

- Rayon, R., Muthu, M. s., Chandrasekhar Rao, R. & Sivakumar, N. (2006). Evaluation of physiological and behavioral measures in relation to dental anxiety during sequential dental visits in children. *Indian Journal of Dental Research*, 17 (1), 27-34.
- Roberti, J. W., Storch, E. A. & Bravata, E. A. (2004). Sensation seeking, exposure to psychosocial stressors, and body modifications in a college population. *Personality and Individual Differences* (37), 1167-1177.
- Schandry, R. (2011). *Biologische Psychologie*. Weinheim: Beltz Verlag.
- Stirn, A., Hinz, A. & Brähler, E. (2006). Prevalence of tattooing and body piercing in Germany and perception of health, mental disorders, and sensation-seeking among tattooed and body-pierced individuals. *Journal of Psychosomatic Research* (60), 531-534.
- Tate, J. C. & Shelton, B. L. (2008). Personality correlates of tattooing and body piercing in a college sample: The kids are alright. *Personality and Individual Differences* (45), 281-285.
- Turk, D. C. (1993). Assess the Person, Not Just the Pain. *Pain: Clinical Updates*, 1 (3), 158.
- Ulich, D. & Mayring, P. (2003). *Psychologie der Emotionen* (Bd. 5). (M. von Salisch, H. Selg & D. Ulich, Hrsg.) Stuttgart: Kohlhammer.
- Wittchen, H.-U., & Hoyer, J. (2006). *Klinische Psychologie und Psychotherapie*. Heidelberg: Speinger Medizin Verlag.
- Wohlrab, S., Stahl, J., Rammsayer, T. & Kappeler, P. M. (2007). Differences in Personality Characteristics Between Body-Modified and Non-Modified Individuals: Associations With Individual Personality Traits and Their Possible Evolutionary Implications. *European Journal of Personality*, 21, 931-951.
- Wolff, K. (2011) Unterschiede im Schmerzerleben am Beispiel von Ängstlichkeit und Furcht. Diplomarbeit im Studiengang Psychologie der Technischen Universität Darmstadt
- World Health Organization. (2005). *Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit*. (D. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information, Hrsg.) Genf.
- Zuckerman, M. (1990). The Psychophysiology of Sensation Seeking. *Journal of Personality*, 58 (1), 313-345.

Adresse der Autorin:

Dipl.-Psych. Kerstin Wolff
 Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie
 des Kindes- und Jugendalters
 LVR-Klinik-Viersen
 Horionstr. 14, D-41749 Viersen
 Internet: www.klinik-viersen.lvr.de

Neurofeedback in der kinder- und jugendpsychiatrischen Behandlung

Anton Lindermüller, Oliver Pogarell &
 Daniel Keeser

Einleitung

Neurofeedback, auch als Neurotherapie oder EEG-Biofeedback bezeichnet, stellt eine Sonderform der Biofeedbacktherapie dar. Als Biofeedback (altgr. βίος *bios* „Leben“ und engl. *feedback* „Rückmeldung“) bezeichnet man die Methode, bei der biologische Parameter und deren Veränderungen, die der unmittelbaren Sinneswahrnehmung in der Regel nicht oder kaum zugänglich sind, mit technischen (meist elektronischen) Hilfsmitteln erfasst werden, um sie dann dem eigenen Bewusstsein zugänglich zu machen. Durch die Rückmeldung kann der Proband Veränderungen der biologischen Parameter erzielen. Das der Biofeedbacktherapie zugrundeliegende lerntheoretische Konzept ist die operante Konditionierung. Der Behandlungserfolg wird zudem durch das Prinzip der Selbstwirksamkeit erhöht (Bandura 1977).

Bereits im Jahre 1901 entwickelte der amerikanische Erfinder J. H. Blair ein Gerät, mit dem die Probanden lernen konnten, bestimmte Kopfmuskeln anzuspannen (Blair 1901). Die heutigen technischen Möglichkeiten erlauben uns zahlreiche biologische Parameter zu erfassen. Es werden unter anderem Muskelaktivität, die Analsphinkter-Aktivität, der Tonus der Beckenbodenmuskulatur, Hautleitfähigkeit, Hauttemperatur, der Arterien Durchmesser der Schläfenarterie, Atemfrequenz, Blutdruck, Herzfrequenz und die EEG-Aktivität gemessen und rückgemeldet. Moderne Biofeedback-Programme sind in der Lage unterschiedlichste Körpersignale zu erfassen und deren Aktivität über einen Computerbildschirm dem Probanden zurückzumelden.

Elektroenzephalogramm

Das Oberflächen elektroencephalogramm ist eine nichtinvasive Methode, welche die (bioelektrische) Aktivität des Gehirns misst. Sie wurde 1924 vom deutschen Psychiater Hans Berger an der Universität Jena entdeckt und 1929 veröffentlicht (Berger 1929).

Das menschliche Gehirn besteht aus ca. 100 Milliarden (10^{10} - 10^{12}) Nervenzellen, von denen sich die meisten in der Großhirnrinde und im Kleinhirn befinden. Jede einzelne Nervenzelle kann bis zu 10.000 Verbindungen zu anderen Nervenzellen haben, so dass wir auf eine Zahl von einer Trillion Synapsen kommen (Nunez & Srinivasan 2006). Die auf der Kopfhaut platzierten Oberflächen elektroden empfangen Potentiale aus kortikalen, nahe der Kopfoberfläche liegenden kortikalen Hirnbereichen. Als elektrische Potentialquellen für das Elektroenzephalogramm werden postsynaptische Potentiale (PSP), welche in exzitatorische postsynaptische Potentiale (EPSP) und inhibitorische postsynaptische Potentiale (IPSP) unterschieden werden, angenommen. Die PSPs erzeugen Summenpotentiale welche an der Kortexoberfläche gemessen werden können. Sie sind die Basis des Elektroenzephalogramms (Caspers & Speckmann 1970). Die folgende Abbildung zeigt, dass es auch noch andere Ursachen für bioelektrische Potentiale im Gehirn gibt. Für die niedrigen Frequenzen ist die Blutzirkulation des Zentralnervensystems verantwortlich.

