

4 Stressbehandlung durch Sensorik

Philipp Heiler

4.1 Einleitung

Zur Erfassung von wichtigen Parametern der mentalen Gesundheit wie Stress, Entspannung, Resilienz, Ruhe, Meditation oder Kreativität werden meist subjektive Fragebögen oder Gespräche genutzt. Diese lassen sich zwar größtenteils quantifizieren, basieren aber auf der persönlichen Wahrnehmung und Empfindung jedes Einzelnen. Selbst wenn die Angaben wahrheitsgemäß sind, besteht immer eine gewisse Unschärfe und der Vergleich zwischen mehreren Menschen oder zu einer Art Goldstandard fällt schwer. Schließlich bedeutet „Entspannung“ nicht für jeden Menschen dasselbe.

Zunehmend verbreiten sich daher Messverfahren, die versuchen, Stress und die anderen Parameter zu erfassen und zu quantifizieren. Dabei soll einerseits der akute Zustand gemessen und andererseits auch Aussagen über langfristig anhaltende Belastungen getroffen werden. Während sich dies in der Medizin langsam etabliert, preschen Lifestyle Unternehmen mit Wearables vor und bieten Armbänder und Uhren, die genau diese abstrakten Parameter der mentalen Gesundheit erfassen sollen.

Neben der reinen Messung zur Erfassung, Beobachtung oder Forschung von einzelnen Parametern, gibt es auch Methoden zum Training von Soft Skills wie Empathie und Kreativität. Zu den bekanntesten datenbasierten Verfahren zählen Bio- und Neurofeedback. Diese werden sowohl im medizinischen Bereich, als auch im Leistungstraining und im Unternehmensumfeld eingesetzt. Das

folgende Kapitel bietet einen Überblick zu verschiedenen Ansätzen sowie dem aktuellen Stand der Technik.

4.2 Quantitative Messungen von Stressreaktionen und chronischem Stress

Stress ist die unspezifische Reaktion des Organismus auf jede Art von Anforderung. Ein adäquates Level an Aktivierung generiert eine gewisse Alarmbereitschaft und sichert das Überleben. Der Körper reagiert in einer Stress-Situation über das autonome Nervensystem Sympathikus. Zudem werden die Hormone Adrenalin und Noradrenalin ausgeschüttet, was zu einer Beschleunigung des Herzschlags, des Blutdrucks und der Muskelspannung führt und Blutzucker zur schnellen Versorgung der Muskulatur freisetzt.

In der Entspannungsphase wird der Parasympathikus aktiv, der die Organsysteme auf Regeneration umstellt. Dabei werden Endorphine und Neurotransmitter ausgeschüttet, die den Körper nach einer Stress-Situation entspannen. Stress und Entspannung sind natürliche Reaktionen des Körpers. Auf Stress sollte eine ausreichende Entspannungsphase folgen. Dauerhafter Stress kann langfristig zu Krankheiten und Schäden führen.

Bioparameter

Die Erfassung dieser entgegengesetzten Reaktionen kann einerseits subjektiv, über Fragebögen oder Gespräche, und andererseits objektiv anhand der Messung von Biomarkern erfolgen. Diese können invasiv oder non-invasiv sein und sowohl akute Stressreaktionen als auch langfristig bestehende Stresszustände erfassen.

Der Ruheherzschlag eines gesunden Erwachsenen liegt zwischen 50 und 80 Schlägen pro Minute. Dabei werden vier bis sechs Liter Blut durch den Körper gepumpt. Körperliche und psychische Belastungen führen zu einer natürlichen Anpassung des Herzschlags und einer Erhöhung der Herzfrequenz. Mehr Blut und damit mehr Sauerstoff werden durch den Körper gepumpt. Tritt ein entspannter Zustand ein, schlägt das Herz langsamer. Ein gut trainiertes Herz hat einen niedrigeren Ruhepuls und begünstigt ein gesundes, langes Leben. Die Herzfrequenz kann durch Übungen während und nach stressigen Phasen beruhigt werden. Dies geschieht über komplexe Regulationsmechanismen, welche auf das Nerven-, Hormon und Druckrezeptoren-System reagieren.

Neben der Brustatmung kann durch das Zwerchfell auch eine Bauchatmung erfolgen. Dabei wird primär der untere Bereich der Lunge mit Luft gefüllt. Durch die

4 Stressbehandlung durch Sensorik

hier sehr gute Durchblutung der Lunge kann viel Sauerstoff in den Körper aufgenommen werden. Unter Stress, z.B. körperlicher oder psychischer Belastung, steigt die Atemfrequenz natürlicherweise an. Durch die oftmals damit verbundene flache Atmung wird das CO₂ (Kohlendioxid) nicht vollständig abgeatmet. Eine dauerhafte Stressatmung führt langfristig zu einer Störung des Gleichgewichts von CO₂ und O₂. Eine entspannte, ruhige Atmung führt zu ausreichender Sauerstoffversorgung.

