



ErgoScience
Ergotherapie & Neurofeedback

Hintergrundwissen

Neurofeedback (NFB) in der Pädiatrie

Von Elke Walther, Ergotherapeutin MSc

Vorbemerkung

Dieser Text ist unter dem Titel "Neurofeedback in der Pädiatrie" zuerst 2016 in dem Sammelband Ergotherapie in der Pädiatrie im Schulz-Kirchner Verlag erschienen. Die unten veröffentlichte Version wurde 2024 von der Autorin Elke Walther überarbeitet und aktualisiert.

NFB ist eine Form des Biofeedbacks, auch EEG-Biofeedback genannt. Aufgrund des stetig anwachsenden Wissens zu den Effekten des NFBs hat sich diese Methode in den letzten 20 Jahren zunehmend durchgesetzt. Noch 2001 bilanzierten die Autoren Birbaumer & Strehl: „Die Behandlung und Rehabilitation neurologischer Erkrankungen mit verhaltensmedizinischen Methoden ist ein besonders erfolgreicher Abschnitt der Lernpsychologie. Allerdings mehr in wissenschaftlicher Hinsicht als in der Verbreitung der Anwendung, die häufig trotz nachgewiesener Effizienz an mangelnden Kenntnissen und Fertigkeiten der in der Neurologie und Psychologie Tätigen scheitert“ (Birbaumer & Strehl 2001, zitiert nach Strehl 2020).

Seit diesem Zitat sind mittlerweile mehrere Jahre vergangen und man kann heutzutage durchaus sagen, dass sich NFB zunehmend als „neue“ Therapiemethode bei Störungen bekannter neurobiologischer Korrelate etabliert (Strehl 2020). Als mögliche Ursachen für das vermehrte Interesse an Neurofeedback-Verfahren nennt Strehl zum einen die Nebenwirkungen oder begrenzten Möglichkeiten herkömmlicher Therapien sowie die daraus resultierende Nachfrage nach alternativen Behandlungsmöglichkeiten. Zum anderen vermutet sie, dass die erhöhte Nachfrage durch die sich ständig verbessernde wissenschaftliche Evidenz entsteht. Des Weiteren sieht sie den möglichen Grund für die vermehrte Nachfrage in der Tatsache begründet, dass sich in den letzten Jahren das Angebot der für das NFB notwendigen Technik stark verbessert hat (ebd.).



Das Therapiekonzept

Erste Untersuchungen zur Beeinflussung der Hirnaktivität beim Menschen durch operante Konditionierung wurden bereits im Jahr 1962 durchgeführt (Kamiya 2011). Beim NFB wird den Klienten durch technische Verfahren neuronale Aktivität visuell und/oder akustisch rückgemeldet. Ziel dabei ist es, dass die Klienten diese Aktivität willentlich zu beeinflussen lernen. Die so erlernte Selbstregulation der neuronalen Aktivität wird als eine Fertigkeit bezeichnet, die nach den Gesetzmäßigkeiten des operanten und klassischen Lernens erworben und gespeichert werden kann (Sherlin, Arns et al. 2011).

Beim NFB-Training wird eine Veränderung in die gewünschte Richtung belohnt (Erfolg), wenn keine Veränderung erreicht wird, wirkt dies per se bestrafend (Misserfolg).

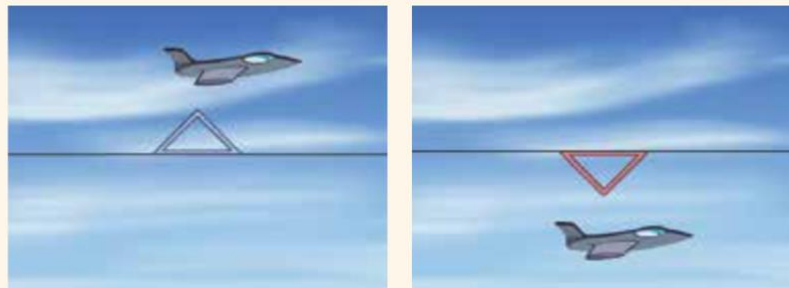
Merke !

Beim NFB-Training wird eine Veränderung in die gewünschte Richtung belohnt (Erfolg), wenn keine Veränderung erreicht wird, wirkt dies per se bestrafend (Misserfolg).

