandelter Kinder mit ADHS vergleicht.**

**Einschränkend muss gesagt werden, dass die Wirkung nicht bei allen Patienten vorhanden ist.**

**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, wird immer wieder in Zweifel gezogen. Loo SK und Barkley RA (12) ziehen 2005 eine kritische Bilanz und stellen fest, dass die bis 2005 vorliegenden Studien einen solchen Schluss nicht zulassen. In ihren 2009 veröffentlichten Studien haben Gevensleben et al. (20+21) erstmalig in einem randomisierten, kontrollierten und geblindeten Design die Spezifität der Wirkung des Neurofeedbacktrainings im Vergleich zu einem computergestützten Aufmerksamkeitstraining nachgewiesen. Sie fanden mittlere Effektstärken (s.u.).**

**Hier ist eine Auswahl mir wichtig erscheinender wissenschaftlicher Arbeiten zum *Frequenzbandtraining*. Im Kleingedruckten finden Sie Details, die auch für ein eigenes Setting nützlich sein können:**

1. Placebokontrollierte Doppelblindstudie mit Frequenzbandtraining oder bloßem Computerspiel zeigt die Überlegenheit des Neurofeedbacktrainings (13).
2. Nachweis bleibender Verbesserungen der Aktivierung mit bildgebendem Verfahren nach Frequenzbandtraining (14). Kurzbeschreibung: 15 ADHS-Kinder 9-12J ohne Medikation mit Neurofeedbacktraining, die Kontrollgruppe bestand aus 5 Kindern der Warteliste. Die Gruppenzuweisung erfolgte nach Zufall (= "randomisiert"), Versuchsdauer 40 Sitzungen. In Phase 1 wurde zentral bei Elektrodenplatzierung Cz SMR (13-15Hz) verstärkt, der Thetabereich runtertrainiert, in Phase 2 wurde Beta 15-18Hz hoch-, Theta runtertrainiert. Die Verhaltensmaße DSM-IV, WISC, TOVA, Conners waren danach alle signifikant verbessert. fMRI-Vergleich vor Studie + 1 Woche nach Ende: Im Versuch Response Inhibition + Stroop-Counting zeigte sich vorher keine, hinterher eine signifikante Aktivierung des anterioren Gyrus Cingulus (vordere mittlere Hirnregion), d.h. es wurde durch das Neurofeedback genau der vorher kaum aktive Teil des Gehirns aktiviert, der für die Hemmung vorschneller Antworten und Entscheidungen zuständig ist. Es wurde die selektive Aufmerksamkeit verbessert, als physiologische Grundlage für die bleibende Verbesserung wird die Langzeitpotenzierung angenommen.
3. 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 (15): 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.
4. Eine positive Bewertung sowohl des Frequenzband- als auch des SCP-Neurofeedbacks wurden 2004 und 2006 auch in deutschsprachigen Fachzeitschriften vorgenommen (16, 17)

**Wichtige Arbeiten, in denen die Wirkung des SCP-Trainings überprüft wurde und mit dem Frequenzbandtraining verglichen wurde:**

1. Strehl U, Leins U, Goth G, Klinger C, Hinterberger T, Birbaumer N.: Self-regulation of slow cortical potentials: a new treatment for children with attention-deficit/ hyperactivity disorder. Pediatrics. 2006 Band 118(5) Seiten 1530-40. (18): Bei beiden Gruppen von Kindern blieben die Verhaltensverbesserungen auch 6 Monate und bei einer weiteren Nachuntersuchung (19) 2 Jahre nach Trainingsende stabil; dem entsprachen auch neurophysiologische Veränderungen.
2. Nachweis der Spezifität der Wirkung von Neurofeedback (Frequenzband- und SCP-Training), durch eine randomisierte und kontrollierte Vergleichsstudie mit einem computergestützten Aufmerksamkeitstraining (20+21): 72 Kindern von 8-12 Jahren wurden verglichen (19). Im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigte sich eine Effektstärke von 0.6 nach Neurofeedbacktraining im Vergleich zum Fokussierungstraining. Im Vergleich zu dem erprobten Konzentrationstraining am PC erreichten **52% der Kinder eine Verbesserung im Elternurteil über ihr ADHS-spezifisches Verhalten um mehr als 25% nicht mehr, aber auch nicht weniger.**

### **Metaanalyse verschiedener bis 2009 veröffentlichter Studien (22):**

Bei einer Metaanalyse wird versucht, eine möglichst große Vergleichbarkeit einzelner Studien zu erreichen. Das ist wegen der verschiedenen Methoden aber nur begrenzt möglich. Aussagen von Metaanalysen sind deshalb nur so gut wie die für sie herangezogenen Studien. Alle Studien hatten nicht die Güte der Studien von Gevensleben et al. (20+21). Diese konnten noch nicht in die Analyse eingehen, da sie erst später veröffentlicht wurden. Zwei euphorische Studien, die zu einer großen Ergebnisheterogenität geführt hätten (23+24), wurden deshalb nicht zur Metaanalyse herangezogen. Ich führe sie hier und in der Literaturliste auf, weil sie immer wieder zitiert werden, obwohl sie m. E. mit Vorsicht zu behandeln sind. Die meisten Studien erfüllten nicht die Kriterien doppelblind, randomisiert und kontrolliert. Die Untersuchungen von Strehl et al. (18+19) sind randomisiert, geblindet und enthalten ein 2-Jahres-Follow-Up. Bezugsgrößen der Metaanalyse waren Aufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität, ermittelt meist anhand von in ADHS-Studien üblichen Elternfragebögen. Die Neuaufbereitung der Daten zu den Effektstärken im Rahmen der Metaanalyse ergab höhere Effektstärken, als sie z. B. in der Originalarbeit von Strehl et al. gefunden wurden. Deshalb werte ich die Aussagen der Metaanalyse mit Zurückhaltung, insbesondere sind sie für Rückschlüsse über die Erfolgsaussichten im Einzelfall begrenzt.