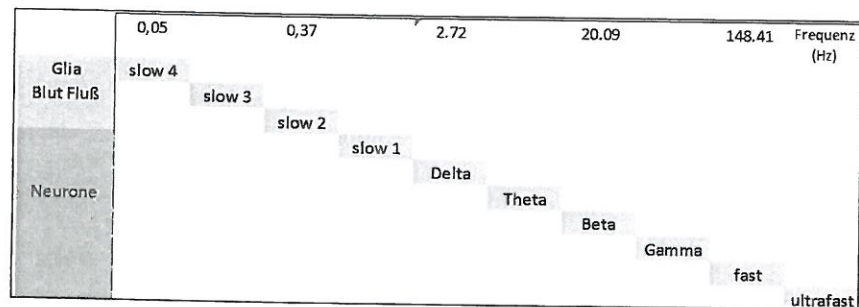


Abb. 1: Ursprung der messbaren Frequenzen

Im Vergleich zu anderen Techniken zur Bestimmung von Hirnaktivität (z.B. funktionelle Magnetresonanztomographie – fMRT) ist der Geräte- und Kostenaufwand bei der EEG-Ableitung relativ gering. Zudem bieten EEG-Messungen den Vorteil einer sehr hohen zeitlichen Auflösung im Sub-Sekunden Bereich, welche von anderen bildgebenden Verfahren aktuell nicht erreicht werden kann.

Den Vorteilen stehen einige Nachteile gegenüber. Zu nennen ist z.B. die sehr kleine Signalamplitude des EEGs. So können viele verschiedene Störeinflüsse, welche sogar die Größenordnung des EEGs übersteigen, die Aufzeichnung beeinflussen. Die Artefakterkennung (u.a. Augenbewegung, Kopfbewegung) stellt deshalb eine notwendige Voraussetzung für die Durchführung einer fachgerechten EEG-Interpretation bzw. Benutzung des EEG-Signals zur Durchführung einer Neurofeedbackbehandlung dar. Ein weiterer Nachteil ist die schlechte räumliche Auflösung, die sich im Vergleich zum fMRT (Millimeterbereich) im Zentimeterbereich bewegt und sich auf kortikale Regionen beschränkt.

Obwohl die Indikationsstellung, Durchführung und Bewertung der Elektroenzephalographie Gegenstand der Facharztprüfung für Kinder- und Jugendpsychiatrie ist (Bundesärztekammer 2014), führt in der Praxis nur etwa jeder fünfte niedergelassene Facharzt für Kinder- und Jugendpsychiatrie selbst ein EEG durch.

Neurofeedback

Eine Neurofeedback-Anlage besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Ableite-Elektroden (entweder einzelne Elektroden oder mehrere Elektroden nach dem internationalen 10/20-System (Jaspers 1958))
- EEG-Verstärker
- Neurofeedbacksoftware
- Klientenbildschirm
- Therapeutenbildschirm

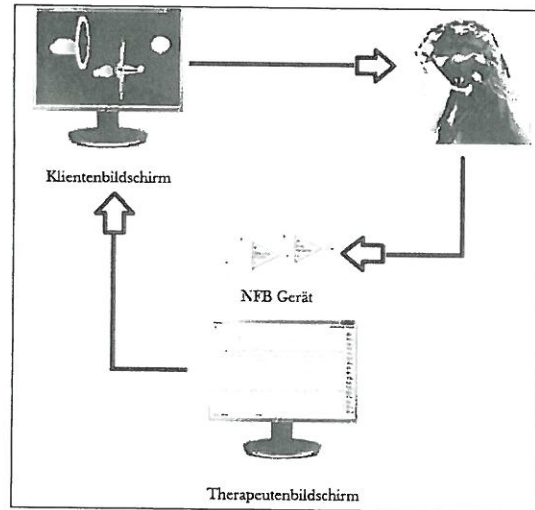


Abb. 2: Feedbackschleife am Beispiel Neurofeedback

Grundsätzlich ist der Ablauf einer Neurofeedbacktherapie ähnlich. Nach entsprechender multimodaler Vordiagnostik und Therapieplanerstellung werden dem Patienten in einer bequemen Sitzposition entweder einzelne oder eine Vielzahl von Elektroden auf der Schädeloberfläche platziert. Einzelelektroden werden in der Regel mit einer leitenden Haftpaste befestigt, mehrere Elektroden meist mit einer Haube nach dem internationalen 10/20-System (Jaspers 1958) (Abbildung 2). Nach Prüfung der Impedanzen gibt der Therapeut dem Klienten je nach Therapieschema entsprechende Instruktionen. Bei Kindern und Jugendlichen wird das Neurofeedback-Training häufig in Form eines Computerspiels durchgeführt. Dabei wird das Spiel nicht wie sonst üblich per Maus oder Joystick gesteuert, sondern über Veränderungen der elektrischen Gehirnaktivität. Bei einfachen Neurofeedbackspielen kann nur ein Parameter über die Gehirnaktivität gesteuert werden, bei komplexen Programmen sind es mehrere Parameter. Abbildung 3 zeigt ein Beispiel, bei dem ein Auto durch die Gehirnaktivität gesteuert wird. Parameter 1 (z.B. Erhöhung der Alpha-Aktivität) entspricht dem Gaspedal, während Parameter 2 (z.B. Erniedrigung der Theta-Aktivität) dem Lenkrad entspricht. Muskelartefakte frieren das Bild ein.

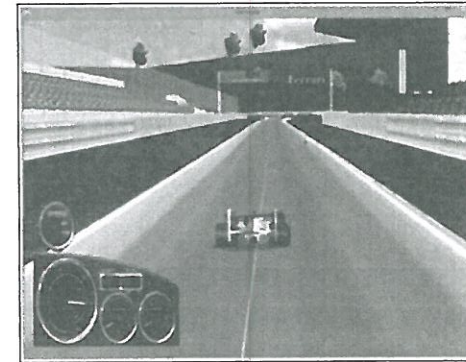


Abb. 3: Klientenbildschirm (Beispiel: Deymed Diagnostic)

Eine andere Möglichkeit eine Rückmeldung über die gewünschten Veränderungen der Gehirnaktivität zu geben, ist das akustische Feedback (Beispielsweise Veränderung der Lautstärke oder Frequenz) oder das optische Feedback (eine Filmsequenz verändert sich in Helligkeit, Größe oder Auflösung je nach Veränderung der Zielgröße). Indem der Klient eine sofortige Rückmeldung über das Erreichen bzw. nicht-Erreichen der vom Therapeuten gewählten Zielgröße erhält, lernt der Klient bzw. sein Gehirn entsprechende Veränderungen durch operante Konditionierung. Bei der operanten Konditionierung wird die Häufigkeit von ursprünglich spontanem Verhalten (beim Neurofeedback bestimmte EEG Parameter) durch entsprechende Rückmeldungen verändert. Durch positive Verstärkung wird die Auftretenswahrscheinlichkeit dieses Verhaltens erhöht.

