



Übersichtsarbeit

Neurofeedback-Training bei Kindern mit Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung (ADHS)

Effekte auf Verhaltens- und neurophysiologischer Ebene

Holger Gevensleben¹, Gunther H. Moll² und Hartmut Heinrich^{2,3}

¹Kinder- und Jugendpsychiatrie, Universitätsmedizin Göttingen, ²Kinder- und Jugendabteilung für Psychische Gesundheit, Universitätsklinikum Erlangen, ³Heckscher-Klinikum, München

Zusammenfassung. Im Rahmen einer multizentrischen, randomisierten, kontrollierten Studie evaluierten wir die klinische Wirksamkeit eines Neurofeedback-Trainings (NF) bei Kindern mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) und untersuchten die einem erfolgreichen Training zugrunde liegenden neurophysiologischen Wirkmechanismen. Als Vergleichstraining diente ein computergestütztes Aufmerksamkeitstraining, das dem Setting des Neurofeedback-Trainings in den wesentlichen Anforderungen und Rahmenbedingungen angeglichen war. Auf Verhaltensebene (Eltern- und Lehrerbeurteilung) zeigte sich das NF-Training nach Trainingsende dem Kontrolltraining sowohl hinsichtlich der ADHS-Kernsymptomatik als auch in assoziierten Bereichen überlegen. Für das Hauptzielkriterium (Verbesserung im FBB-HKS Gesamtwert) ergab sich eine mittlere Effektstärke (von 0.6). Sechs Monate nach Trainingsende (follow-up) konnte das gleiche Ergebnismuster gefunden werden. Die Ergebnisse legen somit den Schluss nahe, dass NF einen klinisch wirksamen Therapiebaustein zur Behandlung von Kindern mit ADHS darstellt. Auf neurophysiologischer Ebene (EEG; ereignisbezogene Potentiale, EPs) konnten für die beiden Neurofeedback-Protokolle Theta/Beta-Training und Training langsamer kortikaler Potentiale spezifische Effekte aufgezeigt werden. So war für das Theta/Beta-Training beispielsweise die Abnahme der Theta-Aktivität mit einer Reduzierung der ADHS-Symptomatik assoziiert. Für das SCP-Training wurde u. a. im Attention Network Test eine Erhöhung der kontingenten negativen Variation beobachtet, die die mobilisierten Ressourcen bei Vorbereitungsprozessen widerspiegelt. EEG- und EP-basierte Prädiktorvariablen konnten ermittelt werden. Der vorliegende Artikel bietet einen Gesamtüberblick über die in verschiedenen Publikationen unserer Arbeitsgruppe beschriebenen Ergebnisse der Studie und zeigt zukünftige Fragestellungen auf.

Schlüsselwörter: ADHS, Neurofeedback, EEG, ereignisbezogene Potentiale, Prädiktion

Abstract. *Neurofeedback training in children with ADHD: behavioral and neurophysiological effects*

In a multicentre randomised controlled trial, we evaluated the clinical efficacy of neurofeedback (NF) training in children with ADHD and investigated the mechanisms underlying a successful training. We used an attention skills training, coupled with the training setting and demands made upon participants, as the control condition. At the behavioural level, NF was superior to the control group concerning core ADHD symptomatology as well as associated domains. For the primary outcome measure (improvement in the FBB-HKS total score), the effect size was .60. The same pattern of results was obtained at the 6-month follow-up. Thus, NF may be seen as a clinically effective module in the treatment of children with ADHD. At the neurophysiological level (EEG, ERPs), specific effects for the two NF protocols, theta/beta training, and training of slow cortical potentials were demonstrated. For example, for theta/beta training, a decrease of theta activity in the EEG was associated with a reduction of ADHD symptomatology. SCP training was accompanied *inter alia* by an increase in the contingent negative variation in the attention network test; thus, children were able to allocate more resources for preparation. EEG- and ERP-based predictors were also found. The present article reviewed the findings of the original papers related to the trial and outlines future research topics.

Keywords: ADHD, neurofeedback, EEG, event-related potentials, prediction

Einleitung

Neurofeedback (NF) stellt ein theoriegeleitetes Verfahren zur Behandlung von Kindern mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) dar (Heinrich, Gevensleben & Strehl, 2007; Holtmann et al., 2004), das zunehmend Interesse findet, nicht zuletzt aufgrund an anderer Stelle ausführlich diskutierter Limitierungen oder negativer Begleiterscheinungen verfügbarer Behandlungsoptionen bei ADHS (Taylor et al., 2004; van der Oord, Prins, Oosterlaan & Emmelkamp, 2008).

Das Therapierational des NF-Trainings bei Kindern mit ADHS basiert auf empirischen Befunden, die hirnelektrische Aktivität (EEG; ereignisbezogene Potentiale, EPs) betreffend. NF setzt an der Selbstregulation dieser hirnelektrischen Parameter an, ermöglicht den Patienten ein bestimmtes hirnelektrisches Muster unter Verwendung operanter Verstärkung gezielt zu verändern und diese Regulationskompetenz in Form erlernter Selbstinstruktionsstrategien in den Alltag zu transferieren. Das Verfahren überträgt damit dem Patienten die Kontrolle über seinen Aufmerksamkeitszustand und versetzt ihn in die Lage, gezielt und eigenständig einen möglichst situationsangemessenen, aufmerksamen Zustand einzunehmen, im Sinne eines optimierten Selbstmanagements. NF umfasst somit Elemente neurophysiologischer, behavioraler und kognitiver Ansätze und kann als weiteres Modul kognitiv-verhaltenstherapeutischer Interventionsansätze für die Therapie von ADHS angesehen werden.

Neurophysiologische Auffälligkeiten

EEG- und EP-Studien haben einen bedeutsamen Beitrag zum Verständnis des pathophysiologischen Hintergrundes von ADHS geleistet. Sowohl im Ruhezustand als auch während Aufmerksamkeit fordernder Aufgaben wiesen Kinder mit ADHS Auffälligkeiten im EEG in Form erhöhter Theta- und reduzierter Beta-Aktivität auf (Barry, Clarke & Johnstone, 2003; Barry, Clarke, Johnstone, McCarthy & Selikowitz, 2009; El Sayed, Larsson, Persson & Rydelius, 2002). Der Theta/Beta-Quotient kann dabei als neurophysiologisches Äquivalent von «Aktivierung» – entsprechend dem Modell von Pribham und McGuinness (1975) – interpretiert werden (Barry et al., 2009).

In EP-Studien lag der Fokus auf späten Komponenten mit Latenzen > 300 ms wie die P300 und die kontingente negative Variation (engl.: contingent negative variation, CNV; Überblick bei Banaschewski & Brandeis, 2007). Bei

verschiedenen kognitiven Aufgaben konnte bei Kindern mit ADHS eine reduzierte P300 beobachtet werden, die auf Defizite in der Aufmerksamkeitssteuerung bzw. der motorischen Kontrolle hindeutet. Die CNV stellt ein langsames kortikales Potential dar (engl., slow cortical potential, SCP¹) und kann unter verschiedenen experimentellen Paradigmen mit Warnreiz beobachtet werden, wie z. B. bei einem Continuous Performance Test mit Warnreiz (CPT-OX). Es wird davon ausgegangen, dass die Ausprägung der CNV das neurophysiologische Korrelat antizipatorischer bzw. präparatorischer kognitiver Prozesse darstellt. Kinder mit ADHS wiesen in verschiedenen Studien eine reduzierte CNV auf. Dieser Befund stützt das Modell, dass Kinder mit ADHS eine dysfunktionale Regulation energetischer Verarbeitungsressourcen aufweisen (Sergeant, Oosterlaan & Van der Meere, 1999).

Neurofeedback-Trainingsprotokolle

Entsprechend den beschriebenen neurophysiologischen Auffälligkeiten bei Kindern mit ADHS, finden zwei unterschiedliche Neurofeedback-Trainingsprotokolle Anwendung bei Kindern mit ADHS (Heinrich et al., 2007):

- Das *Theta/Beta-Training*, bei dem die Probanden trainieren, Aktivität im Theta-Bereich zu reduzieren und parallel dazu Aktivität im Beta-Bereich zu erhöhen, adressiert tonische Aspekte kortikaler Aktivierung.
- Das *Training langsamer kortikaler Potentiale* (SCP-Training) zielt dagegen auf phasische Aspekte kortikaler Exzitabilität ab. Die Teilnehmer haben die Aufgabe, Potenzialverschiebungen in positiver Richtung («Positivierung»; Abnahme der Exzitabilität) oder negativer Richtung («Negativierung»; Zunahme der Exzitabilität) über dem sensomotorischen Kortex zu generieren.