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 die Erhöhung der Sitzungsanzahl nicht weiter verbesserbar.

### **5. Welche neurophysiologischen Veränderungen werden durch Neurofeedbacktraining erzielt – Orientierungshilfen für die Anwendung**

**Es gibt bei ADHS Veränderungen des EEGs in Ruhe und bei Aktivierung, die sich bei Neurofeedbacktraining verbessern. Diese wurden jüngst auch in randomisierten Studien mit Kontrollgruppen bestätigt. Die folgenden Einzelheiten können für das eigene Vorgehen eine Orientierungshilfe sein.**

Gevensleben et al. (21) berichten 2009 für das Theta-Beta-Training: 20% der Varianz werden durch folgende Zusammenhänge erklärt: 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 Verhaltensauffälligkeiten, wie sie die Eltern auf dem ADHS-Fragebogen FBB-HKS bewerteten. Hohe Thetaamplituden über Pz und P4 hatten einen Vorhersagewert für ein erfolgreiches Theta-Beta-Training.

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.

In der Kontrollgruppe, die *kein* Neurofeedback, sondern das computerunterstützte Konzentrationstraining machte, zeigte sich bei denjenigen Patienten, die einen Zuwachs an Betaaktivität über bei Pz hatten, auch eine Verbesserung im Elternurteil

zu Hyperaktivität und Impulsivität! Damit erscheint die Hirnaktivität über der Mittellinie zentroposterior bei Kindern mit Aufmerksamkeit zusammenzuhängen. Sie kann sowohl die Unterschiede zur nichtbetroffenen Patienten als auch die Verbesserung bei Betroffenen während und nach Therapie aufzeigen.

**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.

**Prädiktoren für erfolgreiche Neurofeedbacktherapie:** hohe zentrale Thetapower (cortical slowing) war der stärkste Prädiktor: plausibel, denn wenn die schon niedrig wäre, kann sie kaum hinunter trainiert werden. Und gute Motivation und Haltung des Kindes zum Training. Entsprechend haben Kinder mit oppositionellem Trotzverhalten weniger davon profitiert.

**Für die Anwendung in der Praxis mangelt es auch an frei zugänglichen Normwerten** für verschiedene Altersgruppen. 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. Ich benutze die HBI-Database des Human Brain Institute, St. Petersburg, um für EEG-Aufzeichnungen mit dem Mitsar 201 Normvergleiche für gesunde Kinder und Kinder mit ADHS zu bekommen. Dies geht sowohl für visuelle und auditive Continuous Performance Test (CPT)-Ergebnisse als auch für EEG-Spectra sowie



störungsspezifische Muster ereigniskorrelierter Potentiale. Jeder Datenbankvergleich kostet mich bisher 3-5€.

Die Möglichkeit zur Onlinemessung z-transformierter Werte halte ich persönlich nicht für einen entscheidenden Vorteil, da ich mich ohnehin immer nach den individuellen Ausgangsmesswerten des Patienten zu richten habe.

**Erfahrungen aus meiner praktischen Anwendung:** Viele Anwender von Neurofeedbacktraining bei ADHS beobachten einen Amplitudenzuwachs der schnellen Frequenzen schon beim ersten Training, welcher bei den nächsten Sitzungen wieder verschwindet und erst später vielleicht wiederkehrt und sich stabilisiert.

Diese bisher nicht wissenschaftlich überprüfte Beobachtung weist möglicherweise aber auf Crux und Chancen des Neurofeedbacktrainings hin: Ab der zweiten oder dritten Sitzung müssen beim Neurofeedbacktraining die Patienten üben, sich auch in einer schon bekannten und potentiell langweiligen Situation zu aktivieren; das fällt ihnen schwer. Bezeichnenderweise ist die am EEG über Cz ablesbare Aktivierung oft 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 in dieser Transferbedingung die Amplituden schneller Frequenzen erhöht und so den Theta-Beta-Quotienten erniedrigt.

Eine andere Erklärung für die anfängliche Verschlechterung ist eine mindestens teilweise gelernte Haltung vieler Patienten, bei Anforderungen sich hängen zu lassen, nachdem Anstrengung oft für sie frustriert war und/oder nicht gewürdigt wurde.

Vielleicht kommen die Verhaltensunterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der Untersuchungsgruppe in der o.g. Studie gerade dadurch zustande, dass im Neurofeedbacktraining gegen eine relative Langeweilebedingung trainiert wird und dies über viele Sitzungen durchgehalten wird. Wenn dieses günstige Verhalten dann in den Alltag übertragen wird, dann passt das gut zu den Verhaltensverbesserungen, die ich nach Neurofeedbackbehandlung erleben durfte, nämlich vor allem mehr Ausdauer bei Aufgaben.