Wichtig ist von Anfang an, dass der Therapeut auch Übungsdurchläufe ohne Rückmeldung in die Therapie einbaut, damit der Patient von Anfang an auf die Generalisierung in den Alltag ohne Therapeut und Neurofeedbackrückmeldung vorbereitet wird. Am Therapeutenbildschirm kann der Therapeut, wenn notwendig die Parameter ändern und den Therapieerfolg überprüfen (vgl. Abb. 8).

Abbildung 4 zeigt den Klientenbildschirm bei einem hochkomplexen Training eines neuronalen Netzwerks (Beispiel Aufmerksamkeitsnetzwerk). Ziel des Patienten ist es, die einzelnen Verbindungen entsprechend zu modifizieren.

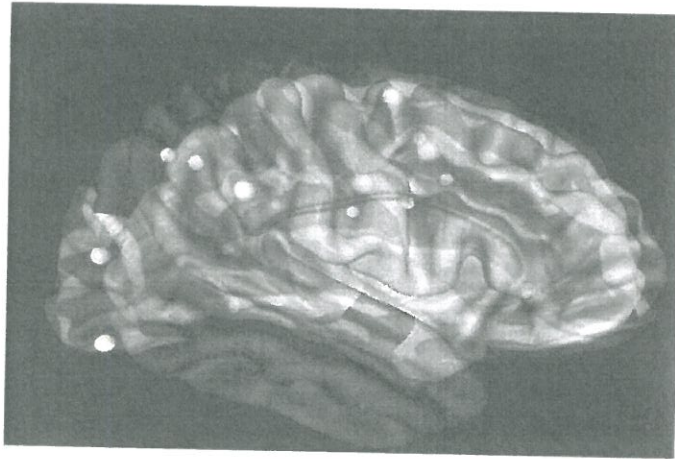


Abb. 4: Aufmerksamkeitsnetzwerk (Beispiel: Neuroguide)

ADHS ist eine der häufigsten psychischen Störungen des Kindesalters, die Prävalenz beträgt unter Zugrundelegung der ICD-10-Kriterien 3 – 5%, nach DSM-IV 6 – 12% (Biedermann 2005). Im Erwachsenenalter wird immer noch eine Prävalenz von 3,4 % angenommen (Fayyad 2007). Es liegt deshalb auch nahe, dass die meisten Arbeiten zum Thema Neurofeedback im Zusammenhang mit der Diagnose ADHS veröffentlicht wurden. Erst in letzter Zeit kamen auch andere Diagnosen dazu.

Neurofeedbackstudien können als randomisierte plazebokontrollierte Studien durchgeführt werden. Hierbei wird die echte Neurofeedbackbehandlung und die Plazebobehandlung randomisiert den Probanden oder Patienten zugewiesen. Dies kann z.B. in Form eines "cross-over" Designs durchgeführt werden. Beim Plazebo-Neurofeedback kann eine andere unspezifische Frequenz oder eine andere Gehirnregion trainiert werden. Eine andere Variante ist das Feedback zufällig zu geben oder das Feedback eines anderen Probanden zu benutzen. Grundsätzlich ist auch eine doppelte Verblindung möglich, dies schränkt aber die Möglichkeit notwendiger technischer oder anderer Intervention des Therapeuten aus.

Den Versuch einer Einteilung verschiedener Trainingsprogramme stellt folgende Übersicht dar:

Frequenzbandtraining

Das Frequenzbandtraining ist eines der ersten Verfahren des Neurofeedback. Nachdem Lubar dieses Verfahren erstmals veröffentlichte (Lubar 1976) wurden zahlreiche Trainingsprotokolle veröffentlicht. Beim sogenannten „Lubar-Protokoll“ (Lubar 1995) wird am Ableitpunkt Cz oder C3 die Theta-Aktivität (4-8 Hz) unterdrückt und die Beta-1-Aktivität (16 – 20 Hz) verstärkt. Dieses Protokoll wurde zur Behandlung des ADHS-Mischtypen entworfen. Dutzende wissenschaftliche Studien weisen auf ein verändertes quantitatives Spontan-EEG beim ADHS-Patienten im Vergleich zu alters- und geschlechtsgematchten Kontrollgruppen hin (Snyder & Hall 2006). Monastra zeigte, dass das Amplituden-Verhältnis bzw. die sog. Power-Ratio der Theta- und Beta-Frequenzbänder sich bei ADHS Kindern von denen einer Normalpopulation unterscheidet. Falls der Quotient Theta/Beta-Amplitude oder -Power mehr als 1,5 Standardabweichungen gegenüber dem Mittelwert der gleichaltrigen Normgruppe nach oben abweicht, kann ADHS mit einer 86-prozentigen Wahrscheinlichkeit diagnostiziert werden. Dabei wurden weniger als 2 % der mit dieser Diagnosemethode identifizierten Fälle falsch positiv diagnostiziert (Monastra 1999). Auch Barry fand bei ADHS-Kindern und Jugendlichen mehr absolute und relative Theta-Anteile und weniger Anteile schneller Frequenzen (Barry 2003). Bei Erwachsenen konnte Bresnahan et al. (1999) einen erhöhten Theta-Anteil nachweisen. Die Ergebnisse der Arbeitsgruppe um Barry und Clark weisen darauf hin, dass es verschiedene ADHS-Subtypen gibt, die sich vor allem elektrophysiologisch unterscheiden. Sie unterscheiden drei Subtypen die auch unterschiedlichen klinischen Subtypen zugeordnet werden konnten (Barry et al. 2003; Clarke et al. 2001, 2002).

Je nach elektrophysiologischem Subtyp wird das Neurofeedbacktraining entsprechend individuell angepasst. Wichtig ist hierbei zu betonen, dass nur dort, wo eine Korrelation zu den Symptomen besteht ein „abnormales“ EEG als auch ADHS-spezifisch betrachtet werden sollte, da ein „abnormales“ EEG alleine nicht unbedingt etwas mit den Symptomen zu tun haben muss.

Daraus haben sich verschiedene Trainingsprotokolle entwickelt, deren Effektivität in ersten Pilotstudien gezeigt werden konnte (Rossiter und LaVaque 1995, Othmer und Othmer 1992, Fuchs et al 2003).