Abb. 1:

Beispiel für den Trainingsbildschirm eines Kindes

(Foto: Firma NeuroConn GmbH, Ilmenau 2015)



Wie in Abbildung 1 gezeigt, werden ausgewählte Gehirnaktivitäten auf dem Bildschirm der Klienten sichtbar gemacht, hier in Form eines Flugzeuges, das sich in Richtung nach oben oder nach unten bewegt. Eine Veränderung des Flugzeuges in die gewünschte Richtung wird belohnt, indem am Ende des erfolgreichen Versuchs eine Sonne angezeigt wird.

Durch diesen Vorgang sollen dysfunktionale neuronale Aktivitäten verlernt werden. Dabei wird die Hirnaktivität so verändert, dass sich störende Symptome reduzieren. Dies soll zu einer spezifischen Verhaltensänderung im Alltag führen. Der Lernprozess wird zweigleisig vollzogen: einerseits mithilfe der Technik von EEG-Feedback-Systemen, andererseits durch geeignete verhaltenstherapeutische Methoden, die auch zum Transfer in den Alltag dienen.

Das Therapiesetting

Für eine Behandlung werden spezielle Geräte eingesetzt. Über am Kopf der Klienten angebrachte hochempfindliche Elektroden nimmt ein EEG-Verstärker die EEG-Signale auf. Eine spezifische Software analysiert den Datenstrom in Echtzeit und steuert entsprechend das Feedbacksignal für die Klienten. Durch die unmittelbare visuelle und/oder akustische Rückkoppelung auf den Klientenbildschirm ist es dem Klienten daher möglich, seine Hirnaktivität wahrzunehmen und somit bewusst zu beeinflussen. Die Therapeuten konfigurieren die Einstellungen der Software auf ihrem PC so, dass die gewünschten Ziele erreicht werden können.



Abb. 2:

Beispiel für ein Therapiesetting einer NFB-Behandlung (Foto: Firma neuroConn GmbH, Ilmenau 2015).



Es gibt verschiedene Neurofeedbackkonzepte, auch Protokolle genannt. In der Pädiatrie kommen in der Regel neben dem klassischen Frequenzbandtraining (Theta/Beta-, SMR-Training) und dem Training der langsamen corticalen Potentiale (SCP-Training) noch weitere, in den letzten Jahrzehnten neu entwickelte Konzepte, wie das Z-Score Feedback und das Infra Low Frequency (ILF) Training zum Einsatz.

Die Durchführung einer Behandlung mit NFB orientiert sich hinsichtlich der Länge einer Sitzung und der Anzahl der Sitzungen grundsätzlich am Störungsbild der Klienten und an der Zielvereinbarung mit ihnen. Eine Sitzung dauert in der Regel zwischen 20 und 40 Minuten effektiver Trainingszeit. Für die Pausen zwischen den Sitzungen sind Hausaufgaben und Transferübungen vorzusehen. Bei Transferübungen trainieren die Klienten die Selbstregulation durch Imagination ohne Geräteunterstützung. Zusammen mit den Therapeuten wird schließlich in der Therapie besprochen, in welchen Alltagssituationen diese neu zu erlernende Selbstregulationsfähigkeit weiter geübt bzw. angewendet werden kann (s.a. Fallbeispiel). Die Ziele eignen sich dazu, zwischen den einzelnen NFB-Sitzungen die bislang erworbene und verbesserte Regulationsfähigkeit in entsprechenden Situationen einzusetzen.

Merke !

Je nach Störungsbild und Bedarf können zusätzlich zum NFB andere Methoden der Ergotherapie zum Einsatz kommen.

Voraussetzungen für die Therapeuten:

Zu beachten sind die gesetzlichen Vorschriften, denen das Durchführen einer NFB-Behandlung unterliegt. Eine NFB-Behandlung an Klienten sollte nur nach einer abgeschlossenen Weiterbildung durchgeführt werden.

Anwendungsbereiche in der Pädiatrie

Die vergleichsweise beste Evidenz gibt es für die Anwendung von NFB bei ADHS und fokalen Epilepsien. Auch zur Wirksamkeit von NFB bei Schlafstörungen, Suchterkrankungen, Lernstörungen, Angststörungen, Schädel-Hirn-Traumata, Tinnitus, Migräne, Autismus und Tic-Störungen wurden Studien publiziert. Die folgende Auswahl stellt nur Störungen vor, die im Rahmen einer ergotherapeutischen Behandlung häufig vorliegen und für die es für die Methode des NFBs eine wissenschaftliche Evidenz gibt.