## **6. Therapieablauf und Ergebnisse an zwei Fallbeispielen:**

### ***Ablauf des Neurofeedbacktrainings***

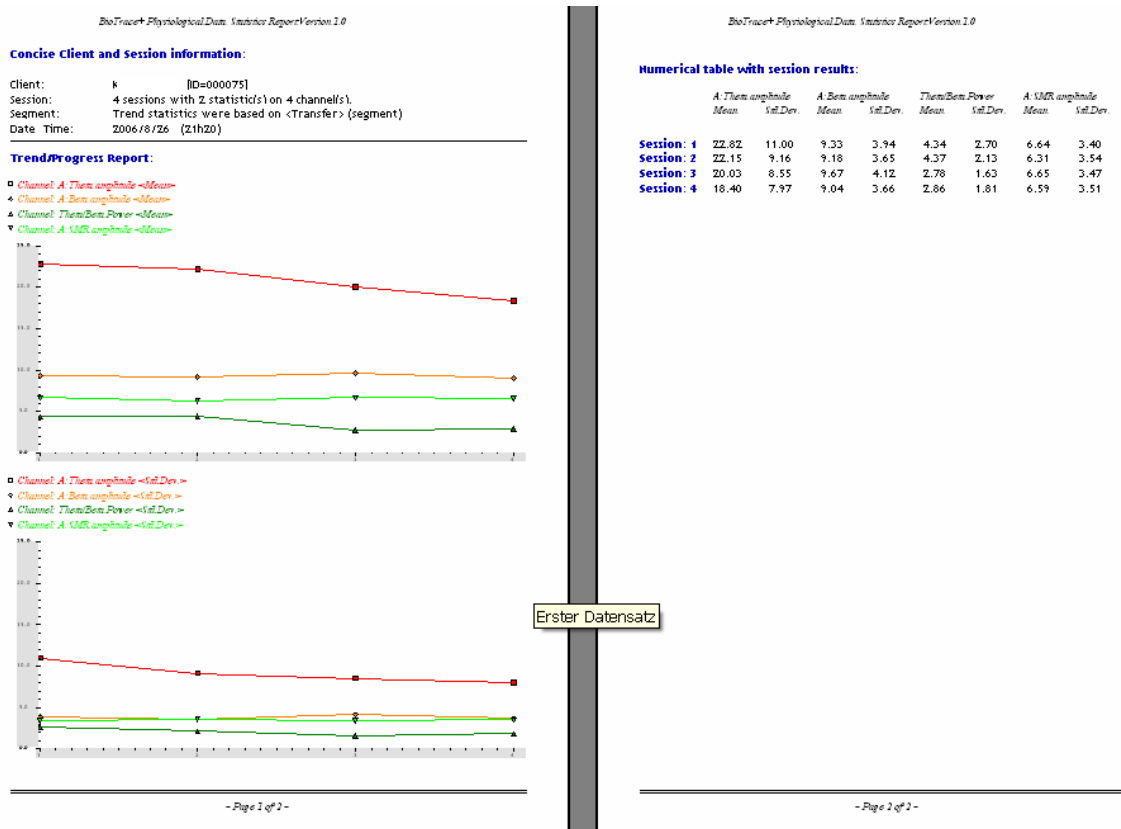
Das Kind betrachtet ein Bild auf unserem Monitor. Für Ihr Kind sieht das wie ein PC-Spiel aus. Es lässt durch ruhige Konzentration z. B. eine Figur auf dem Bild nach oben oder nach unten zu bewegen, ein Käfer durch ein Labyrinth laufen oder einen kleinen Film voranlaufen. Später wird geübt, bei ausgeschaltetem Bildschirm auch ohne eine Rückmeldung diese Veränderung zu bewirken. Dies nennt man Transfer. 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 für Frequenzband- und SCP-Training. Dieses Gerät und die dazugehörige Software Biotrace+ eignen sich auch für HEG und alle anderen Biofeedbackmodalitäten.

**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)**



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 zwei 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. Auf [www.dr-kuehle.de](http://www.dr-kuehle.de) können Sie ein Video mit Ausschnitten aus dem Trainingsablauf dieses Patienten anschauen.

**Remission bei ADHS bedeutet nach Steele, Weiss, Swanson et al. (25):** 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  $\leq 1$  ist, wird dies als Remission bezeichnet. Dies ist ein einfaches und klares Erfolgskriterium für die Behandlung. Faraone SV, Biederman J, Mick E. (26) 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.

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

		mal				nie			
		0	1	2	3	0	1	2	3
1.	beachtet Details nicht, macht Flüchtigkeitsfehler bei verschiedenen Arbeiten	0	1	2	3	0	1	2	3
2.	hat Schwierigkeiten, längere Zeit die Aufmerksamkeit bei Aufgaben oder im Spiel aufrecht zu erhalten	0	1	2	3	0	1	2	3
3.	scheint oft nicht zuzuhören	0	1	2	3	0	1	2	3
4.	führt Anweisungen nicht vollständig aus, bringt Aufgaben oft nicht zu Ende, wechselt die Aktivitäten sprunghaft	0	1	2	3	0	1	2	3
5.	hat Probleme, Aufgaben und Aktivitäten zu organisieren	0	1	2	3	0	1	2	3
6.	macht nur widerwillig Aufgaben, die eine längerdauernde geistige Anstrengung erfordern	0	1	2	3	0	1	2	3
7.	verlegt, verliert häufig Gegenstände, die es braucht	0	1	2	3	0	1	2	3
8.	ist leicht ablenkbar	0	1	2	3	0	1	2	3
9.	vergisst Aufträge schnell	0	1	2	3	0	1	2	3
Haben Sie das mit "oft" oder "immer" Markierte in den letzten 6 Monaten ständig und in erheblichem Ausmaß beobachtet?		nein	ja						
Das betroffene Kind ... Flo		nie	manchmal	oft	immer				
10.	kann sich nicht ruhig verhalten, ist ständig in Bewegung, rutscht auf dem Stuhl herum	0	1	2	3	0	1	2	3
11.	steht häufig auf, wenn Sitzen bleiben erwartet wird	0	1	2	3	0	1	2	3
12.	verbreitelt Unruhe, rennt oder klettert häufig herum	0	1	2	3	0	1	2	3
13.	hat Probleme, in der Freizeit ruhig zu spielen	0	1	2	3	0	1	2	3
14.	verhält sich wie getrieben, rastlos	0	1	2	3	0	1	2	3
15.	hat vermehrten Rededrang, redet häufig dazwischen	0	1	2	3	0	1	2	3
16.	redet los, ohne zu überlegen, platzt mit den Antworten heraus	0	1	2	3	0	1	2	3
17.	kann schlecht warten, bis es an der Reihe ist	0	1	2	3	0	1	2	3
18.	unterbricht, stört häufig andere Kinder	0	1	2	3	0	1	2	3
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						
Zeigen sich die bis hierher mit "oft" oder "immer" markierten Merkmale in mehreren Bereichen (Schule, Spiel, Familie ...)?		nein	ja						
Dieser Bogen wurde ausgefüllt von: Mutter X Vater Lehrer(in) Datum: 23.12.06									
Haben Sie eine e-mail und sind Sie an weiteren Infos interessiert, dann geben Sie mir hier Ihre mail an:									