Bisherige Datenlage und Ziel unserer Studie

Neurofeedback-Studien, die bei Kindern mit ADHS in den vergangenen Jahren durchgeführt wurden, ergaben übereinstimmend positive Effekte auf Verhaltensebene. Die durchweg ermutigenden Ergebnisse der einzelnen Studien (Drechsler et al., 2007; Fuchs, Birbaumer, Lutzenberger, Gruzelier & Kaiser, 2003; Heinrich, Gevensleben, Freisleder, Moll & Rothenberger, 2004; Monastra, Monastra & George, 2002; Strehl et al., 2006) sowie das optimistische

1 Langsame kortikale Potentiale sind Aktivitätsänderungen der elektrischen kortikalen Aktivität im Bereich/Zeitfenster von mehreren hundert Millisekunden bis zu mehreren Sekunden. Diese Veränderungen spiegeln die kurzzeitige Mobilisierung aufgabenabhängiger, kortikaler Verarbeitungsressourcen wider. Während negative SCPs erhöhte Aktivierungsbereitschaft repräsentieren (z. B. während der kognitiven Vorbereitung auf eine Aufgabe, etwa eine schnelle Reaktion), repräsentieren positive SCPs eine Verminderung der Aktivierungsbereitschaft der zugrundeliegenden neuronalen Netzwerke (z. B. während motorischer Inhibitionsprozesse, Birbaumer, Elbert, Canavan & Rockstroh, 1990).

Fazit einer ersten Meta-Analyse² zur Wirksamkeit von NF bei ADHS (Arns, de Ridder, Strehl, Breteler & Coenen, 2009) sollten dabei nicht darüber hinwegtäuschen, dass grundlegende Anforderungen an eine möglichst strenge wissenschaftlich Prüfung zu etablierender Therapieverfahren (vgl. Loo & Barkley, 2005) von den Studien nicht erfüllt waren und eine methodisch relevante Vergleichsstudie (Randomisierung, ausreichende Teststärke) mit einer adäquaten Kontrollbedingung nicht durchgeführt worden war.

Einzelne Studien, die in die Meta-Analyse einbezogen wurden, geben keinen Hinweis, wie die Auswahl der Probanden erfolgte, was die Interpretation der Ergebnisse gerade bei Nachfrage-Populationen (d. h. Teilnehmern, die sich bewusst für ein Training und gegen eine medikamentöse Behandlung entschieden haben) privater, auf finanziellen Gewinn angewiesener Institutionen besonders schwierig macht. Dies muss bei der Interpretation von Ergebnissen berücksichtigt werden (Dinger & Aner, 2007). Insgesamt zeigte sich bei Arns et al. (2009) für das Neurofeedback-Training eine klinisch relevante Reduzierung in den Bereichen Unaufmerksamkeit (ES = 0.8) und Impulsivität (0.69), in verringertem Maße auch für den Bereich Hyperaktivität (0.4). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass zumindest bei einem Teil der Teilnehmer eines Neurofeedback-Trainings positive Effekte zu erwarten sind, besonders in einer Nachfragepopulation.

Wir führten eine randomisierte, kontrollierte Studie durch mit dem Ziel, methodische Mängel bisheriger Studien zu überwinden und eine möglichst aussagekräftige und strenge Überprüfung von Wirksamkeit und Wirkweise eines Neurofeedback-Trainings durchzuführen. Hauptfragestellungen waren dabei:

- Ist Neurofeedback-Training bei Kindern mit ADHS wirksamer als ein computergestütztes Aufmerksamkeitstraining (engl.: attention skills training, AST)?
- Können erzielte Effekte als dauerhaft angesehen werden?
- Können für ein Neurofeedback-Training bzw. die NF-Protokolle Theta/Beta-Training und SCP-Training spezifische Effekte insbesondere auf neurophysiologischer Ebene aufgezeigt werden?
- Lassen sich Prädiktoren ableiten, die den Erfolg eines Trainings vorhersagen?

Hierzu sind verschiedene englischsprachige Originalarbeiten unserer Arbeitsgruppe veröffentlicht (Ergebnisse auf Verhaltensebene nach Trainingsende: Gevensleben, Holl, Albrecht, Vogel et al. (2009) bzw. 6 Monate nach Trainingsende (Follow-up): Gevensleben et al. (2010); Effekte auf neurophysiologischer Ebene einschließlich Prädiktorvariablen: Ruhe-EEG: Gevensleben, Holl, Albrecht, Schlamp et al. (2009), ereignisbezogene Potentiale: Wangler et al. (2010)). Der vorliegende Beitrag bietet einen deutschsprachigen Gesamtüberblick über unsere

Evaluationsstudie bzw. die genannten Publikationen («summary of original research»): Es wird zunächst das Design der Studie erläutert. Danach werden die wichtigsten Ergebnisse dargestellt und diskutiert. Abschließend findet eine zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse statt, und mögliche künftige Fragestellungen werden skizziert.

Design der Studie

Insgesamt 102 Kinder mit ADHS im Alter von 8–12 Jahren (mittleres Alter: 9.6 ± 1.2 Jahre; ca. 80 % Jungen) nahmen zwischen Mai 2005 und Dezember 2007 an dieser randomisierten, kontrollierten Studie teil, die von den kinder- und jugendpsychiatrischen Abteilungen der Universitätskliniken Erlangen und Göttingen sowie dem Heckscher Klinikum in München durchgeführt wurde. Die Kinder absolvierten entweder ein Neurofeedback-Training ($N = 59$) oder ein computergestütztes Aufmerksamkeitstraining ($N = 35$). Die Zuteilung zu den Gruppen erfolgte in einem Verhältnis 3:2 zu Gunsten des Neurofeedback-Trainings, u. a. um einen intraindividuellen Vergleich der beiden Neurofeedback-Protokolle (Theta/Beta-Training, SCP-Training) an einer möglichst großen Stichprobe durchführen zu können. Die Kalkulation der Stichprobengröße richtete sich nach einem erwarteten mittleren Effekt von 0.5 im Hauptzielkriterium (Gesamtwert der Elternversion des Fremdbeurteilungsbogen für hyperkinetische Störungen, FBB-HKS; Döpfner & Lehmkuhl, 2000) bei einer Teststärke von 0.8 (einseitige Testung, $\alpha = 0.05$).

Kinder mit der Diagnose einer Aufmerksamkeitsdefizit- und Hyperaktivitätsstörung entsprechend den DSM-IV Kriterien (American Psychiatric Association, 1994; Mischtyp oder unaufmerksam Typus) konnten an dem Projekt teilnehmen. Eine detaillierte Darstellung des diagnostischen Vorgehens findet sich in Gevensleben, Holl, Albrecht, Vogel et al. (2009). Hervorzuheben gilt, dass der überwiegende Teil der Kinder (> 90 %) medikamenten-naiv waren und begleitende Interventionen nicht erlaubt waren. Die Studie wurde nach den CONSORT Richtlinien für randomisierte Studien durchgeführt (Boutron et al., 2008) und war von den Ethik-Kommissionen der beteiligten Standorte genehmigt. Die Kinder beider Trainingsgruppen (Neurofeedback vs. computergestütztes Aufmerksamkeitstraining) absolvierten insgesamt 36 Trainingseinheiten à 50 Minuten. Jeweils 2 Trainingseinheiten wurden zu einer 100-minütigen Sitzung (unterbrochen durch eine kurze Pause von 5–10 Minuten) zusammengefügt. Die Sitzungen wurden auf zwei Blöcke von jeweils 9 Sitzungen aufgeteilt. Zwischen den Trainingsblöcken lag eine Pause von 2–3 Wochen. Es fanden 2–3

2 Die in der vorliegenden Arbeit zusammengefasste Studie ist auch in die Meta-Analyse eingegangen.

Sitzungen pro Woche statt, so dass ein Block 3–4 Wochen dauerte. Das NF-Training stellte eine Kombination aus einem Block Frequenzband-Training und einem Block SCP-Training dar.