1. Aufmerksamkeitsdefizit/Hyperaktivitätsstörung (ADHS):

ADHS ist das Störungsbild, bei dem das NFB-Training am häufigsten Anwendung findet und für das es die meisten Evaluationsstudien gibt. Neben verschiedenen Meta-Analysen wurden mehrere randomisiert kontrollierte Studien durchgeführt, die den Schluss zulassen, dass NFB einen klinisch wirksamen Therapiebaustein zur Behandlung von Kindern mit ADHS darstellt. In den folgenden Meta-Analysen wurden Effektstärken für die Kernsymptome Unaufmerksamkeit und Impulsivität sowie für Hyperaktivität ermittelt (Arns, de Ridder et al. 2009, Van Doren et al. 2019). Van Doren und Kollegen fanden darüber hinaus längerfristige NFB-Effekte (Follow Up Intervall 2 bis 12 Monate) nach Trainingsende.

Häufig empfohlen wird ein multimodaler Behandlungsansatz, z.B. zusammen mit verhaltens- oder psychotherapeutischen Interventionen und/oder einer medikamentösen Therapie. In der aktuellen deutschen S3-Leitlinie zur ADHS-Behandlung (AWMF 2018) wird NFB als mögliches ergänzendes Verfahren mit einer „starken Empfehlung“ in einem multimodalen Setting aufgeführt.

2. Autismus-Spektrum-Störungen (ASS):

Neuere kontrollierte Studien zeigen nach dem NFB bei ASS Verbesserungen in der selektiven auditiven Aufmerksamkeit und der Hemmungskontrolle sowie in der kognitiven Flexibilität, dem zielgerichteten Handeln, der Kommunikation, der sozialen Interaktion und im Problemverhalten (Kouijzer, de Moor et al. 2009; Kouijzer, van Schie 2009, Konicar 2021). Ein weiterer Ansatzpunkt für NFB bei ASS ist die erniedrigte inter- und intrahemisphärische Kohärenz. Diese gestörte Konnektivität wird mit exekutiver Dysfunktion und somit mit Störungen der Affektverarbeitung assoziiert (Koshino, Kana et al. 2008). Nicht zuletzt können komorbide Symptome einer ADHS eine Indikation für NFB bei ASS sein, insbesondere da 40–50% der Patienten mit ASS eine ADHS aufweisen (Banaschewski, Poustka et al. 2011). Zusammenfassend scheint auch bei ASS der multimodale Ansatz sinnvoll zu sein, wo sich NFB gut mit pädagogisch-verhaltenstherapeutischen Behandlungsansätzen kombinieren lässt.

3. Angststörungen:

In einem 2023 veröffentlichten systematischen Review zu Angststörungen bei Kindern (Umaç et Semerci) wurde der Effekt von Biofeedback basierten Interventionen (unter anderem Neurofeedback) auf psychologische Outcomes untersucht. Es wurde nachgewiesen, dass alle Arten von Biofeedback die Angstlevels der Kinder effektiv reduzieren konnten.

4. Selbstregulation von Tics (TS):

Im Verlauf der letzten Jahre wurde immer mehr erkannt, dass Patienten mit TS trotz der Unwillkürlichkeit ihrer Tics eine gewisse bewusste als auch unbewusste Eigenkontrolle über ihre Bewegungsstörungen haben (Genevensleben & Rothenberger 2013). Als Ursache einer TS werden heute zentralnervöse sensomotorische Inhibitionsdefizite angenommen, die auf eine Beeinträchtigung thalamo-kortikaler-striataler neuronaler Netzwerke zurückgeführt werden (Leckmann, Vaccarino et al. 2006). Das Ziel von NFB ist bei TS demnach, die thalamo-kortikalen Verbindungen wieder zu synchronisieren, um so eine bessere Verhaltenssteuerung zu ermöglichen (Rothenberger 2009). Genevensleben et al. (2014) fanden in einer kontrollierten Studie, dass manche der von ADHS betroffenen Kinder auch über einen positiven Effekt auf ihre Tics berichteten. Heinrich et al. (2019) fanden, dass sich die emotionale-behaviorale Dysregulation nach einem NFB Training signifikant reduziert. Die evidenzbasierte Datenlage zu NFB bei TS lässt durchaus die ermutigende Tendenz



erkennen, dass NFB als verhaltenstherapeutischer Baustein im Rahmen eines multimodalen Vorgehens seinen Platz findet.