[www.dr-kuehle.de](http://www.dr-kuehle.de)

Bei den erfolgreich trainierten Kindern konnte ich beobachten, dass die Kinder

ausgeglichenen waren und sich auf Anforderungen besser einstellten. Dies gilt sowohl für mit Medikamenten behandelte Kinder mit ADHS als auch bei z. B. bei KF, der kein Medikament erhielt. Die ADHS-Merkmale gehen in ihrer Häufigkeit zurück und treten nicht mehr häufiger als bei nicht ADHS-betroffenen Kindern auf. Leider wurde bei KF jedoch keine stabile Remission erreicht; 1 Jahr nach Therapieende waren Verhalten und neurophysiologische Messdaten wieder wie zu Beginn, so dass KF jetzt erfolgreich mit einer genau dosierten Stimulanzientherapie begonnen hat.

### **7. Effektstärken des Neurofeedbacks bei ADHS im Vergleich zu Stimulanzientherapie und Verhaltenstherapie:**

In der einzigen Studie, die die Spezifität des Neurofeedbacktrainings mit einem adäquaten Setting untersucht hat, ergab sich eine mittlere Effektstärke (20+21, s.o.). Nur jedes zweite Kind hatte Verbesserungen von mehr als 25% im Elternurteil über die ADHS-Symptomatik. Diese Ergebnisse kann ich an meinen begrenzten praktischen Erfahrungen gut nachvollziehen.

Die Metaanalyse von Arns, de Ridder, Strehl et al. (22) berichtet für Neurofeedback für die Verbesserung der Aufmerksamkeit eine hohe durchschnittliche Effektstärke ( $d=1.02$ ), die nach 20 Sitzungen mit 0.7 deutlich niedriger war als nach 40 Sitzungen (1.20). Die Wirkung auf Impulsivität war im Durchschnitt mittelgut (0.68), die auf Hyperaktivität mit 0.39 gering und sie war auch durch häufigere Sitzungen nicht verbesserbar.

Verhaltenstherapie erzielt Effektstärken um 1.0, mit der medikamentösen Behandlung werden Effektstärken bis zu 1.7 in der Akutbehandlung erzielt.

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 (27),  $n=2$  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).

### **8. Für wen eignet sich welches Verfahren? Wovon hängt der Behandlungserfolg ab?**

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.

### **9. Neurofeedback als Ergänzung oder Alternative? Dosisreduktion von Medikamenten durch Neurofeedbacktraining?**

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 Thetafrequenzen und das Herauftrainieren der Betafrequenzen 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 sprechen eher dagegen, auch wenn die Patienten gut mitgearbeitet hatten. Ich habe das Training jedoch nach 10 Sitzungen bei fehlenden neurophysiologischen Veränderungen und ausbleibender Verhaltensverbesserung abgebrochen. In einem jüngsten Fall habe ich nach 15 Sitzungen deutliche Veränderungen 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.

Neurofeedbacktherapie ist aber auch ohne begleitende medikamentöse Behandlung möglich. Voraussetzung dafür ist, dass das Kind oder der Jugendliche mitmachen *will* und sich in den Ablauf einfügt. Anfangs kann Unruhe durch EMG- und Augenbewegungsartefakte die Güte der Aufzeichnung stören und im Einzelfall auch erfolglos machen. 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.

Günstig für eine erfolgreiche Therapie halte ich: Klare Information von Kind und Eltern zu Beginn, Verabreden eines Belohnungsplans und dessen konsequente

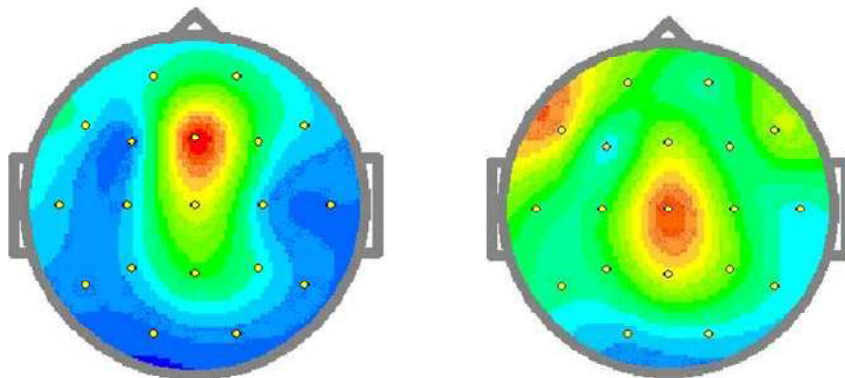
Überprüfung der Einhaltung, damit der Patient auch die Übertragung des Gelernten zu Hause übt. Wie sehr Behandlungserfolge von der guten verhaltenstherapeutischen Durchführung oder von neurophysiologischen Veränderungen abhängen, wurde noch nicht vergleichend überprüft.