Zu insgesamt drei Testzeitpunkten (vor Beginn der Trainings, prä; zwischen beiden Trainingsblöcken, inter, und nach Abschluss des 2. Blocks, post) beurteilten Eltern und Lehrer die Kern- und Begleitsymptomatik anhand gängiger und etablierter Verfahren (z. B. FBB-HKS, Döpfner & Lehmkuhl, 2000). Außerdem wurden neuropsychologische/-physiologische Parameter (Spontan-EEG, EPs beim Attention Network Test, Fan, McCandliss, Sommer, Raz & Posner, 2002) erhoben. 6 Monate nach Abschluss des Trainings erfolgte eine katamnestiche Erhebung auf Verhaltensebene (Elterneinschätzung).

Zusätzlich wurden mittels «Placebo-Skalen» u. a. Therapieerwartungen und -zufriedenheit der Eltern kontrolliert. Wir versuchten, die Eltern bezüglich der Trainingsgruppe des Kindes blind zu halten.

Durchführung der Trainings – Parallelisierung

Beide Trainingsformen (Neurofeedback vs. computergestütztes Aufmerksamkeitstraining³) wurden so vergleichbar wie möglich konzipiert, sowohl vom Setting als auch vom Anforderungscharakter der Aufgaben.

Die Kinder beider Gruppen absolvierten Aufmerksamkeit fordernde Aufgaben am Computer, erarbeiteten sich dabei Strategien zur besseren Steuerung ihrer Aufmerksamkeit (in Form von Selbstinstruktionen) und übten diese in verschiedenen Alltagssituationen ein. Etwa die Hälfte der Trainingszeit bestand direkt aus der Bearbeitung der Aufgaben am Computer. Die andere Hälfte aus der Reflexion des Aufmerksamkeitsstatus während der Aufgaben, dem Ableiten angemessener und individueller Selbstinstruktionen, der Auswahl und Planung von Situationen im Alltag, in denen die erworbenen Strategien zielgerichtet eingesetzt werden sollten und im jeweils letzten Drittel eines Trainingsblocks auch in der Bearbeitung mitgebrachter Schulaufgaben unter Anwendung der erworbenen Strategien. Die Trainings beider Trainingsgruppen wurden von einem/r Diplompsychologen/in geleitet, unterstützt durch eine studentische Hilfskraft. Sie wurden in Zweiergruppen durchgeführt. Jedem Kind stand ein Trainingssystem zur Verfügung.

Um die NF-Trainingseffekte möglichst isoliert betrachten zu können, wurde auf einige begleitende Interventionen verzichtet, die in der Praxis obligatorisch sind.

Dies kann die Effektivität des Trainings beeinträchtigen. So wurde, um etwaige konfundierende Effekte auszuschließen, auf die Ergänzung des Trainings durch weitere Lern- und Arbeitsstrategien verzichtet und die Einbeziehung der Eltern minimiert. Die Durchführung zweier NF-Protokolle in getrennten Blöcken, um jeweils spezifische Effekte der einzelnen Protokolle darstellen zu können, stellt ein eher akademisches Setting dar. Dies ging auf Kosten des Trainingsumfangs für ein einzelnes Protokoll. Die Anzahl von 18 Trainingseinheiten pro Protokoll stellt eher ein Kurzzeit-Training dar. In der Regel werden 30–45 Trainingseinheiten angestrebt; vgl. Drechsler et al. (2007): 30 Einheiten; Fuchs et al. (2003): 36 Einheiten; Leins et al. (2006): 30 Einheiten; Monastra et al. (2002): 43 Einheiten.

Neurofeedback-Training

Für das Neurofeedback-Training wurde ein von unserer Arbeitsgruppe zu Forschungszwecken entwickeltes System (SAM; Self-regulation and Attention Management) eingesetzt, das unterschiedliche Animationen bietet, die v. a. für Kinder konzipiert sind (siehe Abbildung 1). Die Kinder haben dabei die Aufgabe, Elemente auf dem Bildschirm durch die Veränderung spezifischer Parameter ihrer Gehirnaktivität zu steuern. Während eines SCP-Trainings mussten Strategien gefunden werden, eine Kugel im unteren Teil des Bildschirms nach oben (Negativierung; Zuwendung von Aufmerksamkeit) oder nach unten (Positivierung; entspannter, gelassener Zustand) zu lenken.

Während des Theta/Beta-Trainings sollte durch Einnehmen eines fokussierten, aufmerksamen Zustandes ein Balken am linken Bildschirmrand (Theta) verkleinert und zeitgleich ein Balken am rechten Bildschirmrand (Beta) vergrößert werden. Verstärkung für richtige Regulation erfolgte in Form von Punkten für erfolgreiche Durchgänge oder den Fortlauf der Animation. Bei der Animation «Puzzle» wurde für einen erfolgreichen Durchgang /Abschnitt ein Teil eines verdeckten Bildes aufgedeckt. Bei einer Animation namens «GöFi-Spiel» wurde zu Beginn eines Durchgangs ein Spielkärtchen mit einer bestimmten Punktzahl angezeigt, um das mit einem vom Computer simulierten Gegner konkurriert wurde. Derjenige, der über den nächsten Durchgang bzw. Abschnitt besser regulierte, bekam die Punkte gutgeschrieben. Wer am Ende des Spiels die meisten Punkte hatte, war Gewinner. Nähere Informationen (incl. technischer Details) finden sich in Gevensleben, Holl, Albrecht, Schlamp et al. (2009).

3 Aus ethischen Gründen entschieden wir uns für ein computergestütztes Aufmerksamkeitstraining als Vergleichstraining und gegen ein Placebo-Training, bei dem den Kindern nur scheinbar ihre Aktivitätsmuster rückgemeldet werden, es sich in Wahrheit aber um zufällige Muster oder die eines anderen Probanden handelt. Zudem sprechen praktische Aspekte, die in Gevensleben, Holl, Albrecht, Vogel et al. (2009) näher ausgeführt sind, gegen die Verwendung eines Placebo-Trainings zur Evaluation von Neurofeedback.

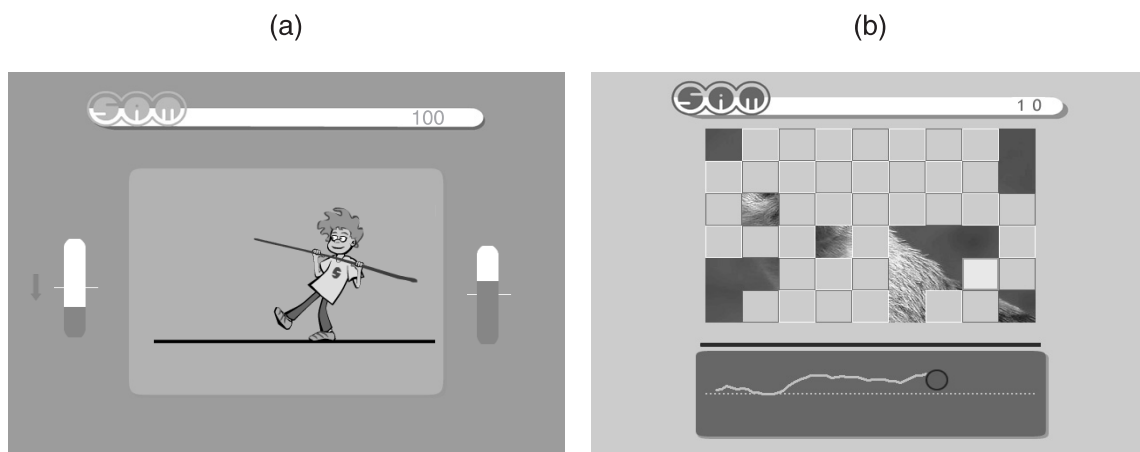


Abbildung 1. Beispiele für Neurofeedback-Animationen. (a) Theta/Beta-Training: Ein Junge (Sam) balanciert auf einem Seil. Er kommt nur voran, wenn die Theta-Aktivität im EEG reduziert und die Beta-Aktivität erhöht wird (bezogen auf Baseline-Werte). Für die Schritte, die Sam vorangeht, erhält das trainierende Kind Punkte. Diese werden auf dem Bildschirm oben rechts angezeigt. Die Aktivität in den beiden Frequenzbändern wird über den Flüssigkeitsstand in den Säulen rückgemeldet (linke Säule: Theta-Aktivität; rechte Säule: Beta-Aktivität). (b) SCP-Training: Die Kugel, die in jedem Trial von links nach rechts fliegt, soll in Negativierungstrials nach oben und in Positivierungstrials nach unten gelenkt werden: Die vertikale Position der Kugel gibt die SCP-Amplitude wider. Mit jedem erfolgreichen Trial wird ein Teil des verdeckten Bildes aufgedeckt.