5. Schlafstörungen (Insomnie):

Fachleute empfehlen NFB als non-pharmakologischen Behandlungsansatz bei Ein- und Durchschlafstörungen, z.B. als Ergänzung zu verhaltenstherapeutischen oder anderen Interventionen. Morin (1993) bezeichnet Insomnie als eine Folge von ungewöhnlich hoher Aktivierung (Hyperarousal), die sich auf verschiedenen Ebenen zeigen kann: motorisch (Unruhe), vegetativ (Schwitzen, Herzklopfen), emotional (Ängstlichkeit, Hilflosigkeit) und vor allem auch kognitiv (nicht abschalten können). Ein- und Durchschlafstörungen durch Hyperarousal können als komorbides Symptom bei mehreren Störungen im Kindesalter auftreten (z.B. ADHS, Autismus, Tics, Sensorische Integrationsstörungen) und eine Indikation für NFB sein. NFB zur Behandlung von Schlafstörungen basiert auf dem oben genannten Konzept des Hyperarousals und zielt infolgedessen insbesondere auf eine Reduktion erhöhter kortikaler Aktivierung ab (Riemann, Spiegelhalder et al. 2010). Verschiedene Forscher haben vielversprechende Studien zur Behandlung von primärer Insomnie durch NFB durchgeführt und beschrieben (vgl. Cartoons et al. 2010; Hammer und Kollegen 2011). Diese empirische Datenlage sollte jedoch durch weitere kontrollierte und randomisierte Studien untermauert werden.

Merke !

Arns & Kenemans (2014) fanden in einer Studie heraus, dass 72–78% aller nicht medikamentös behandelten Klienten mit ADHS unter Einschlafstörungen leiden, und konnten zeigen, dass NFB diese verbessert.

6. Migräne und Kopfschmerz:

Migräne wird in der Regel effektiv pharmakologisch behandelt, führt jedoch häufig zu ausgeprägten und beeinträchtigenden Nebenwirkungen. Daher wird bei Kindern mit Migräne möglichst auf pharmakologische Behandlung verzichtet (Balottin und Termine 2007). Diese Problematik begründet den Bedarf an nicht-medikamentösen Behandlungsoptionen wie zum Beispiel NFB für Migräne im Kindesalter. Studien besagen, dass bei Kindern nicht-medikamentöse Behandlungsoptionen effektiver sind als die Pharmakotherapie und somit die Methode erster Wahl darstellen (Hermann et al. 1995). NFB bei Migräne soll zur Verbesserung der Selbstregulation führen, indem die Kontrolle über die Schwelle der Erregbarkeit (Excitabilität) optimiert wird. Dies reduziert die Migränebereitschaft und somit die Anfallshäufigkeit. Einige gut kontrollierte Studien haben nachgewiesen, dass Migränepatienten zwischen zwei Attacken eine abnorme kortikale Erregbarkeit, hohe Amplituden und eine verzögerte Habituation von evozierten ereigniskorrelierten Hirnpotentialen aufweisen (Schoenen et al. 2003; Schoenen 2006). Siniatchkin et al. (2000) wiesen in einer randomisiert kontrollierten Studie eine gute Effektivität des Trainings zur Selbstregulation der langsamen Potentiale mittels NFB bei Kindern mit Migräne nach. Weitere Studien, nicht ausschließlich mit Kindern, zeigten positive Effekte in der Behandlung migräneartiger Kopfschmerzen..