Eine erste Metastudie aus dem Jahr 2009 (15 Studien mit 1194 Studienteilnehmern) kommt zu dem Ergebnis, dass ADHS wirksam mit Neurofeedback behandelt werden kann. In dieser Metastudie erreichten die Neurofeedbackgruppen im Vergleich zu den Kontrollgruppen eine mittlere bis hohe Effektstärke (ES) in Bezug auf die Kernsymptome Unaufmerksamkeit (ES 0.81)

und Impulsivität (ES 0.69) sowie eine mittlere ES in Bezug auf die Hyperaktivität (ES 0.40) (Martijn 2009). Acht Studien zur Wirksamkeit durch Neurofeedback wurden von Sonuge-Barke et al. (2002) analysiert, davon waren vier Studien verblindet. Obwohl unterschiedliche Trainingsprotokolle benutzt wurden, wird insgesamt ein signifikant positiver Behandlungseffekt berichtet. Allen Trainingsprotokollen gemeinsam ist, dass ein vorher bestimmtes Frequenzband trainiert wird. Welches Frequenzband trainiert wird, ist hängt von der ‚Schule‘ des jeweiligen Therapeuten aber auch von der technischen Voreinstellung der angebotenen Neurofeedbackgeräte ab, und weniger von der Validierung der unterschiedlichen Protokolle. Es fehlen bis heute leider auch unterschiedliche Protokolle vergleichende Studien (Strehl et al. 2010). „Die Auswahl der Trainingsparameter hängt eher von der Tradition des jeweiligen Labors oder den technischen Gegebenheiten ab“ (Strehl 2006)

Bemerkenswert ist, dass die ersten Veröffentlichungen zur Neurofeedbackbehandlung nicht das Thema ADHS betrafen, sondern sich mit Epilepsie beschäftigten. Sie gehen auf Stearman zurück, der erstmals die Behandlung von Krampfanfällen an einer Katze veröffentlichte (Stearman 1996). Diverse kontrollierte Studien mit Epilepsiepatienten konnten zeigen, dass SMR-Training, Beta-Training, Theta-Suppression und andere Protokolle bei der Epilepsiebehandlung wirksam sind (Rossiter 2004, 2005).

Neurofeedbacktraining auf Grundlage eines quantitativen EEGs (qEEG).

Die Einführung des quantitativen EEGs stellt einen Meilenstein in der Neurofeedbackbehandlung dar. In einer Metastudie (Snyder 2006), die 1498 Patienten aus 9 Studien umfasste, konnte gezeigt werden, dass durch quantitative EEG-Untersuchungen die Diagnose ADHS mit einer Sensitivität und Spezifität von 94 % vorhergesagt werden konnte. Dabei konnte neben einer erhöhten Theta/Beta-Ratio auch eine diesbezügliche Veränderung im Laufe der Entwicklung festgestellt werden. Wie in anderen Bereichen der Medizin wurden Normen, in diesem Fall für Frequenzen, Phasenverzögerung, Kohärenzen und Lokalisationen ermittelt, und geben dem Therapeuten wichtige Informationen, das Trainingsprogramm entsprechend zu modifizieren (Budzinski et al 2008).

Normative Datenbanken müssen hohe Standards für die Neurofeedbackanwendung erfüllen. Thatcher (2009) fordert unter anderem definierte Ein/Ausschlusskriterien, adäquate Stichprobengröße je Altersgruppe, hohe technische Qualität bei der Datenerhebung, ausreichende Artefaktreduktion, Test-Re-

test-Reliabilität, Kreuz-Validierung der erhobenen Daten durch verschiedene Zentren, annähernd Gaußsche Verteilung sowie FDA-(Food and drug administration) Registrierung.

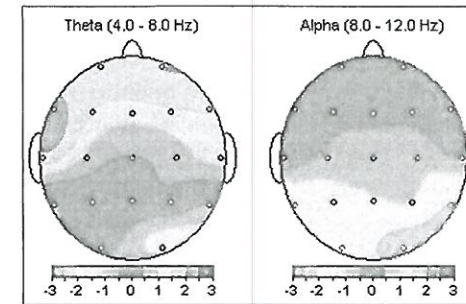


Abb. 5: qEEG (z-Wert Darstellung, frontal Theta Erhöhung – linkes Bild, posterior Alpha Erhöhung – rechtes Bild, jeweils ca. 3 Standardabweichungen, Originalabbildung in Farbe, Beispiel: Neuroguide)

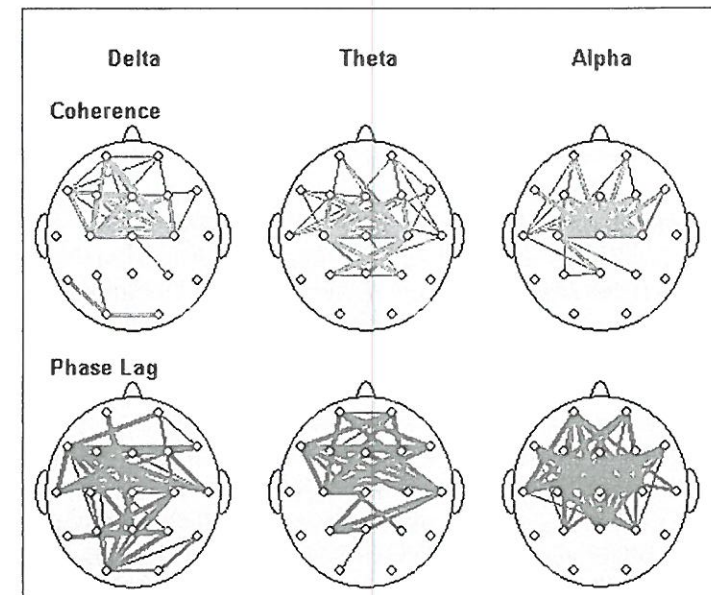


Abb. 6: qEEG, (Hypokohärenz – helle Linien, Phasen-Verzögerung erhöht – dunkle Linien erniedrigt, jeweils ca. 3 Standardabweichungen, Originalabbildung in Farbe, Beispiel: Neuroguide)

Walker (2011) konnte zeigen, dass ein auf Basis des qEEG erstelltes Neurofeedbacktraining bei Patienten mit Migraine in 89 % der Fälle eine signifikante Reduktion der Migräne-Anfälle erreicht werden konnte. Bei der Studie handelte es sich nicht um eine randomisierte, doppelblinde plazebokontrollierte Studie, trotzdem sind die Ergebnisse aufgrund des starken Effekts von klinischer Relevanz.

Breteler (2010) beschreiben den Einsatz des quantitativen EEGs zu Diagnose und Neurofeedbackplanung bei Dyslexie. Es wurden Verbesserungen der Lernleistung berichtet, die Studie benutzte Standardprotokolle auf Basis des qEEGs.