Durch eine kurzzeitige Erhöhung der Sympathikus-Aktivität sinkt der elektrische Leitungswiderstand der Haut. Es wird vermehrt Schweiß produziert, was zu einer Zunahme der Hautleitfähigkeit führt. Dies ist die genaueste Methode, um unbewusste menschliche Reaktionen zu messen, da der EDA-Wert nicht bewusst beeinflussbar ist. Die Latenzzeit beträgt nur ca. 2 Sekunden, allerdings ist die Aktivierung sehr unspezifisch.

Herzratenvariabilität (HRV)

Ein beliebter Biomarker zur Erfassung von kurz- und langfristig bestehendem Stress ist die Herzratenvariabilität (HRV). Der große Vorteil ist dabei ein gutes Verständnis des Parameters und eine einfache Messbarkeit, beispielsweise über Wearables.

Die HRV bezeichnet die Veränderung der Frequenz des Herzrhythmus, d.h. die zeitlichen Abstände zwischen zwei Herzschlägen. Ein variabler Herzschlag, also eine hohe HRV, ist ein Zeichen für Gesundheit, Flexibilität und Resilienz. Ein schlechter HRV-Parameter spricht dafür, dass die Entspannungs-fähigkeit des vegetativen Nervensystems abnimmt. Unter Stress sinkt die HRV ab, das Herz schlägt gleichmäßiger und rhythmischer, was weniger Flexibilität bedeutet. Chronischer Stress kann zu einer eingeschränkten und reduzierten Variabilität führen. Unter Entspannung oder Entlastungen steigt die Variabilität des Herzschlags an. Eine hohe Anpassungsfähigkeit an Belastungen zeigt sich in einer großen Variabilität.

Eine Abstimmung von Atmung und Herzschlag lässt einen bewussten Eingriff auf das vegetative Nervensystem zu. Durch eine kontrollierte, ruhige Atmung kann die HRV positiv beeinflusst werden. Bei jedem Einatmen steigt die HF an, bei jedem Ausatmen sinkt die HF leicht ab. Das Herz wird dabei stets aus dem Takt gebracht und trainiert. Befindet sich dieses System in einer Balance, unterstützen sich Herz und Atmung gegenseitig. Beim Einatmen beschleunigt sich der Herzschlag, beim Ausatmen nimmt dieser ab. Dieser gesunde und gleichmäßige Wechsel des Herzschlags mit der Atmung wird als Kohärenz bezeichnet.

Elektroenzephalografie (EEG)

Die Elektroenzephalografie beschreibt die Aufzeichnung der Gehirnaktivität oder der Gehirnwellen. Dabei werden elektrische Aktivitäten des Gehirns durch Aufzeichnung der Spannungsschwankungen an der Kopfoberfläche gemessen. Genauer gesagt misst das EEG die elektrische Aktivität der Pyramidenzellen, die senkrecht zur Kortexoberfläche angeordnet sind. Ändern mehr als 1.000 Zellen ihre Polarität, zeigt sich dies in einem Ausschlag der Spannungskurve des Roh-EEGs. Ein EEG-Verstärker macht diese Signale auswertbar.

Messmethodik und Anwendung in der Praxis

Die Messung des Elektroenzephalogramms erfolgt über eine elektrische Ableitung durch Elektroden, welche meist mithilfe einer Kappe auf die Kopfhaut aufgesetzt werden. Durch etwas Gel entsteht trotz Haaren eine ausreichende Verbindung. Dies macht das EEG zu einer schmerzfreien, relativ unkomplizierten und günstigen Messtechnik. Je nach Anwendungsfall wird eine unterschiedliche Anzahl an Elektroden verwendet. Die in der Klinik übliche Ableitung nach dem 10-20-System, welches ein Raster für Positionen der Elektroden ist, verwendet 22 Elektroden für 19 EEG Kanäle.

EEG-Messungen gehören zu den Standarduntersuchungen des Neurologen, insbesondere bei Epilepsie. Durch die hohe Verfügbarkeit von EEG-Aufnahmen werden zunehmend andere Anwendungsfelder erschlossen und Forschungen durchgeführt.

EEG Frequenzbänder

Bei der EEG Analyse wird das gefilterte Roh-EEG Signal in definierte Frequenzbänder aufgeschlüsselt (s. Abb. 1). Diese werden mit griechischen Buchstaben bezeichnet, in der Reihenfolge ihrer Erstbeschreibung. Bei unterschiedlichen kognitiven Anforderungen oder Gemütszuständen passt das Gehirn seine Aktivitäten an und bestimmte Frequenzen werden dominanter. Das EEG bleibt stets eine Mischung aus vielen verschiedenen Frequenzen. Es kommt normalerweise nicht vor, dass nur eine einzige dominante Frequenz beobachtet wird.