Fallbeispiel

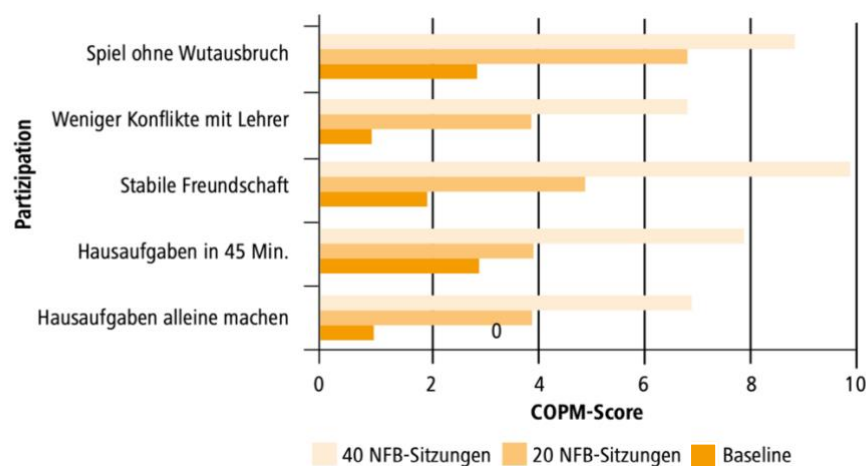
Leo, 10 Jahre alt, mit der Diagnose ADHS, beschreibt seine Probleme folgendermaßen: Er sitze ewig an Hausaufgaben, habe somit oft keine Zeit zum Spielen, er habe keine festen Freunde, da er immer so schnell in Wut gerate und dann mit anderen Kindern streite. In der Schule gäbe es häufig Ärger mit den Lehrern.

Die Mutter nennt folgende Probleme: Leo sitze lange an den Hausaufgaben, sie müsse permanent dabeisitzen bleiben. In der Schule gäbe es häufig Ärger mit dem Lehrer und den Mitschülern. Gesellschaftsspiele seien wegen Wutausbrüchen kaum möglich.

Folgende Partizipationsziele wurden mit Leo und seiner Mutter auf der Grundlage des COPM (Canadian Occupational Performance Measure, Law et al 2015) formuliert:

Abb. 3:

Evaluation des Outcomes mittels COPM



Hausaufgaben alleine in höchstens 45 Min. machen, feste Freunde bekommen, weniger Ärger mit Lehrern in der Schule haben, Gesellschaftsspiele zu Ende spielen. Es fand zwei Mal pro Woche Ergotherapie statt, wobei jeweils ein Mal pro Woche NFB (s. Abb. 1 und 2) und ein Mal pro Woche ein Aufmerksamkeitstraining nach Lauth & Schlottke (2009) durchgeführt wurde. Nach jeweils 20 und 40 Wochen fand eine erneute Datenerhebung zur Ermittlung des Outcomes mittels COPM statt: Leo erreichte in allen genannten Partizipationszielen zu beiden Datenerhebungszeitpunkten deutliche Verbesserungen (s. Abb. 3).

Zukunft/Ausblick

Begrenzte Möglichkeiten und Nebenwirkungen herkömmlicher Therapien steigern die Nachfrage nach alternativen bzw. ergänzenden Behandlungsmöglichkeiten. Das Neurofeedback als non-pharmakologische Komponente, die sich gut mit anderen Behandlungsansätzen kombinieren lässt, kann hier einen wichtigen Stellenwert einnehmen. Obgleich evidenzbasierte Medizin im Bereich des Neurofeedbacks mittlerweile als Standard gilt und mehr und mehr mit wissenschaftlicher Evidenz unterlegt wird, gibt es auf dem Gebiet des NFBs noch eine Reihe an Lücken, die es mit weiteren randomisiert kontrollierten Studien zu schließen gilt. Wie in diesem Kapitel beschrieben wird, ist bei vielen Diagnosen im Bereich der Pädiatrie ein multimodaler Ansatz, der das NFB beinhaltet, erfolgversprechend.