Die Anwendung des Neurofeedback bei Substanzabhängigkeit wird in mehreren Arbeiten beschrieben (Trudea 2008, Sokhadze 2008). Auch hier kamen qEEG basierte Trainingsprotokolle zur Anwendung. Thompson konnte im Rahmen einer mehrdimensional angelegten Therapie bei Patienten mit Asperger-Syndrom einen positiven Effekt des Neurofeedback Trainings nachweisen (Thompson 2008). Price (2008) veröffentlichte eine Arbeit zur Behandlung von Angststörungen. Er berichtete von erhöhter Beta-Aktivität in Zusammenhang mit Angststörungen.

Z-Wert-Training

Hier werden die zu trainierenden Größen in Echtzeit mit einer normativen Datenbank abgeglichen.

Training langsamer Potentiale

Langsame kortikale Potentiale (SCP) sind das Korrelat der Aktivität größerer Nervenzellverbände und werden mit der Planung und Mobilisierung zielgerichteten Verhaltens in Verbindung gebracht. Eine erste umfassende Darstellung über technische und klinische Aspekte findet sich bei Rockstroh (1989). Es handelt sich dabei um langsame Potentialschwankungen mit einem Frequenzbereich von < 1 Hz. Die Zeitkonstante beträgt üblicherweise 10 Sec. Man unterscheidet Potentialverschiebungen in die elektrisch negative Richtung, sog. Negativierung und in die elektrisch positive Richtung, sog. Positivierung. Negativierung wird mit exzitatorischer Mobilisierung, Positivierung mit subcortical gesteuerten Hemmprozessen oder einem Rückgang der exzitatorischen Mobilisierung in Verbindung gebracht. Das SCP-Training kann als Regulationsinstrument des labilen Gleichgewichts zwischen Erregung und Hemmung angesehen werden. Nach Rockstroh (1989) ist das Aufmerksamkeitspotential negativ proportional zur Negativierung. Mehrere Arbeiten über die klinische Anwendung des SCP-Trainings wurden ausgehend von der

Arbeitsgruppe von Birbaumer aus Tübingen seit 2004 veröffentlicht (Heinrich et al. 2004, Holtmann et al. 2004, Strehl et al. 2006, Drechsler et al. 2007, Gevensleben et al. 2009a,b).

Infra Low Frequency training

Eine weitere Kategorie stellt das sogenannte Infra low frequency training (ILF) dar. Es handelt sich dabei um Potentialschwankungen $< 0,1$ Hz. Obwohl man argumentieren kann, dass dieser Frequenzbereich in den Bereich der SCP fällt, so gibt es beim ILF-Training dennoch Unterschiede zum SCP-Training, beispielsweise in der Technik der Aufzeichnung und Art der Anwendung (vgl. Collura 2014).

Training von Phasenverzögerung und Kohärenzen

Mehrere Arbeitsgruppen wiesen eine erhöhte inter- und intrahemispherische Kohärenz frontozentral und eine reduzierte Kohärenz posterior bei ADHS nach (Chabot & Serfontein 1996, Lubar 1991, Barry 2002). Hammond (2008) veröffentlichte eine Studie, bei der die effektive Behandlung bei Depression beschrieben wurde. Das Interventionsprotokoll (Alpha Asymmetrie Protokoll) beruht auf der Erkenntnis, dass bei Depressionen interhemispherische Differenzen der Alpha-Amplituden beschrieben wurden. Es wurden vorab quantitative EEG-Untersuchungen durchgeführt und Patienten mit entsprechender Asymmetrie in die Studie eingeschlossen.

LORETA-Neurofeedback.

LORETA (Low Resolution electromagnetic tomography) wurde von Pascual-Marqui (2002) entwickelt. Es handelt sich um eine mathematische Methode, welche die Informationen des Oberflächen-EEGs benutzt, um die Aktivität in tieferen Hirnarealen zu berechnen. Für LORETA werden 2300 voxels mit einer Auflösung von 7mm berechnet, während sLORETA und eLoreta 6239 voxels mit einer 5mm Auflösung berechnet. Dadurch wird ein Neurofeedbacktraining nicht nur auf der Hirnoberfläche sondern in einer bestimmten Hirnregion ermöglicht. Diese Technik wurde erst in letzter Zeit durch die Nutzung von Computertechniken aus der Medien- und Spieleentwicklung einem breiteren Anwenderkreis zugänglich. LORETA-Neurofeedback ist ebenfalls mit z-Wert Datenbanken möglich. Zudem können bestimmte Hirnregionen (ROI – Region of interest) definiert und dargestellt werden, wie beispielsweise Frontallappen oder anterior Gyrus cinguli. Auf der Basis von Symptom-Checklisten können zudem Hypothesen über Dysfunktionalitäten verschiedener ROI aufgestellt werden. Aus der Kombination dieser Hypothesen und der

im qEEG gefundenen Abweichungen kann dann ein individuelles Trainingsprogramm erstellt werden und entsprechend den Bedingungen der operanten Konditionierung durchgeführt werden. Laird et al. (2011) postulierten anhand von PET und fMRI Studien 18 spezifische Konnektivitätsnetzwerke.

Neurofeedback Praktische Durchführung anhand eines Fallbeispiels

Bei dem 8,3-jährigen Patient wurde erstmals im Alter von sechs Jahren eine kinder- und jugendpsychiatrische Untersuchung durchgeführt. Er wurde als unruhiges, temperamentvolles, sehr impulsives Kind mit großen Konzentrationsschwierigkeiten und Sprunghaftigkeit geschildert. Im Gruppenkontext wurden Sozialverhaltensprobleme beschrieben. Die Diagnostik ergab eine insgesamt durchschnittliche Allgemeinbegabung, zudem konnte eine visuell-konstruktive Schwäche festgestellt werden. Die Arbeitsweise war unstrategisch und flüchtig. In Folge wurde eine mehrdimensionale Behandlung durchgeführt, die eine Elternschulung, eine heilpädagogische Einzelbehandlung sowie eine Stimulantienbehandlung umfasste. Unter der Stimulantienbehandlung zeigte sich eine mäßige Reduktion der Impulsivität, die auch Ursache für seine sozialen Integrationsprobleme war. In Folge der Stimulantienbehandlung zeigten sich zwar Symptomverbesserungen, gleichzeitig waren aber diverse Nebenwirkungen und ein ausgesprochenes Rebound-Phänomen zu beobachten. Trotz zahlreicher Umstellungsversuche konnte letztlich nur eine suboptimale Medikamenteneinstellung erreicht werden. Unter Medikinet retard 10 mg (1-1-0) war insgesamt eine Reduktion der Konzentrationsproblematik und Impulsivität festzustellen, eine Steigerung oder Umstellung wurde versucht, war aber aufgrund der Nebenwirkungen nicht vertretbar. Im Alter von 7,7 Jahren wurde mit einer Neurofeedbackbehandlung begonnen.