Computergestütztes Aufmerksamkeitstraining

Das Kontrolltraining basierte auf Skillies (Auer Verlag, Donauwörth, Deutschland), einem mehrfach ausgezeichneten, aber bislang nicht evaluierten Computerprogramm, das basale Grundfertigkeiten unterschiedlicher Grundschulleistungen fördern soll. Das Programm läuft als Spiel ab, in dem man als Teil einer Schiffscrew sieben unterschiedliche Insel bereist, um dort jeweils spezifische, Aufmerksamkeit fordernde Aufgaben zu bearbeiten. Gefordert sind dabei u. a. Vigilanz, visuelle und auditive Wahrnehmung, Daueraufmerksamkeit und Reaktionsgeschwindigkeit. Auf der Insel «buntes Riff» z. B. schwimmen Fische unterschiedlicher Farbe von Bildschirmrand zu Bildschirmrand hin und her. Mit jedem Richtungswechsel ändern sie ihre Farbe. Durch Klicken auf die Fische kann die Farbe durch den Spieler geändert werden. Die Aufgabe besteht darin, alle Fische in die gleiche Farbe zu bringen. Durch diese Aufgabe werden v. a. Vigilanz und Reaktionsgeschwindigkeit angesprochen. Auf der Insel «verwünschter Teich» müssen Memory ähnliche Aufgaben gelöst werden.

Fragestellungen, Ergebnisse und Einordnung

Verhaltensebene (Prä vs. Post, Follow-up)

94 Kinder der ursprünglichen Stichprobe (NF-Gruppe: $N = 59$; Kontrollgruppe: $N = 35$) konnten in die Auswertung auf

Verhaltensebene einbezogen werden. Eltern und Lehrer füllten eine Reihe von Fragebogen zur Erfassung der Kern- sowie er Begleitsymptomatik aus, wobei sowohl pauschale Symptombewertungen als auch das Vorliegen von Symptomen in spezifischen, konkreten Situationen erfragt wurden:

- der FBB-HKS zur Erfassung der ADHS-Kernsymptomatik (Döpfner & Lehmkuhl, 2000),
- der Fremdbeurteilungsbogen SSV (FBB-SSV), der Auffälligkeiten im Sozialverhalten abbildet (Döpfner & Lehmkuhl, 2000),
- der Strength and Difficulties Questionnaire (SDQ) zur Erfassung eines breiteren Spektrums von Verhaltensstärken und -problemen (Woerner, Becker & Rothenberger, 2004),
- die Homework Problems Checklist (HPC-D, Döpfner, Schürmann & Frölich, 2002) und
- der Home Situations Questionnaire (HSQ –D, Döpfner et al., 2002).

In beiden Gruppen zeigte sich eine signifikante Reduzierung der Symptomatik im Hauptzielkriterium (FBB-HKS Gesamtwert). Dabei erwies sich die Verbesserung in der NF-Gruppe der in der AST-Gruppe als signifikant überlegen. Der Unterschied in den Verbesserungen zwischen den beiden Gruppen erreichte eine mittlere Effektstärke von .60. In den Unterskalen Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/Impulsivität betrug die Verbesserung in der Neurofeedback-Gruppe 25–30 % (vgl. Abbildung 2).

Auch bezogen auf die Begleitsymptomatik (FBB-SSV, SDQ) schnitt das NF-Training in wesentlichen Parametern besser ab (kleine bis mittlere Effektstärken, z. B. FBB-SSV Unterskala «Oppositionelles Verhalten»: $ES = 0.38$). Bzgl.

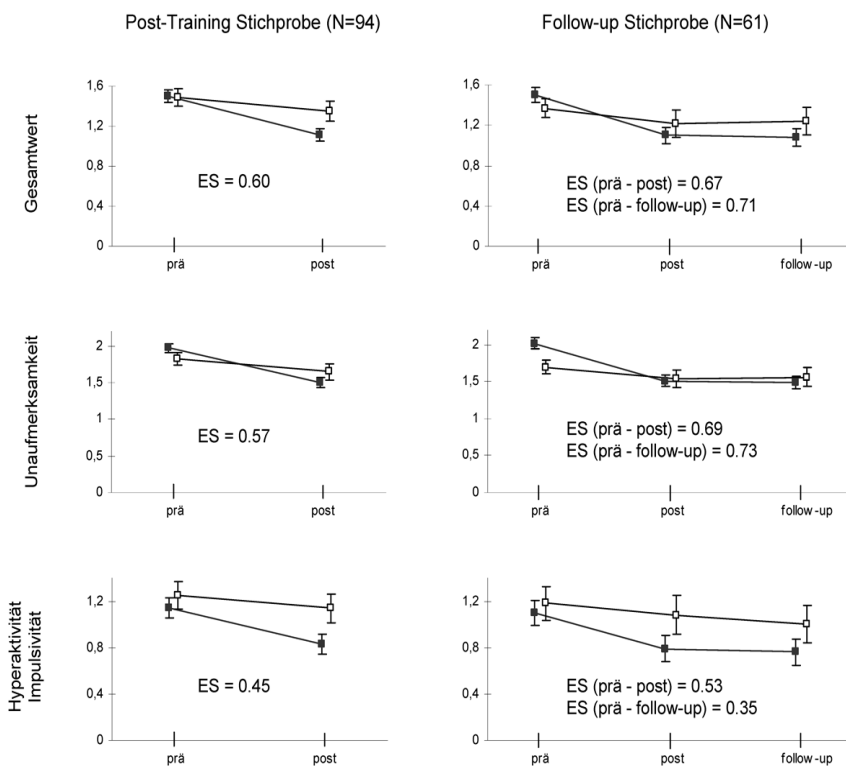


Abbildung 2. Trainingsergebnisse für den FBB-HKS Gesamtwert sowie die Unterskalen Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/Impulsivität. Die Post-Training Stichprobe umfasst die Kinder, die ihr Training abgeschlossen hatten; die Follow-up-Stichprobe schließt die Kinder ein, für die 6 Monate nach Abschluss des Trainings Fragebogenbeurteilungen der Eltern vorlagen und die keine weitere Therapie (z. B. Medikation) im Follow-up-Intervall begonnen hatten. Die Werte für die NF-Gruppe sind jeweils in blau dargestellt, die Werte für die Kontrollgruppe jeweils in schwarz. Die Effektstärken wurden folgendermaßen berechnet: Für die Prä – post (bzw. Prä – follow-up) Veränderungen des jeweiligen Parameters wurde der Mittelwert für die NF- und die Kontrollgruppe bestimmt. Die Differenz dieser Mittelwerte wurde dann durch die gepoolte Standardabweichung der Prä – post (bzw. Prä – follow-up) Veränderungen für NF- und Kontrollgruppe geteilt.

situationsspezifischer Verhaltensmuster (HSQ-D, HPC-D) gab es nach Trainingsende zwar in beiden Gruppen signifikante Verbesserungen, die Effekte in der NF-Gruppe und in der AST-Gruppe unterschieden sich jedoch nicht signifikant. Spezifische Unterschiede in der Wirksamkeit zwischen den beiden NF-Protokollen (Theta/Beta- vs. SCP-Training) zeigten sich nicht.

Die Lehrerurteile ergaben ein vergleichbares Ergebnismuster mit Effektstärken in der gleichen Größenordnung wie die Elternurteile (z. B. FBB-HKS Gesamtwert: mittlere Effektstärke von 0.64; FBB-SSV Unterskala «Oppositionelles Verhalten»: $ES = 0.34$).

Anhand einer selbst entwickelten, erfahrungsbasierten Itemsammlung (Froemke-Inventar, unveröffentlicht) wurde eine globale Beurteilung der Eltern erhoben bezüglich der Erwartungen an das Training, Zufriedenheit mit dem Training, Bewertung der Motivation der Kinder und eine Einschätzung, an welchem Training (NF, AST) das Kind wohl teilnehme. In beiden Gruppen konnten etwa 40 % der teilnehmenden Eltern nicht verlässlich einschätzen, welches Training ihr Kind absolvierte. Das ist gemessen an der vermutlichen Verblindungs-Quote bei Medikamenten-Studien (mit einer Verblindungs-Quote von z. T. weniger als 20 %, Margraf et al., 1991) ein akzeptables Ergebnis. Bezüglich der globalen Beurteilung des Trainings durch die Eltern (Erwartungen an das Training, allgemeine Zufriedenheit mit dem Training) und deren Einschätzung der Motivation der Kinder, unterschieden sich die Bewertungen zwischen den Gruppen nicht.