### **10. ADHS-QEEG-Phänotypen, ihr Bezug zum Verhalten**

Bisher wurde von Neuropädiatern, Neurologen und Neurochirurgen meist nur das Roh-EEG, also die graphische Aufzeichnung ausgewertet, um epilepsietypische Potenziale und umschriebene und allgemeine Verlangsamungen sowie weitere graphische Phänomene zu finden.

Mit computergestützten EEG-Geräten kann man auch 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, für die Monastra et al. (23) Normwerte erstellt haben, jedoch nur für den Ableitpunkt Cz. Sie sind herunterladbar von Monastras Homepage [www.theADHDdoc.com](http://www.theADHDdoc.com).

**Abbildung 4:** Beispiel der räumlichen Verteilung der Theta-Beta-Power-Rate eines 14jährigen ADHS-Patienten, abgeleitet mit dem 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.

Man kann das QEEG zur Hilfe nehmen, um zu sehen, wo welches Frequenzband auffällige Abweichungen von der Norm aufweist und damit in Richtung Norm trainiert werden kann. Auf Basis der quantitativen Ableitungen wurden Muster gefunden, die häufig mit bestimmten ADHS Verhaltensweisen korrelierten. Clarke et al.(29) definierten 2001 drei Cluster, die mehreren Arbeiten (30-33) bestätigt wurden. Linda Kirk (34) bezeichnet sie deshalb als das „trio of tried and true types“. Im Folgenden Bilder dieser drei ADHS-QEEG-Subtypen. Sie werden mit freundlicher Genehmigung durch Linda Kirk von mir übernommen.

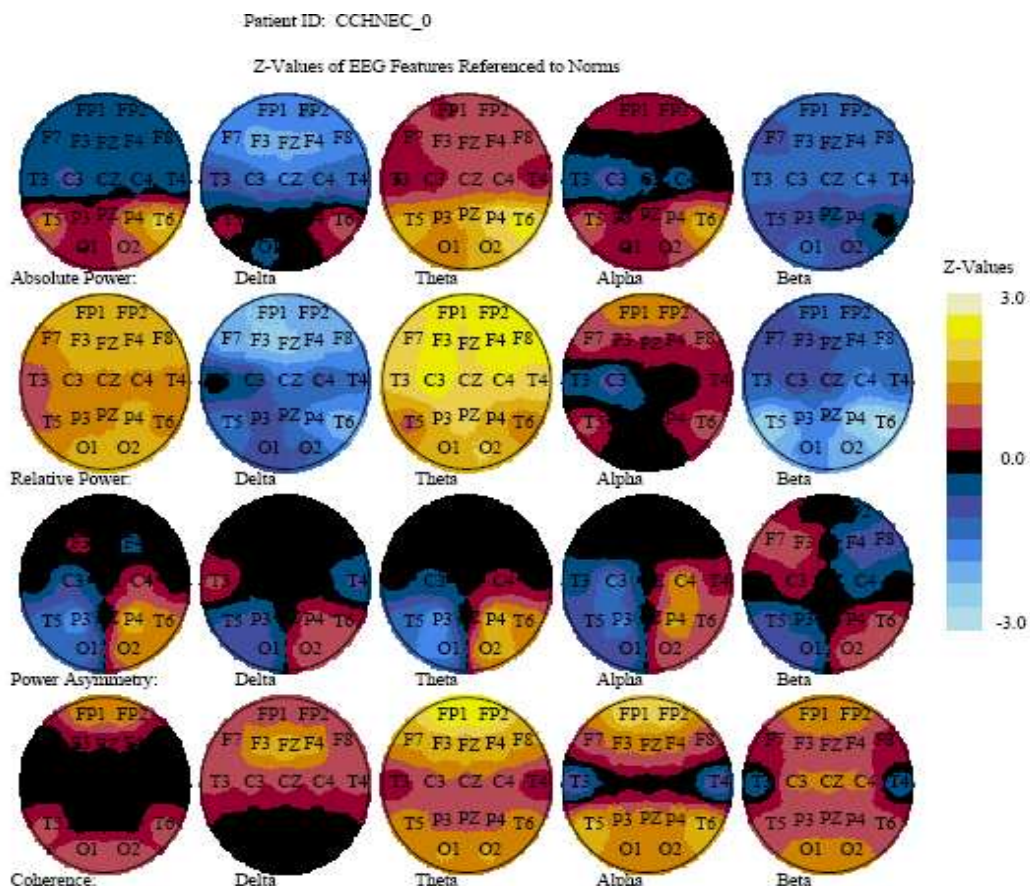
## 11. Trainingsprotokolle nach QEEG – Befunden:

**Das erste Cluster, der hyperaktiv-impulsive ADHS-Typ, im QEEG aber unteraktiviert (Hypo-aroused).** Er ist im folgenden Bild gut in der Zeile der absoluten und in der relativen Power (quadrierte Amplituden eines Frequenzbandes absolut oder in Prozentanteilen zueinander) zu sehen. Das kortikale Hypoarousal wird durch die erhöhte relative theta and theta/beta ratio und die verminderte Amplitude der relativen Betapower und globalen Deltapower sichtbar. Die gelben Anteile der Bilder entsprechen einer deutlichen Abweichung der Messwerte nach oben, d. h. im Sinne verstärkter Ausprägung der jeweiligen Aktivität.