Vor Behandlungsbeginn und bei Therapieende wurde eine quantitative EEG-Untersuchung durchgeführt (Datenbank Neuroguide). Dabei zeigte sich vor Behandlungsbeginn eine erhebliche Abweichung der Aktivität (Absolute Power) in allen Frequenzbereichen, betont im Alphaspektrum über die gesamte Hemisphäre (3 Standardabweichungen). Zudem zeigte sich eine deutliche Hypokohärenz posterior im Delta Band, Hyperkohärenz im High Betaband.

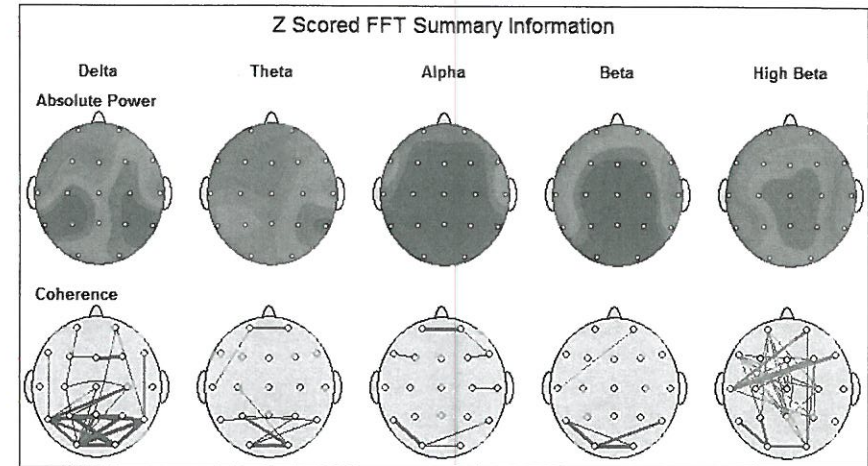


Abb. 7: qEEG (z-Wert Darstellung) vor Therapiebeginn

Das Neurofeedbacktraining umfasste 23 Stunden, in denen hauptsächlich ein z-Wert-Training durchgeführt wurde. Bereits in der 3. Therapiestunde konnte der Patient innerhalb einer Sitzung die erheblichen Abweichungen in Richtung Norm trainieren. Die Abbildung zeigt den Verlauf innerhalb der dritten Therapiestunde über 32 Übungseinheiten.

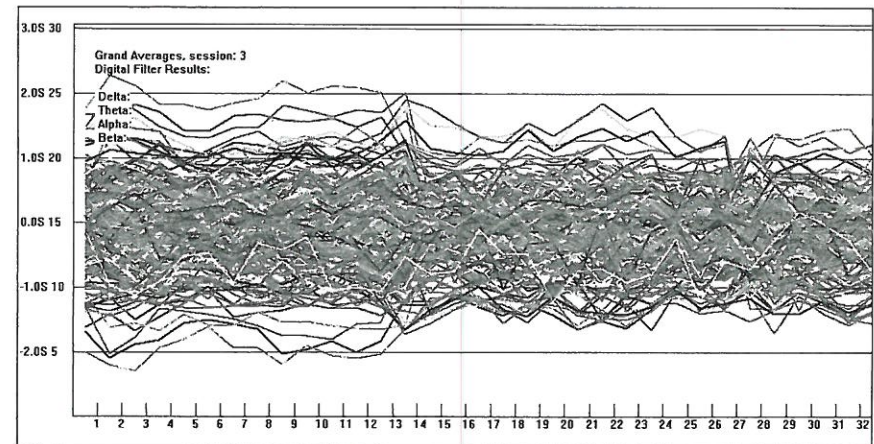


Abb. 8: Therapieverlauf innerhalb der 3. Therapiestunde (Beispiel: Brainmaster).

Nach 23 Therapiestunden konnten in fast allen Frequenzbereichen im quantitativen EEG ein Normalbefund festgestellt werden.

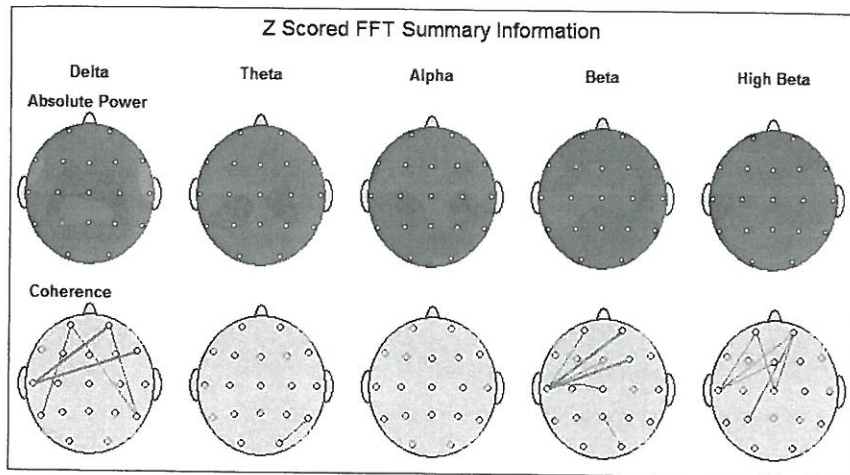


Abb. 9: qEEG (z-Wert Darstellung) nach 23 Stunden Neurofeedbacktherapie

Klinisch zeigten sich Verbesserungen sowohl der Aufmerksamkeitsproblematik als auch eine weitere Reduktion der Impulsivität einhergehend mit verbesserter sozialer Integration. Die klinischen Verbesserungen traten mit einer zeitlichen Latenz von 4 – 6 Wochen im Vergleich zur Verbesserung des quantitativen EEGs auf.