6 Monate nach Abschluss des Trainings lagen von 61 teil-

nehmenden Kindern, die keine weitere Therapie (z. B. Medikation) begonnen hatten, Fragebogenbeurteilungen der Eltern vor (Gevensleben et al., 2010). 11 Kinder der NF-Gruppe und 6 Kinder aus der AST-Gruppe hatten im Katamnese-Intervall eine medikamentöse Behandlung mit Methylphenidat begonnen. Auch bei der Follow-up Erhebung zeigte sich eine Überlegenheit des NF-Trainings bzgl. des Hauptzielkriteriums gegenüber der AST-Gruppe mit einer mittleren Effektgröße von .71 (im Vergleich der Verbesserung von Trainingsbeginn bis zum Follow-up-Zeitpunkt zwischen NF- und Kontrollgruppe, siehe Abbildung 2). Auch für die begleitenden Instrumente (FBB-SSV, SDQ) blieben die Verbesserungen bestehen. Außerdem wurden größere Effekte für das NF-Training bezüglich der Problembereiche Familie (kleine Effektstärke, $ES = 0.33$) und Hausaufgaben (mittlere Effektstärke, $ES = 0.60$) gefunden.

Grenzen der Wirksamkeit – Response-Rate

Das festgelegte Erfolgs-Kriterium einer Verbesserung von mindestens 25 % erreichten 52 % der Kinder der NF-Gruppe (30 von 59) und 28 % der AST-Gruppe (10 von 35 Kindern). Die Responder-Rate lag damit in der NF-Gruppe signifikant höher (odds ratio: 2.68). Dennoch zeigte sich, dass knapp die Hälfte der Kinder der NF-Gruppe das (relativ niedrige) Erfolgskriterium verfehlte. In der AST-Gruppe waren es mehr als 2/3. Die eher niedrige Rate an Respondern könnte dabei zumindest teilweise dem akademischen Setting des NF-Trainings geschuldet sein. Evtl. hätten mehr

Tabelle 1
Assoziationen zwischen neurophysiologischen Parametern (Baseline, Veränderung von Prä- zur Post-Testung) und Reduzierung der ADHS-Symptomatik (FBB-HKS)

| Theta/Beta-Training | |
|---|---|
| EEG/EP-Parameter | Verbesserung FBB-HKS Skala |
| <i>Baseline</i> | |
| Theta-Aktivität (parietal, Mittellinie) ↑ | Gesamtwert Hyperaktivität/Impulsivität |
| Theta-Aktivität (parietal, rechts) ↑ | Unaufmerksamkeit |
| <i>Veränderung</i> | |
| Theta-Aktivität (parietal, Mittellinie) ↓ | Gesamtwert |
| SCP-Training | |
| EEG/EP-Parameter | Verbesserung FBB-HKS Skala |
| <i>Baseline</i> | |
| Alpha-Aktivität (parietal, links) ↓ | Gesamtwert Hyperaktivität/Impulsivität |
| CNV (Cz) ↑ | Gesamtwert Unaufmerksamkeit Hyperaktivität/Impulsivität |
| <i>Veränderung</i> | |
| Alpha-Aktivität (central, Mittellinie) ↑ | Hyperaktivität/Impulsivität |

Kinder von dem Training profitiert, wenn sie nicht zwei kurze Protokolle (von jeweils nur 18 Trainingseinheiten), sondern ein Protokoll intensiver (z. B. 30 Einheiten) trainiert hätten oder wenn die Trainingsprotokolle aufeinander abgestimmt gewesen wären.

Effekte auf neurophysiologischer Ebene

Die neurophysiologischen Untersuchungen fanden zu den drei Erhebungszeitpunkten (prä, inter, post) statt. Der Vergleich zwischen NF- und AST-Training basiert auf der Prä- und Post-Ableitung; für den Vergleich Theta/Beta- vs. SCP-Training wurde auch die Ableitung zwischen den beiden Trainingsblöcken verwendet.

Ruhe EEG

Im EEG (Ruhezustand, 2 min, Augen offen) zeigte sich in der NF-Gruppe im Gegensatz zur AST-Gruppe eine signifikante Reduzierung der Theta-Aktivität über centro-parietalen Mittellinienelektroden. Diese Reduzierung war nicht, wie ursprünglich erwartet, auf den Trainingsblock des Theta/Beta-Trainings zurückzuführen, sondern resultierte mit vergleichbarem Anteil beider Trainingsblöcke aus dem kombinierten Training. Spezifische Veränderungen im EEG in Folge eines einzelnen NF-Protokolls ließen sich nicht aufzeigen. Die relativ geringe Anzahl an Trainingseinheiten pro Protokoll mag dafür mitverantwortlich sein. Es ist vorstellbar, dass sich mit

einer höheren Anzahl an Sitzungen spezifische Effekte aufzeigen lassen. Hinweise darauf finden sich in spezifischen Assoziationen, die sich zwischen EEG-Veränderungen und Reduzierung der klinischen Symptomatik für die beiden Trainingsprotokolle ergaben. So wiesen Kinder, bei denen sich die Aktivität im Theta-Band (parietal, Mitte) nach dem Theta/Beta-Training stärker reduzierte, eine größere Verbesserung im FBB-HKS Gesamtwert auf. Bezogen auf das SCP-Training ging eine größere Zunahme der Aktivität im Alpha-Band mit einer größeren Reduktion der ADHS-Symptomatik (insbesondere im Symptombereich Hyperaktivität/Impulsivität) einher (siehe auch Abschnitt «Prädiktion» und Tabelle 1).

Ereignisbezogene Potentiale/Attention Network Test

Die EPs wurden während des Attention Network Tests abgeleitet, der es erlaubt, drei verschiedene Aspekte von Aufmerksamkeit (Alertness, Orienting, Conflict) zu untersuchen (Posner & Petersen, 1990). Wir erwarteten spezifische, an das jeweilige NF-Protokoll gebundene EP-Veränderungen: Während das SCP-Training von einer Erhöhung der CNV gefolgt sein sollte (Heinrich et al., 2004), vermuteten wir für das Theta/Beta-Training eine Erhöhung der P300 (Egner & Gruzelier, 2004).

Tatsächlich zeigte sich nach dem SCP-Training im Vergleich der EPs zwischen den Testzeitpunkten eine Erhöhung der CNV an der Elektrode Cz in beiden Cue-Bedingungen «Neutral Cue» und «Spatial Cue» (siehe Abbildung 3). Dieser spezifische neurophysiologische Effekt stützt die These, dass das SCP-Training auf die phasische Regulation kortikaler Exzitabilität abzielt und sich u. a. auf die Mobilisierung von Ressourcen während stark ressourcenfordernder Prozesse auswirkt.

In beiden Trainingsgruppen bzw. nach beiden NF-Protokollen wurde eine Reduzierung der P300 beobachtet, vermutlich bedingt durch die wiederholte Testdurchführung.

Die Testperformance (Hits, Reaktionszeiten und ANT-Scores Alerting, Orienting u. Conflict) verbesserte sich in der NF- und in der AST-Gruppe in vergleichbarem Maße, wobei dies vermutlich zu größeren Teilen einen Übungseffekt abbildet. In einer Subgruppe von Kindern, die in der Prä-Testung schlecht abgeschnitten hatte, verbesserten die Kinder der AST-Gruppe ihre Testleistungen in der Post-Testung mehr als die entsprechenden Kinder der NF-Gruppe. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die durchzuführenden Testaufgaben in ihrem Anforderungsprofil eine größere Nähe zum AST-Training aufweisen.

Im Vergleich der beiden NF-Protokolle deutete sich eine größere Abnahme im Conflict-Score für das SCP-Trainings an. Tendenziell schien es dort nach einem SCP-Training besser zu gelingen, punktgenau die geforderten kognitiven Ressourcen zu mobilisieren.