Literaturliste

- Arns M, de Ridder S, Strehl U, Breteler M & Coenen A (2009). Efficacy of neurofeedbacktreatment in ADHD: the effects on inattention, impulsivity and hyperactivity: a meta-analysis. *Clin EEG Neurosci*, 40(3), 180-189.
- Arns M & Kenemans LJ (2014). Neurofeedback in ADHD and insomnia: Vigilance stabilization through sleep spindles and circadian networks. *Neurosci Biobehav Rev*, 95(1), 183-194.
- AWMF, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (2017a). Langfassung der interdisziplinären evidenz- und konsensbasierten (S3) Leitlinie „Aufmerksamkeitsdefizit- und Hyperaktivitätsstörung (ADHS) im Kindes-, Jugend- und Erwachsenenalter (Derzeit in Überarbeitung). Langfassung: https://register.awmf.org/assets/guidelines/028-045I_S3_ADHS_2018-06-abgelaufen.pdf
- Balottin, U., & Termine, C. (2007). Daher wird bei Kindern mit Migräne möglichst auf pharmakologische Behandlung verzichtet. *Journal Name*, Volume(Issue), Page Numbers.
- Banaschewski T, Poustka L & Holtmann M (2011). Autismus und ADHS über die Lebensspanne. Differentialdiagnosen oder Komorbidität? *Nervenarzt*, 82, 573-581.
- Cortoo, A., De Valck, E., Arns, M., Breteler, M. H. M., & Cluydts, R. (2010). An exploratory study on the effects of tele-neurofeedback and tele-biofeedback on objective and subjective sleep in patients with primary insomnia. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 35(2), 125-134.
- Gevensleben H & Rothenberger A (2013). Selbstregulation von Tics - Optimierung durch Neurofeedback. In: Strehl U (Hrsg.). *Neurofeedback: Theoretische Grundlagen - Praktisches Vorgehen - Wissenschaftliche Evidenz*. Stuttgart: Kohlhammer, 136-148.
- Gevensleben H et al (2014). Neurofeedback in ADHD: further pieces of the puzzle. *Brain Topogr*, 27(1), 20-32.
- Hammer, B., Colbert, A. P., Brown, K. A., & Ilioi, E. C. (2011). Neurofeedback for insomnia: A pilot study of z-score SMR and individual protocols. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 36(4), 251-264.
- Heinrich H et al. (2019). Effects of neurofeedback on the dysregulation profile in children with ADHS: SCP-NF meets SDQ-DP – a retrospective analysis. *Psychol Med*, 24, 1-6.
- Hermann, C., Kim, M., & Blanchard, E. B. (2007). Behavioral and pharmacological intervention studies of pediatric migraine: An exploratory meta-analysis. *Pain*, 128(1-2), 14-23.
- Kamiya J (2011). The First Communications About Operant Conditioning of the EEG. *J Neurotherapy*, 15(1), 65-73.
- Koniar L et al (2021). Volitional modification of brain activity in adolescents with Autism Spectrum Disorder: A Bayesian analyses of Slow Cortical Potential neurofeedback. *NeuroImage: Clinical*, 29, 102557.
- Kouijzer ME, de Moor JM, Gerrits BJ, Congedo M & van Schie HT (2009). Neurofeedback improves executive functioning in children with autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 3(1), 145-162.
- Kouijzer ME, van Schie HT, de Moor JM, Gerrits BJ & Buitelaar JK (2009). Long-term effects of neurofeedback treatment in autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 3(2), 496-501.
- Leckmann JF, Vaccarino FM & Kalanithi PS (2006). Annotation: Tourette syndrome: a relentless drumbeat - driven by misguided brain oscillations. *J Child Psychol Psychiatry*, 47(6), 537-550.
- Morin CM (1993). *Insomnia. Psychological assessment and management*. New York: The Guildford Press.
- Riemann D, Spiegelhalder K, Feige B, Voderholzer U, Berger M, Perlis M et al. (2010). The hyperarousal model of insomnia: a review of the concept and its evidence. *Sleep Med Rev*, 14(1), 19-31.



- Rothenberger A (2009). Brain oscillations forever - neurophysiology in future research of child psychiatric problems. *J Child Psychol Psychiatry*, 50(1), 79-86.
- Schoenen, J., Wang, W., Albert, A., & Delwaide, P. J. (2003). Evoked potentials and transcranial magnetic stimulation in migraine. *Cephalalgia*, 23(5), 331-336.
- Schoenen, J. (2003). Comparison of visual and auditory evoked cortical potentials in migraine patients between attacks. *Pain*, 104(1-2), 259-266.
- Sherlin LH, Arns M & Lubar J (2011). Neurofeedback and basic learning theory: Implications for research and practice. *J Neuroth*, 15(4), 292-304.
- Siniatkin M et al (2000a). Self-regulation of slow cortical potentials in children with migraine: an exploratory study. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 25, 13-32.
- Strehl U (Hrsg.) (2020). Neurofeedback: Theoretische Grundlagen – Praktisches Vorgehen – Wissenschaftliche Evidenz (2. Erweiterte und überarb. Aufl.). Kohlhammer.
- Umaç EH & Semerci R (2023). Effect of Biofeedback-Based Interventions on the Psychological Outcomes of Pediatric Populations: A Systematic Review and Meta-analysis. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 48(3), 299-310.
- Van Doren J, Arns M, Heinrich H, Vollebregt MA, Strehl U et al. (2019). Sustained effects of neurofeedback in ADHD: a systematic review and meta-analysis. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 28(3), 293-305.