Neurofeedback – Forderungen für die Integration in die medizinische Versorgung

Obwohl die Neurofeedbackbehandlung in einer Stellungnahme der Bundesärztekammer zur Behandlung der ADHS bereits 2010 positive Beachtung gefunden hat, ist sie bis heute weder in der Kinder- und Jugendpsychiatrie noch in anderen medizinischen Fachrichtungen ein ernst zu nehmender Bestandteil der Behandlung geworden. Vielmehr wird Neurofeedback in der Bundesrepublik Deutschland immer noch als „Außenseitermethode“ praktiziert und eher von therapeutisch orientierten Enthusiasten in einer Art „Subkultur“ angeboten. In der praktischen medizinischen Versorgung wird Neurofeedback nur von wenigen sozialpsychiatrischen Praxen, von engagierten Verhaltenstherapeuten und Ergotherapeuten durchgeführt. Bedauernd ist, dass gerade

sozialpsychiatrische Praxen durch die Bereitstellung multimodaler diagnostischer und therapeutischer Ressourcen geradezu prädestiniert dafür wären.

Gesetzliche Krankenkassen in Deutschland übernehmen die Kosten einer Neurofeedback Behandlung in der Regel nicht. Es lohnt sich jedoch immer einen Therapieantrag mit umfangreicher Darstellung der durchgeführten Diagnostik, einer Begründung weshalb man eine Neurofeedbackbehandlung empfiehlt sowie einen detaillierten Kostenvoranschlag auf Basis der GOÄ zu erstellen. Dabei sollte man auch die entsprechende Qualifikation des Therapeuten darlegen. Die jeweilige Kasse kann dann die Therapie als individuelle Heilbehandlung oder IGe-Leistung erstatten. Man muss allerdings die Frustrationstoleranz besitzen, dass manche Kassen Anträge erst gar nicht beantworten.

Bei privaten Krankenkassen sollte man ebenfalls immer einen entsprechenden Antrag an die jeweilige Kasse stellen (siehe gesetzliche Krankenkassen). Hier sind die Aussichten einer Genehmigung wesentlich höher.

Eine andere Möglichkeit ist die Durchführung der Therapie im Rahmen einer genehmigungspflichtigen Verhaltenstherapie.

Auch manche ergotherapeutische Praxen führen eine Neurofeedbackbehandlung auf Grundlage einer ärztlichen Verordnung durch.

Damit Neurofeedbacktherapie den ihr angemessenen Platz im therapeutischen Alltag bekommt, muss dringend über unterschiedliche Ausbildungsstandards, unterschiedliche berufliche Qualifikationen der Anwender und unterschiedliche technische Ausstattungen diskutiert werden. Hier könnte die sozialpsychiatrische Kinder- und Jugendpsychiatrie Vorreiter sein, da in keinem anderen ambulanten Setting ein derart breites diagnostisches und therapeutisches Angebot besteht, in das die Neurofeedbackbehandlung als Bestandteil einer multimodalen Therapie eingebettet werden könnte. Für unsere Praxis haben wir in Zusammenarbeit mit anderen Praxen entsprechende Standards bezüglich technischer Ausstattung und ein entsprechendes Curriculum für angehende Therapeuten entwickelt. Auch regelmäßige Arbeitskreise tragen zur Qualitätssicherung und Verbesserung bei.

Literatur

- 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, *Journal of Clinical EEG & Neuroscience*, 2009, 40(3) 180-189
- Bair J. H.: Development of voluntary control. Reprints of the collection of the University of Michigan Library, Erstaussgabe 1901
- Bandura a. *Self-efficacy: toward a unifying: theory of behavioral change*. *Psychol Rev* 1977; 84: 151 - 215
- Barry RJ, Clarke AR, McCarthy R, Selikowitz M. EEG coherence in attention-deficit/hyperactivity disorder: a comparative study of two DSM-IV types. *Clin Neurophysiol* 2002; 113: 579-85
- Barry RJ, Clarke AR, Johnstone SJ. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography. *Clin Neurophysiol* 2003; 114: 171-83
- Berger H. Über das Elektrenkephalogramm des Menschen. In: *Arch f Psychiatr*. 87: 1929, S. 527-570
- Biedermann J, Farone SV. Attention -deficit hyperactivity disorder. *Lancet* 2005; 366: 237 - 48
- Bresnahan SM, Anderson JW, Barry RJ. Age-related changes in quantitative EEG in attention deficit/hyperactivity disorder. *Biol Psychiatry* 1999; 46: 1690-1697
- Breteler M, Arns M, Peters S, Giepman I, Verhoeven L. Improvement in spelling after QEEG based neurofeedback in dyslexia: a randomized controlled treatment study. *Applied psychophysiology and Biofeedback* 2011, 35(1) 5-11
- Budzinsky T, Budzinski H, Evans J, Abarbanel A. editors, *Introduction to QEEG and Neurofeedback: Advanced Theory and Applications* Academic Press, San Diego, Calif, 2008.
- Bundesärztekammer 2014, Dokumentation der Weiterbildung gemäß (Muster-Weiterbildungsordnung (MWBO))
- Bundesärztekammer 2010, Stellungnahme zur ‚Aufmerksamkeitsdefizit- / Hyperaktivitätsstörung (ADHS)‘ - Langfassung -
- Caspers H., Speckmann EJ (1970) Postsynaptische Potentiale einzelner Neurone und ihre Beziehung zum EEG. *Z. EEG-EMG* 1:55-65
- Chabot RJ, Serfontein G, Quantitative electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder. *Biol Psychiatry* 1996; 40: 951-63
- Coben R, Padolsky I. Assessment-Guided Neurofeedback for Autistic Spectrum Disorder
- Drechler R, Straub M, Doehner M, Heinrich H, Steinhausen HC, Brandeis D. Controlled evaluation of a neurofeedback training of slow cortical potentials in children with attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Behav Brain Funct* 2007;3:35