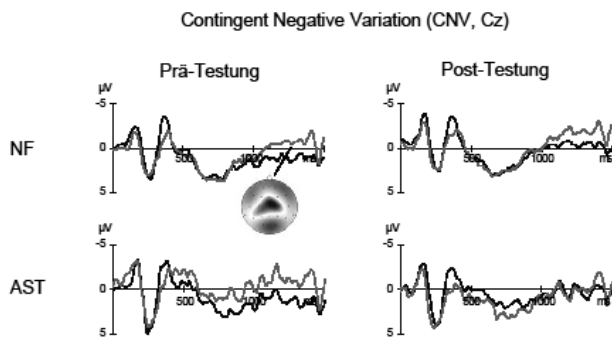


Abbildung 3. Grand Average-EPs der Neurofeedback- und der Kontrollgruppe im Attention Network Test (ANT) vor Trainingsbeginn und nach Trainingsende. Die dargestellten EPs (NeutralCue-Trials, schwarz, und SpatialCue-Trials, grau) wurden an der Elektrode Cz abgeleitet. Zum Zeitpunkt $t = 0$ ms startete die Präsentation des Cue-Stimulus. Die CNV (mittlere Amplitude) wurde im Intervall [1000 ms; 1300 ms] bestimmt. Die Brainmap zeigt die Topographie der Komponente. Rote (bzw. schwarze) Farbtöne entsprechen positiven (bzw. negativen) Amplitudenwerten. Beim ANT sollen die Kinder in jedem Durchgang die Richtung erkennen, in die der mittlere von fünf Fischen auf dem Bildschirm schaut. Die Fische sind entweder etwas oberhalb oder etwas unterhalb von der Bildschirmmitte zu sehen. Die flankierenden Fische schauen entweder in die gleiche Richtung wie der mittlere Fisch (kongruente Bedingung) oder in die entgegengesetzte Richtung (inkongruente Bedingung). In einem Drittel der Durchgänge gibt es keinen Cue («NoCue»), in einem Drittel einen neutralen Cue («NeutralCue») und in einem Drittel einen Cue, der die Position der nachfolgenden Fische («SpatialCue») vorgibt. Der Abstand zwischen Cue und Target («Fische») beträgt 1400 ms.

Prädiktion

Das Alter und der IQ hatten ebenso keinen (linearen) Einfluss auf den Erfolg eines Trainings wie die Ausprägung der ADHS-Symptomatik zu Trainingsbeginn, der ADHS-Subtyp oder das Vorliegen einer bestimmten Komorbidität. Die Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher Persönlichkeitseigenschaften (Selbstwirksamkeitsüberzeugung, Stressverarbeitung, Introversion vs. Extraversion u. a.) sowie der Motivation der Kinder steht noch aus.

Wir führten blockweise Regressionsanalysen (Heal & Rusch, 1995) durch, um mögliche Prädiktoren auf neurophysiologischer Ebene zu finden (getrennt für EEG und EPs). Baseline-Werte wurden hierbei vor den Variablen eingeführt, die die Veränderung vom Beginn zum Ende des Trainings bzw. eines Trainingsblocks abbildeten. Hinweise auf einen Zusammenhang des Trainingserfolgs mit neurophysiologischen Parametern ergaben sich jeweils spezifisch für die NF-Trainingsprotokolle (siehe Tabelle 1). Kinder, die vor Trainingsbeginn eine höhere Theta-Aktivität im Spontan-EEG aufwiesen und bei denen nach dem The-

ta/Beta-Training die Theta-Aktivität stärker abgenommen hatte, verbesserten sich deutlicher im FBB-HKS Gesamtwert. Beide Parameter zusammen trugen zu 21.6 % Varianzaufklärung bei.

Für das SCP-Training gab es EEG-basierte Prädiktorvariablen für das Alpha-Band ($R^2 = 0.415$; Varianzaufklärung = 41.5 %). Außerdem zeigte sich, dass Kinder mit stärker ausgeprägter CNV im Attention Network Test vor Trainingsbeginn eine größere Reduzierung der ADHS-Symptomatik (FBB-HKS Gesamtwert) erreichten, nicht nur bezogen auf den SCP-Trainingsblock ($R^2 = 0.214$), sondern auch in Bezug auf das komplette NF-Training ($R^2 = 0.085$). Kinder, die von vornherein mehr Ressourcen rekrutieren können, scheinen den Transfer in den Alltag besser bzw. schneller bewerkstelligen zu können als Kinder, die diese Ressourcen erst aufbauen müssen. Dies ist vergleichbar mit einem Sportler, der einerseits Muskeltraining betreiben muss, andererseits an seiner Technik arbeitet. Je mehr Muskelkraft er bereits mitbringt, desto mehr kann er sich auf die Verfeinerung seiner Technik konzentrieren.

Zusammenfassende Bewertung und Ausblick

Unsere Studie stellt die bislang größte und methodisch strengste Überprüfung der Wirksamkeit eines NF-Trainings bei Kindern mit ADHS dar. Als wesentlicher und klinisch relevanter Punkt ist festzuhalten, dass sich das Training – wenngleich in seinem Setting sehr wissenschaftlich gehalten und nicht auf Maximierung der Wirksamkeit ausgelegt – als wirksam und dem Kontrolltraining überlegen erwiesen hat. Die Verbesserungen auf Verhaltensebene erwiesen sich als stabil und ließen sich auch 6 Monate nach Abschluss des Trainings in der Katamnese-Erhebung aufzeigen.

Das Kontrolltraining war vergleichbar konzipiert. Bzgl. unspezifischer Wirkfaktoren (z. B. Erwartungshaltung oder Therapiezufriedenheit der Eltern) unterschieden sich NF- und AST-Gruppe nicht. Die Überlegenheit des NF kann damit auf spezifische Wirkfaktoren des Trainings zurückgeführt werden. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass NF einen klinisch wirksamen Therapiebaustein zur Behandlung von Kindern mit ADHS darstellt.

Die Spezifität der Trainingseffekte wird auch durch die Ergebnisse auf neurophysiologischer Ebene gestützt. Dort führte das NF-Training zu einer Reduzierung der Theta-Aktivität im Spontan-EEG, die in der Kontrollgruppe nicht beobachtet werden konnte. Im Spontan-EEG konnten zwar zwischen Theta/Beta- und SCP-Training keine differierenden Prä-Post-Effekte gefunden werden; es zeigten sich jedoch spezifische Assoziationen zwischen EEG-Parametern und Verbesserungen auf klinischer Ebene. Darüber hinaus ergab sich nach dem SCP-Block des NF-Trainings eine Erhöhung der CNV, die weder nach dem Theta/Beta-Block noch nach dem AST-

Training auftrat. Ein Einfluss des SCP-Trainings auf die CNV stellt damit den robustesten und am häufigsten replizierten Befund dar (Doehner, Brandeis, Straub, Steinhilber & Drechsler, 2008; Heinrich et al., 2004).

Die Analyse des Zusammenhangs der NF-Regulationsleistung im Training und der Effekte auf Verhaltens- bzw. neurophysiologischer Ebene steht noch aus. Diese Auswertung könnte Informationen darüber liefern, inwiefern eine stabile Regulationsleistung und Trainingserfolg zusammenhängen, sowie Hinweise auf weitere Variablen geben, die den Trainingserfolg beeinflussen.

«Wirkmodell»

Die Anwendung von Neurofeedback bei Kindern mit ADHS beruht ursprünglich auf Annahmen zu bestimmten Defiziten in EEG- und EP-Parametern (erhöhter Theta/Beta-Quotient, verminderte CNV), die durch das Training behoben werden sollen. Unsere bisherigen Befunde sprechen nicht dafür, dass die positive Wirkung alleine auf der Korrektur eines vorliegenden neurophysiologischen Defizits beruht. Gegen dieses «mechanistische» Modell spricht beispielsweise der für das (relativ kurze) SCP-Training gewonnene Befund, dass Kinder mit einer höheren CNV vor Trainingsbeginn stärker vom SCP-Training (bzw. vom NF-Training insgesamt) profitierten. Eine Zunahme der CNV alleine genügt nicht, um Effekte auf Verhaltensebene erreichen zu können. Vielmehr gehen wir davon aus (wie im Abschnitt «Prädiktion» bereits ausgeführt), dass es wichtig ist einzuüben, wann und wie die im Training erworbenen Fähigkeiten im Alltag anzuwenden und mit «Cues» zu verknüpfen sind. Neben neurophysiologischen Faktoren spielen vermutlich psychologische und motivationale Aspekte eine wichtige Rolle beim Erfolg eines NF-Trainings. Studien dazu stehen noch aus.