**EEG-Befunde:** erhöhte relative + absolute Thetapower und theta/beta ratio und die verminderte Amplitude der relativen Betapower zentroposterior.

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

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



### **Das zweite Cluster: der überaktivierte ADHS-Subtyp:**

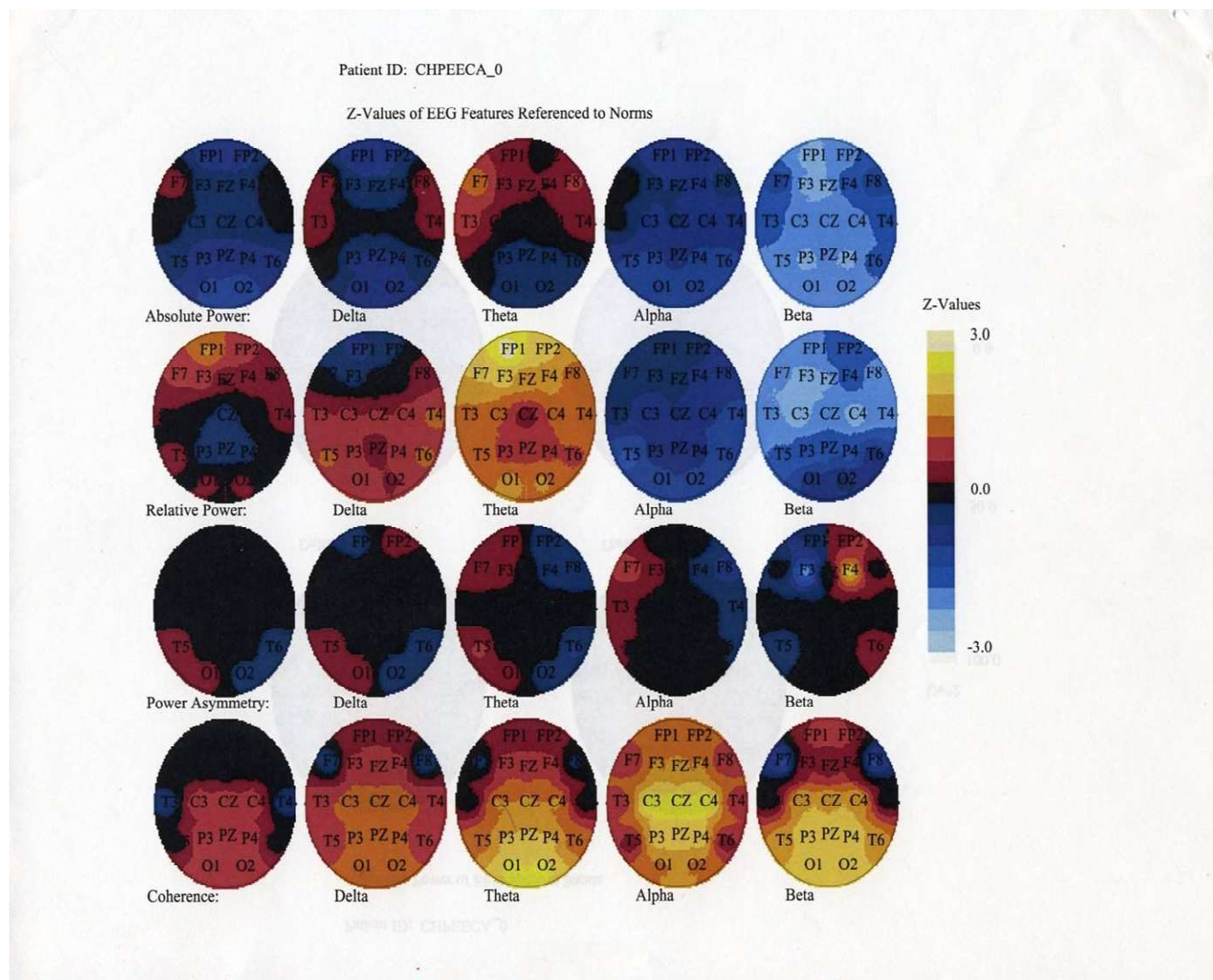
**EEG-Befunde:** Wieder in der absoluten und relativen Power an der gelben Färbung am besten zu sehen: elevated level of beta in both frontal and posterior brain regions. **Neurofeedback:** Electrode Placement: **C4** active with linked ear reference. **Belohnte Frequenzen:** 12-15 Hz=SMR, Inhibit 22-30-45 Hz=Gamma



### **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 sowohl absolut als auch besonders deutlich bei der relativen Power sichtbar (zweite Bildzeile, Vergleiche jeweils zu z-Werten der Neuroguide-Normstichprobe) **Neurofeedback:** Electrode Placement: **Cz or C3** active with linked ear reference oder FCz-PCz w/ ear reference oder Cz-Pz w/ ear reference je nach QEEG. **Belohnte Frequenzen:** 15-22 Hz = Beta, Inhibit Frequency: 4-8 Hz = Theta





**Amen (35) 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 prefrontalem 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 (29): 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.

## **12. Ereigniskorrelierte Potentiale (ERPs) und Neurofeedback**

**Die Analyse von reizbezogenen EEG-Antworten (ERPs)** im Continous 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(11). 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 (28).

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

## **13. Nebenwirkungen: Was passiert, wenn falsch über den falschen Ableitpunkten 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 Ableitpunkten. Auch hierzu fehlt eine systematische Erfassung.

## **14. Kosten – unter welchen Bedingungen rechnet sich Neurofeedback?**

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.