- Eppley, K. R., Abrams, A. I. & Shear, J. (1989). Differential effects of relaxation techniques on trait anxiety: a meta-analysis. *Journal of Clinical Psychology*, 45 (6): 957-74
- Fayyad J, de Graaf R, Kessler J, Alonso J, Angermeyer M, Demeytenaere K, de Girolamo G, Haro JM, Karam EG, Lara C, Lepine JP, Ormel J, Posada-Villa J, Zaslavka AM, Jin R. Cross-national prevalence and correlates of adult attention-deficit hyperactivity disorder. *Br J Psychiatry* 2007; 190: 402-9
- Fuchs T, Birbaumer N, Lutzenberger W, Gruzelić JH, Kaiser J. Neurofeedbacktraining for attention-deficit / hyperactivity disorder in children: a comparison with methylphenidate. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2003; 28:1 - 12
- Futterman, A. D. & Shapiro, D. (1986). A review of biofeedback for mental disorders. *Hospital and Community Psychiatry*, 37 (1): 27-33
- 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 neurofeedbacktraining in children with ADHD: a randomized controlled trial. *Int J Psychophysiology* 2009 a; 74: 149 - 57
- 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 of ADHD? A randomized controlled clinical trial. *J Child Psychol Psychiatry* 2009 b; 50: 780 - 9
- Hammond DC, Baehr E. Neurofeedback for the treatment of depression: current status of theoretical issues and clinical research in Brudzinski T, Brudzinski H, Evans JE, Abarbanel A (eds) *Introduction of quantitative EEG and Neurofeedback* (2nd ed) Amsterdam 2008 Elsevier 241 - 268
- Heinrich H., Gevensleben H. Freisleder FJ, Moll GJ, and Rothenberger A. Training of Slow Cortical Potentials in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Evidence for Positive Behavioral and Neurophysiological Effects *Biol Psychiatry* 2004; 55:772-775 773
- Holtmann M, Stadler C, Leins U, Strehl U, Birbaumer N, Poustka F: Neurofeedback in der Behandlung der Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Kindes- und Jugendalter. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie* 2004; 32: 187-200
- Jaspers, H.H., 1958. The Ten Twenty Electrode System of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 10, 371-375.
- Laird AR, Fox PM, Eickhoff SB, McKay DR, Glahn DC, Beckmann CF, Smith SM, Fox PT. *J Cogn Neurosci*. 2011 Dec;23(12):4022-37
- 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* 1967; 1: 293-306
- Lubar JF; Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback treatment of attention deficit/hyperactivity disorder. *Biofeedback Self Regul* 1991; 16: 201-25
- Lubar JF, Swartwood MO, Swartwood JN, O'Donnell D. Evaluation of the effectiveness of EEG neurofeedback training for ADHD. *Biofeedback Self Regul* 1995; 20 83 - 93

- Monastra V.J, Lubar J.F, Linden M, VanDeusen P, Green G., Wing W, Phillips A, Fenger T.N: Assessing attention deficit hyperactivity disorder via quantitative electroencephalography: An initial validation study. (PDF; 1,1 MB) In: *Neuropsychology*. 1999;13(3), S. 424–433
- Moore, N.C. (2000). A review of EEG biofeedback treatment of anxiety disorders. *Clin Electroencephalogr*, 31 (1): 1-6
- Nunez, Srinivasan 2006, *Electrical Fields of the Brain*. Oxford Univ. Press (2nd Edition), New York. Othmer SE, Othmer S. Evaluation and remediation of attention deficits 1992. (Available from EEG spectrum, Inc., 16100 Ventura Blvd. Encino, CA 91436)
- Price J, Brudzinski T. Anxiety, EEG patterns and neurofeedback in: Brudzinski T, Brudzinski H, Evans JE, Abarbanal A (eds) *Introduction of quantitative EEG and Neurofeedback (2nd ed)* Amsterdam 2008 Elsevier 337 - 364
- Rockstroh B, Elbert T, Canavan A, Lutzenberger W, Birbaumer N, Slow cortical potentials and behavior, Baltimore MD, 1998, Urban und Schwarzenberg.
- Rossiter TR, LaVaque TJ, A comparison of EEG feedback and psychostimulants in treating attention deficit hyperactivity disorder. *J Neurother* 1995; 1:48-59
- Rossiter TR, The effectiveness of neurofeedback and stimulant drugs in treating ADHD: Part one Review of methodological issues. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 2004, 29(2) 135-40
- Rossiter TR, The effectiveness of neurofeedback and stimulant drugs in treating ADHD: Part two: Replication. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 2005, 29(4) 233-43
- Snyder SM, Hall J R, A Meta-analysis of Quantitative EEG Power Associated With Attention Deficit Hyperactivity Disorder, *Journal of Clinical Neurophysiology*, Volume 23, Number 5, October 2006
- Sokhadze TM, Cannon RL, Trudeau DL, EEG biofeedback as a treatment for substance abuse disorder: review of efficacy and recommendations for further research. *Applied Psychophysiology and Biofeedback* 2008, 33: 1-28
- Sonuge-Barke EJS, Brandeis D, Cortese S, Daley D, Ferrin M, Holtmann M, Stevenson J, Danckaerts M, Oord van den S, Döpfner M, Dittmann R, Simonoff E, Zuddas A, Banaschewski T, Buitelaar J, Coghill D, Hollis Ch, Konofal E, Lecendreux M, Wong JCK, Sergeant J, (European ADHD Guidelines Group), *Am J Psychiatry* 2012; 00: 1-15
- Sterman M.B. Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implications for self-regulation. *Biofeedback and Slef regulation* 1996, 21(1) 3-33
- Strehl U, Leins U, Heinrich H: in *Biofeedback Rief W, Bierbaumer N. Schattauer* 2010, 238 – 255
- Strehl U, Leins U, Heinrich H: *Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung (ADHS)* in Rief W, Bierbaumer N, *Biofeedback, Schattauer Verlag* 2006, 209 – 230
- Thatcher RW, Lubar JF, History of the scientific standards of QEEG normative databases in: *Introduction to quantitative EEG and Neurofeedback* Hrsg. Budzynski ThH, Budzynski HK, Evans JR, Abarbanal A, Elsevier 2009; 29- 59

- Thompson L, Thompson M, Aspergers Syndrome intervention: combining neurofeedback, biofeedback and megacognition. in Brudzinski T, Brudzinski H, Evans JE, Abarbanal A (eds) *Introduction of quantitative EEG and Neurofeedback (2nd ed)* Amsterdam 2008 Elsevier 337-364
- Trudeau DL, Sokhadze TM, Cannon R Neurofeedback in Alcohol and drug dependency, in Brudzinski T, Brudzinski H, Evans JE, Abarbanal A, *Introduction to quantitative EEG and Neurofeedback (2nd ed)* 2008, Amsterdam Elsevier, 241-268
- Walker JE, QEEG guided neurofeedback for recurrent migraine headaches. *Clinical EEG and neuroscience* 2011, 42(1) 59-61

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Dipl. Psych. Anton Lindermüller,
 Facharzt für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Gemeinschaftspraxis für
 Kinder- und Jugendpsychiatrie München
 Bäckerstraße 4, 81241 München
 Tel.: 089 89 68 99 93

Prof. Dr. Oliver Pogarell, Facharzt für Psychiatrie und Psychotherapie, Facharzt für Neurologie, Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Leiter der Abteilung für Klinische Neurophysiologie und Funktionelle Bildgebung, Ludwig-Maximilians-Universität München
 Dr. Daniel Keeser, wissenschaftlicher Angestellter, Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Institut für Klinische Radiologie, Ludwig-Maximilians-Universität München