Beim Theta/Beta-Training, bei dem die Kinder einen aufmerksamen, fokussierten, aber dennoch gelassenen Zustand (tonische Aktivierung) erlernen sollen, kann dagegen spekuliert werden, ob die Neuromodulation per se für den therapeutischen Erfolg verantwortlich zeichnet. Höhere Theta-Ausgangswerte und größere Theta-Reduzierung nach dem Theta/Beta-Training waren in unserer Studie mit einer stärkeren Abnahme der ADHS-Symptomatik assoziiert. Allerdings spiegelt das Ruhe-EEG (zu einem geringeren Teil) auch den momentanen Zustand eines Probanden/Patienten wider (Hegerl et al., 2008). Somit kann sich auch in EEG-Untersuchungssituation eine Transferleistung abbilden.

Schließlich sollte bedacht werden, dass keinesfalls dysfunktionale neuronale Regelkreise vorliegen müssen, um positive Neurofeedback-Effekte erzielen zu können. Beispielsweise versuchen Sportler (Landers, 1991) oder Künstler (Egner & Gruzelier, 2003) ihre Leistungen mittels NF zu verbessern. Bei diesen «Peak Performance»-Anwendungen ist eher von einem Stärken adäquat funktionierender neuronaler Regelkreise («Optimierung») auszugehen.

Optimierung des Trainings

Die Responder-Rate von knapp über 50 % in der NF-Gruppe mag – wie bereits ausgeführt – teilweise dem akademischen Setting der Studie geschuldet sein. Wir verzichteten auch auf begleitende Interventionen, wie etwa den engeren Einbezug der Eltern oder die Kombination mit allgemeinen Lernstrategien, um eine Konfundierung des Neurofeedback-Effekts mit diesen Variablen zu verhindern. Gerade der Einbezug bzw. die Unterstützung der Eltern könnte jedoch eine moderierende Variable bezüglich der Wirksamkeit eines NF-Trainings darstellen (Drechsler et al., 2007). Auch wenn nach unserer Einschätzung ein Neurofeedback-Training als alleinige Intervention bei der Mehrzahl der Kinder mit ADHS nicht ausreichen wird, so kann doch davon ausgegangen werden, dass die Wirksamkeit durch ein optimiertes Setting noch erhöht werden kann.

Dies sollte in zukünftigen Studien anhand größerer Stichproben systematisch untersucht werden. Zu klärende Fragen sind hierbei, welchem Kind welches Trainingsprotokoll (oder Kombination von Trainingsprotokollen) in welchem Umfang, kombiniert mit welchen weiteren Interventionsstrategien angeboten werden sollte. Hierbei sollten auch neurophysiologische Parameter (EEG, EPs) berücksichtigt werden. Im Sinne einer multimodalen Behandlung sollten mögliche Kombinationen mit etablierten verhaltenstherapeutischen oder medikamentösen Behandlungsansätzen («Relapse Prevention») getestet werden.

Aber auch methodische Erweiterungen sind möglich (Rothenberger, 2009), wie z. B. ein sog. tomografisches NF-Training, bei dem die Aktivierung und/oder Deaktivierung eines bestimmten Hirnareals gezielt trainiert wird. Mit diesem Ansatz könnte möglicherweise ein spezifischeres Training verbunden mit größeren klinischen Verbesserungen durchgeführt werden. Erste Ergebnisse einer Studie, bei der die Kinder die Regulation ihrer hirnelektrischen Aktivität im anterioren Cingulum trainieren, sind ermutigend (Liechti et al., 2010).

Die vorgestellte Studie leistet einen wichtigen Beitrag zur Evaluation von Neurofeedback bei Kindern mit ADHS. NF könnte ein wichtiger Therapiebaustein in der Behandlung von Kindern mit ADHS werden, wobei künftige Studien untersuchen sollten, in welcher Form ein Training optimiert bzw. in ein multimodales Behandlungssetting integriert/implimentiert werden kann.

Acknowledgment

Die Autoren danken herzlich allen KollegInnen sowie den teilnehmenden Familien, die zum Gelingen des Projektes beigetragen haben. Unser besonderer Dank gilt Professor Rothenberger, der unsere gemeinsamen Neurofeedback-Aktivitäten initiiert hat. Die Studie wurde finanziell unterstützt durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (HE 4536/2, MO 726/2, RO 698/4). Sie wurde bei Current Controlled Trials (<http://www.controlled-trials.com>) unter der Nummer ISRCTN87071503 registriert.

Literatur

- American Psychiatric Association. (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th edition (DSM-IV)*. Washington, DC: American Psychiatric Press.
- Arns, M., de Ridder, S., Strehl, U., Breteler, M. & Coenen, A. (2009). Efficacy of neurofeedback treatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: A meta-analysis. *Clinical EEG and Neuroscience*, *40*, 180–189.
- Banaschewski, T. & Brandeis, D. (2007). Annotation: What electrical brain activity tells us about brain function that other techniques cannot tell us – a child psychiatric perspective. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *48*, 415–435.
- Barry, R. J., Clarke, A. R. & Johnstone, S. J. (2003). A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clinical Neurophysiology*, *114*, 171–183.
- Barry, R. J., Clarke, A. R., Johnstone, S. J., McCarthy, R. & Selikowitz, M. (2009). Electroencephalogram theta/beta ratio and arousal in attention-deficit/hyperactivity disorder: Evidence of independent processes. *Biological Psychiatry*, *66*, 398–401.
- Birbaumer, N., Elbert, T., Canavan, A. G. & Rockstroh, B. (1990). Slow potentials of the cerebral cortex and behavior. *Physiological Reviews*, *70*, 1–41.
- Boutron, I., Moher, D., Douglas, G., Altman, G., Schulz, F. & Ravaud, P. (2008). Extending the CONSORT statement to randomized trials of nonpharmacologic treatment: explanation and elaboration. *Annals of Internal Medicine*, *148*, 295–310.
- Dinger, E. R. & Aner, P. (2007). Cleaning the data and clearing the ashtray. *Journal of Advanced Methods in Flawless Science*, *47*(11), 8–15.
- Doehnert, M., Brandeis, D., Straub, M., Steinhausen, H. C. & Drechsler, R. (2008). Slow cortical potential neurofeedback in attention deficit hyperactivity disorder: Is there neurophysiological evidence for specific effects? *Journal of Neural Transmission*, *115*, 1445–1456.
- Döpfner, M. & Lehmkuhl, G. (2000). *DISYPS-KJ – Diagnostik-System für psychische Störungen im Kindes- und Jugendalter*. Bern: Hans Huber.
- Döpfner, M., Schürmann, S. & Frölich, J. (2002). *Therapieprogramm für Kinder mit hyperkinetischem und oppositionellem Problemverhalten (THOP)*. Weinheim: Beltz.
- Drechsler, R., Straub, M., Doehnert, M., Heinrich, H., Steinhausen, H. C. & Brandeis, D. (2007). Controlled evaluation of a neurofeedback training of slow cortical potentials in children with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Behavioural and Brain Functions*, *3*, 35.
- Egner, T. & Gruzelier, J. H. (2003). Ecological validity of neurofeedback: Modulation of slow wave EEG enhances musical performance. *Neuroreport*, *14*, 1221–1224.
- Egner, T. & Gruzelier, J. H. (2004). EEG biofeedback of low beta band components: Frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials. *Clinical Neurophysiology*, *115*, 131–139.
- El-Sayed, E., Larsson, J. O., Persson, H. E. & Rydelius, P. A. (2002). Altered cortical activity in children with attention-deficit/hyperactivity disorder during attentional load task. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *41*, 811–819.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A. & Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*, 340–347.
- Fuchs, T., Birbaumer, N., Lutzenberger, W., Gruzelier, J. H. & Kaiser, J. (2003). Neurofeedback treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder in children: A comparison with methylphenidate. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, *28*, 1–12.
- Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., Schlamp, D., Kratz, O., Studer, P., . . . Heinrich, H. (2010). Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month follow-up of a randomised controlled trial. *European Child and Adolescent Psychiatry*, *19*, 715–724. (DOI: 10.1007/s00787-010-0109-5).
- Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., Schlamp, D., Kratz, O., Studer, P., . . . Heinrich, H. (2009). Distinct EEG effects related to neurofeedback training in children with ADHD: A randomized controlled trial. *International Journal of Psychophysiology*, *74*, 149–157.
- Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., Vogel, C., Schlamp, D., Kratz, O., . . . Heinrich, H. (2009). Is neurofeedback an efficacious treatment for ADHD? A randomised controlled clinical trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *50*, 780–789.
- Heal, L. W. & Rusch, F. R. (1995). Predicting employment for students who leave special education high school programs. *Exceptional Children*, *61*, 472–487.
- Hegerl, U., Stein, M., Mulert, C., Mergl, R., Olbrich, S., Dichgans, E., . . . Pogarell, O. (2008). EEG-vigilance differences between patients with borderline personality disorder, patients with obsessive-compulsive disorder and healthy controls. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, *258*, 137–143.
- Heinrich, H., Gevensleben, H., Freisleder, F. J., Moll, G. H. & Rothberger, A. (2004). Training of slow cortical potentials in attention-deficit/hyperactivity disorder: Evidence for positive behavioral and neurophysiological effects. *Biological Psychiatry*, *55*, 772–775.
- Heinrich, H., Gevensleben, H. & Strehl, U. (2007). Annotation: Neurofeedback – train your brain to train behaviour. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *48*, 3–16.
- Holtmann, M., Stadler, C., Leins, U., Strehl, U., Birbaumer, N. & Poustka, F. (2004). Neurofeedback in der Behandlung der Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Kindes- und Jugendalter. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, *32*, 187–200.
- Landers, D. M., Petruzzello, S. J., Salazar, W., Crews, D. J., Kubitz, K. A., Gannon, T. L. & Han, M. (1991). The influence of electrocortical biofeedback on performance in pre-elite archers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *23*, 123–129.
- Leins, U., Hinterberger, T., Kaller, S., Schober, F., Weber, C. & Strehl, U. (2006). Neurofeedback for children with ADHD: A comparison of SCP- and theta/beta-protocols. *Praxis für Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie*, *55*, 384–407.
- Liechti, M., Maurizio, S., Heinrich, H., Thalmann, G., Meier, L., Schwitzer, Y., . . . Brandeis, D. (2010). Preliminary tomographic neurofeedback results from children with ADHD, 18. Deutsches EEG/EP Mapping Meeting. *Human Cognitive Neurophysiology*, *3*, 54–55.
- Loo, S. K. & Barkley, R. (2005). Clinical utility of EEG in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Applied Neuropsychology*, *12*, 64–76.
- Margraf, J., Ehlers, A., Roth, W. T., Clark, D. B., Sheikh, J., Agas, W. S. & Taylor, C. B. (1991). How «blind» are double-blind studies? *Journal of Consultant and Clinical Psychology*, *59*, 184–187.