Neurofeedback ist keine Leistung der gesetzlichen Krankenkassen. Wenn es eine solche werden soll, müssten KBV, Krankenkassen oder Patientenvertreter dafür ein Zulassungsverfahren beim unterstaatlichen Normsetzungsorgan, dem gemeinsamen Bundesausschuss (GBA), beantragen.

## **Auf welche Bedingungen trifft der/diejenige, der mit Neurofeedbacktherapie beginnen möchte, im derzeitigen GKV-System?**

1. Wenn eines Tages der **KBV-ADHS-Vertrag** auch über Baden-Württemberg hinaus ausgedehnt wird, enthält er eine Vergütung, die nur 3-4 Neurofeedbacksitzungen/ Quartal kostendeckend ermöglichen würden. Ein erfolgreiches Setting ist damit nicht möglich, rasche Lernfortschritte würden konterkariert.
2. Als Leistung im Rahmen der GKV könnte Neurofeedback im Rahmen eines verhaltenstherapeutischen Konzepts von Kolleginnen und Kollegen mit der **Zusatzbezeichnung Psychotherapie** als psychotherapeutische Sitzung abgerechnet werden.
3. Kolleginnen und Kollegen mit der **Schwerpunktbezeichnung Neuropädiatrie** könnten Neurofeedback als neuropädiatrische Behandlung im Rahmen der Ziffer 04430 interpretieren. Unter der Voraussetzung, dass der- oder diejenige einem KV-Bezirk angehört, der das RLV für Neuropädiater so erweitert hat, dass er/sie die neuropädiatrischen Leistungen wirklich vergütet erhält, entsprechen beim derzeitigen Orientierungspunktwert von 3,5 Cent 60 Minuten 53,58€. Beträge der Punktwert den betriebswirtschaftlich kalkulierten 5,11 Cent, entsprechen dies 78,22€. Für die Kostendeckung einer Kinder- und Jugendarztpraxisstunde sind nach einer alten BVKJ-Berechnung 115€ Umsatz erforderlich. Bei Mitarbeit einer Assistentin (s. Kapitel 12) für die Ableitung und einer zeitweisen Delegation der Durchführung an sie erscheint mir Kostendeckung erst bei 93,84€ entsprechend GOÄ 886 erreicht. Mit dem aktuellen GKV-Punktwert müssen bei Ansetzen der Ziffer 04430 für diesen Betrag 105 Minuten gearbeitet werden. Dies zeigt, wie unbetriebswirtschaftlich der aktuelle Punktwert ist. Neben Materialkosten müssen als Arbeitgeberkosten für eine Stunde einer Assistentin mindestens 20€ angesetzt werden, wie viel bleibt dann noch für die Arztstunde übrig? Jeder mag für sich prüfen und regeln, inwiefern das Heranziehen der Methode Neurofeedback ein vollständiges Abrechnen nach GOÄ oder mindestens eines Zuschlags bis zur Höhe der Kostendeckung notwendig macht.

## **15. Was zu einer guten Behandlung gehört**

Jeder Therapeut sollte sich zunächst ein genaues Bild vom Kind und seinen Problemen machen und den Eltern die Chancen verschiedener Behandlungsverfahren in Bezug auf ihre Effektstärke (siehe Abschnitt 7) und den Behandlungsablauf genau vorstellen können. Er sollte insbesondere auch die häuslichen Lernschritte, den Transfer, genau mit ihnen besprechen und dazu unterstützendes Material mitgeben. In wenigen Sitzungen kann nicht hinreichend automatisiert werden; ein Plan muss sich also über 20 Stunden oder mehr erstrecken.

Neurofeedback ist keine Technik, sondern eine Behandlungsform, in der operantes Lernen ermöglicht wird. Will man Erfolge erreichen, müssen m. E. auch die Bedingungen dafür optimal gestaltet werden. Dafür muss ich den Patienten über den Sitzungsverlauf und für seine Hausaufgaben optimal motivieren. Dies setzt Feinfühligkeit und Erfahrung des Therapeuten voraus. Deshalb halte ich die Behandlung für nur zeitweise und begrenzt delegierbar.

Auch andere Berufsgruppen (z.B. Pädagogen, Heilpraktiker für Psychotherapie...), die sich in Biofeedback und Neurofeedback weitergebildet haben, bieten

Neurofeedbackbehandlung an. Auch Ergotherapeuten haben die Methode aufgegriffen. Jeder Therapeut sollte wissen, was er dabei tut. Eine unkritische Übernahme von Behandlungsprotokollen und der fehlende Versuch, den Erfolg der Maßnahmen im Alltag auch quantitativ zu überprüfen, sind Hinweise auf unangemessenes Vorgehen.

**Therapeuten, die den Titel Neurofeedbacktherapeut oder –trainer der Deutschen Gesellschaft für Biofeedback e.V. (DGBFB) besitzen, haben eine spezielle Weiterbildung mit Kursen, Supervisionen eigener Patienten, Selbsterfahrung und eine Prüfung hinter sich und sind damit besonders gut qualifiziert. Eine Therapeutenliste ist auf der Homepage der DGBFB ([www.dgbfb.de](http://www.dgbfb.de)) zu finden.**

### **16. Wo kann man als Einsteiger Kenntnisse über die Methode und Geräte erwerben? Wie kann der Einstieg organisiert werden?**

Ich hoffe, dass mit den hier veröffentlichten Vorerfahrungen der Zeitaufwand zum Einstieg nicht mehr so groß wie vor 5 Jahren ist. Für mich war die Voraussetzung für den Einstieg, dass mein Jobsharingkollege mir einen Teil der allgemeinen Sprechstunde abnahm. In einer Einzelpraxis wird man sich kaum genug Zeit für die Einführung einer neuen Methode nehmen können, in einer Gemeinschaftspraxis hängt das dann schon viel mehr von Motivation und Tatkraft desjenigen ab, der es machen will. Da gute Gerätschaft mit allem Zubehör "nur" noch zwischen 5000 und 10.000€ kostet, ist es nicht mehr undenkbar, dies in einer Praxis zu schultern, speziell in diesem Jahr der Sonderabschreibung.