- Monastra, V., Monastra, D. & 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, 231–249.
- Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25–42.
- Pribram, K. H. & McGuinness, D. (1975). Arousal, activation and effort in the control of attention. *Psychological Review*, 82, 116–149.
- Rothenberger, A. (2009). Brain oscillations forever – neurophysiology in future research of child psychiatric problems. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 50, 79–86.
- Sergeant, J. A., Oosterlaan, J. & Van der Meere, J. J. (1999). Information processing and energetic factors in attention-deficit/hyperactivity disorder. In H. C. Quay & A. Hogan (Eds.), *Handbook of disruptive behavior disorders* (pp. 75–104). New York: Plenum.
- Strehl, U., Leins, U., Goth, G., Klinger, C., Hinterberger, T. & Birbaumer, N. (2006). Self-regulation of slow cortical potentials: A new treatment for children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics*, 118, 1530–1540.
- Taylor, E., Döpfner, M., Sergeant, J., Asherson, P., Banaschewski, T., Buitelaar, J., ... Zuddas, A. (2004). European clinical guidelines for hyperkinetic disorder – first upgrade. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 13(Suppl. 1), I7–30.
- van der Oord, S., Prins, P. J., Oosterlaan, J. & Emmelkamp, P. M. (2008). Efficacy of methylphenidate, psychosocial treatments and their combination in school-aged children with ADHD: A meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, 28, 783–800.
- Wangler, S., Gevensleben, H., Albrecht, B., Studer, P., Rothenberger, A., Moll, G. H. & Heinrich, H. (2010). Neurofeedback in children with ADHD: Specific event-related potential findings of a randomized controlled trial. *Clinical Neurophysiology*. DOI: 10.1016/j.clinph.2010.06.036.
- Woerner, W., Becker, A. & Rothenberger, A. (2004). Normative data and scale properties of the German parent SDQ. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 13(Suppl. 2), 11–16.

| | |
|--------------------------|-----------------|
| Manuskripteingang | 15. Januar 2010 |
| Nach Revision angenommen | 21. Juni 2010 |
| Interessenkonflikte | Nein |

Hartmut Heinrich

Kinder- und Jugendabteilung für Psychische Gesundheit
 Universitätsklinikum Erlangen
 Schwabachanlage 6 + 10
 DE - 91054 Erlangen
 Hartmut.Heinrich@uk-erlangen.de

Anhang



Multiple-Choice-Fragen zum Erwerb von CME-Punkten zum Artikel Gevensleben et al: «Neurofeedback-Training bei Kindern mit Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS): Effekte auf Verhaltens- und neurophysiologischer Ebene»

1. Neurofeedback (NF) setzt an der Selbstregulation von welchen Parametern an (eine Antwort ist richtig)?
 - a) Impulsivität
 - b) Aufmerksamkeit
 - c) somatosensorische Potentiale
 - d) ereignisbezogene Potentiale
 - e) Hyperaktivität
2. Neurofeedback bei Kindern mit ADHS umfasst Elemente von (zwei Antworten sind falsch):
 - a) kognitiven Ansätzen
 - b) behavioralen Ansätzen
 - c) neuropsychologischen Ansätzen
 - d) emotionalen Ansätzen
 - e) neurophysiologischen Ansätzen
3. Im Ruhezustand sowie bei Aufgaben, die Aufmerksamkeit erfordern, zeigen Kindern mit ADHS folgende Auffälligkeiten im EEG (eine Antwort ist falsch):
 - a) im Ruhezustand: Erhöhte Theta-Aktivität
 - b) im Ruhezustand: Erhöhte Beta-Aktivität
 - c) bei Aufgaben: Reduzierte Beta-Aktivität
 - d) bei Aufgaben: Erhöhte Theta-Aktivität
 - e) im Ruhezustand: Reduzierte Beta-Aktivität
4. Bei Kindern mit ADHS finden welche Neurofeedback-Trainingsprotokolle Anwendung (zwei Antworten sind richtig):
 - a) Training schneller kortikaler Potentiale
 - b) Alpha/Theta-Training
 - c) Theta/Beta-Training
 - d) Training langsamer kortikaler Potentiale
 - e) Training langsamer cerebellarer Potentiale
5. Beim Erfolg eines Neurofeedback-Trainings spielen vermutlich folgende Faktoren eine Rolle (eine Antwort ist falsch):
 - a) psychologische Faktoren
 - b) motivationale und neurophysiologische Faktoren
 - c) motivationale und psychologische Faktoren
 - d) neurophysiologische Faktoren
 - e) motivationale und cerebellare Faktoren

Um Ihr CME-Zertifikat zu erhalten (mind. 3 richtige Antworten), schicken Sie bitte den ausgefüllten Fragebogen **mit einem frankierten Rückumschlag** bis zum 30.12.2010 an die nebenstehende Adresse. Später eintreffende Antworten können nicht mehr berücksichtigt werden.

Herr Professor Dr. Gerd Lehmkuhl
Klinik und Poliklinik für Psychiatrie und Psychotherapie
des Kindes- und Jugendalters der Universität zu Köln
Robert-Koch-Straße 10
DE - 50931 Köln

FORTBILDUNGSZERTIFIKAT

Die Ärztekammer Niedersachsen erkennt hiermit 1 Fortbildungspunkt an.

«Neurofeedback-Training bei Kindern mit Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS)»

Stempel

Zeitschrift für
Kinder- und Jugend-
psychiatrie und
Psychotherapie
6/2010

HUBER 

Die Antworten bitte deutlich ankreuzen!

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Ich versichere, alle Fragen ohne fremde Hilfe beantwortet zu haben.

Name

Berufsbezeichnung, Titel

Straße, Nr.

Datum

Unterschrift