Wenn man Kurse besucht hat, Selbsterfahrung gesammelt hat, dann kann es mit den ersten Patienten losgehen, wenn man immer eine kritische Distanz zum eigenen Tun bewahrt.

#### ***Kurse:***

In deutscher Sprache findet jährlich eine Tagung der Deutschen Gesellschaft für Biofeedback e.V. 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, siehe Homepage [www.dgbfb.de](http://www.dgbfb.de). Ein Forum für Anwender ist die Arbeitsgruppe Neurofeedback, Kontakt: Andreas Krombholz [[andreas.krombholz@neurofit-akademie.de](mailto:andreas.krombholz@neurofit-akademie.de)].

Jährlich findet auch das Meeting des **Biofeedback Forum of Europe** statt ([www.bfe.org](http://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.

### **17. Fazit**

Neue Studien haben die Datenlage zur Wirksamkeit und Spezifität der Wirkung von Neurofeedback bei ADHS wesentlich verbessert. Für die Anwendung im Einzelfall geben die Gruppenergebnisse jedoch nur begrenzte Orientierung. Eine breite Anwendung durch Therapeuten, die verstehen, was sie dabei tun, und der sich daraus ergebende Informationsaustausch könnte diese Lücke schließen. Deshalb ist es Zeit, dass Kinder- und Jugendärzte das Verfahren aufgreifen. Längst machen andere Berufsgruppen davon Gebrauch, ohne die medizinischen Grundkenntnisse unserer Fachdisziplin zu haben.

In der Praxis scheint ein ausgefeiltes Setting eine wichtige Erfolgsgrundlage zu sein. Der besondere Vorteil der Neurofeedbackbehandlung bei ADHS ist die Nachhaltigkeit der Verbesserung bei den Patienten, die mit Erfolg behandelt werden konnten. Jeder erfolgreiche Einzelfall lohnt die Mühe.

### **18. Literatur:**

- (1) MTA Cooperative Group: A 14-month randomized clinical trial of treatment strategies for attention-deficit/hyperactivity disorder. Arch Gen Psychiatry 56, 1073-1086 (1999)
- (2) Molina-BSG et al.: MTA at 8 years: prospective follow-up of children treated for combined-type ADHD in a multisite study. J. Am. Comag PVR2/100 CI HD Acad. Child adolesc.psychiatry,48:5, 484-500 (2009)
- (3) 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.
- (4) 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.
- (5) Alexandra Martin, Winfried Rief (Hrsg.) Wie wirksam ist Biofeedback? Verlag Hans Huber, Bern 2009
- (6) 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
- (7) 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
- (8) Niels Birbaumer und Robert F. Schmidt: Biologische Psychologie. Springer Verlag Berlin New York Tokio, 6. Auflage 2006, Kapitel 21
- (9) John N. Demos: Getting started with Neurofeedback, W.W, NortonCompany, New York u. London 2005, Seiten 85-89
- (10) 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.
- (11) Juri D. Kropotov. Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy. Academic Press, Elsevier, Amsterdam 2009; Seiten 408-18
- (12) Loo SK, Barkley, RA. Clinical utility of EEG in attention deficit hyperactivity disorder. Applied Neuropsychology. Vol. 12(2)(pp 64-76), 2005).
- (13) Roger deBeus, J. D. Ball, Mary E. deBeus, Richard Herrington. Attention Training with ADHD Children: Preliminary Findings in a Double-Blind Placebo-Controlled Study, J Neurotherapy 8, 2004, 145-148
- (14) 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.

(15) 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

(16) Holtmann M, Stadler C, Leins U, Strehl U, Birbaumer N, Poustka F. Neurofeedbackbehandlung bei ADHS bei Kindern und Jugendlichen. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 2004, Band 32(3), Seiten187-200.

(17) Leins U, Hinterberger T, Kaller S, Schober F, Weber C, Strehl U. Neurofeedback der langsamen kortikalen Potenziale und der Theta/Beta-Aktivität für Kinder mit einer ADHS: ein kontrollierter Vergleich. *Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie* 2006;55(5), Seiten 384-407

(18) 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

(19) 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

(20) 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.

(21) 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]

(22) 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.

(23) 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.

(24) Kaiser DA, Othmer S. Effects of neurofeedback on variables of attention in a large multi-center trial. *J Neurotherapy* 2000; 4(1):5-15

(25) 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.

- (26) 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.
- (27) Eric Taylor, European guidelines on diagnosis and treatment of ADHD, Vortrag auf dem internationalen Symposium zu ADHS in Aachen 14.03.2007
- (28) Arns M, Gunkelman J, Breteler M, Spronk D. EEG phenotypes predict treatment outcome to stimulants in children with ADHD. *J Integr Neurosci.* 2008 Sep;7(3):421-38.
- (29) 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.
- (30) 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.
- (31) 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.
- (32) 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.
- (33) 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.
- (34) 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
- (35) Amen DG, Carmichael BD.. High-resolution brain SPECT imaging in ADHD. *Ann Clin Psychiatry.* 1997 Jun;9(2):81-6.

### **19. 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.