Das Delta-Frequenzband reicht von 1-4 Hz und steht für eine sehr geringe Aktivität im Gehirn. Delta-Wellen treten in Tiefschlaf-Phasen oder bei Bewusstseinsverlust auf. In diesen Phasen treten keine Träume auf und das Bewusstsein ist vollständig ausgeschaltet. Eine übermäßige Präsenz von Delta-Wellen bei wachen Erwachsenen spricht für eine geringe Leistung des Gehirns und kann beispielsweise nach Verletzungen, im Koma oder bei Schlaganfällen vorkommen.

4 Stressbehandlung durch Sensorik

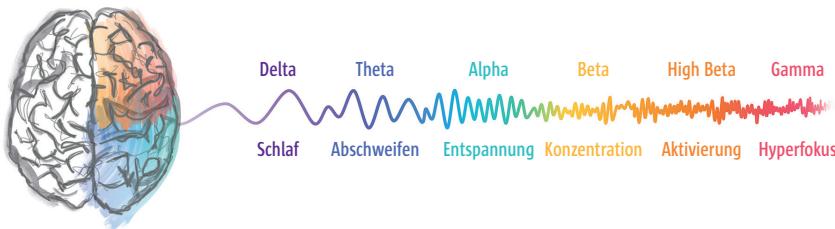


Abb. 1 Übersicht über die Frequenzbänder des EEGs. Die Frequenzbänder treten selten isoliert auf, die Schlagwörter beziehen sich auf eine Dominanz des jeweiligen Frequenzbandes im EEG Spektrum.

Das Theta-Frequenzband reicht von 4–8 Hz und entspricht einem abwesenden, zum Teil müden Zustand des Gehirns. Theta-Wellen treten beim Tagträumen oder tiefer Entspannung auf und können auch in ein spontanes Einschlafen übergehen. Die Aktivität kann im Rahmen von Kreativ-Prozessen, Entspannungsverfahren oder bestimmten Meditationen gewünscht sein. Zu deutliche Theta-Wellen im Wachzustand können die Konzentration erschweren.

Das Alpha-Frequenzband reicht von 8–12 Hz und entspricht einem entspannten Zustand des Gehirns. Alpha-Wellen treten spontan beim Augenschluss auf und sind mit bloßem Auge im Roh-EEG sichtbar, meist im hinteren Bereich des Gehirns. Die Aktivität kann durch ruhiges Atmen und dem Beobachten der eigenen Gedanken unterstützt werden.

Das Beta-Frequenzband reicht von 12–20 Hz und entspricht einem fokussierten Zustand des Gehirns mit gerichteter Aufmerksamkeit. Beta-Wellen sind bei Erwachsenen im Wach-EEG prominent zu sehen. Die Aktivität kann durch ruhige Konzentration auf wenige Informationsstränge und eine störungsfreie Umgebung unterstützt werden.

Das High Beta-Frequenzband reicht von 20–35 Hz und entspricht einem sehr angespannten und aktivierten Zustand des Gehirns. High Beta-Wellen werden als Stress empfunden, wenn sie nach der Anstrengung nicht wieder abklingen. Die Aktivität sollte nicht dauerhaft zu stark ausgeprägt sein und lässt sich durch Pausen oder Entspannungs-Übungen wieder reduzieren. Stimulanzien wie Kaffee oder bestimmte Medikamente erhöhen den Anteil an High Beta Aktivität im Gehirn.

Das Gamma-Frequenzband reicht von 35–45 Hz und entspricht einem maximal aktivierten Zustand des Gehirns. Gamma-Wellen sind noch nicht vollständig erforscht, es scheint als wären sie wichtig für Lernvorgänge und höchste kognitive Leistungen. Wahrscheinlich sind Gamma-Aktivitäten auch für Problemlösungen bedeutsam, allerdings wird dabei selten ein isolierter Gamma-Zustand gemessen.

Quantitative EEG Auswertung und BrainMaps

Neben einer qualitativen EEG Befundung, beispielsweise durch visuelle Inspektion der Roh-EEG-Aufzeichnung und Untersuchung auf ungewöhnliche oder pathologische Muster, ist auch eine quantitative Auswertung möglich. Dabei wird ein Segment der EEG Aufnahme, typischerweise mit geöffneten und geschlossenen Augen sowie einzelne kognitive Aufgaben, statistisch analysiert. Neben Power-Spektren der einzelnen Frequenzbänder werden auch Asymmetrien und Kohärenzen ausgewertet.

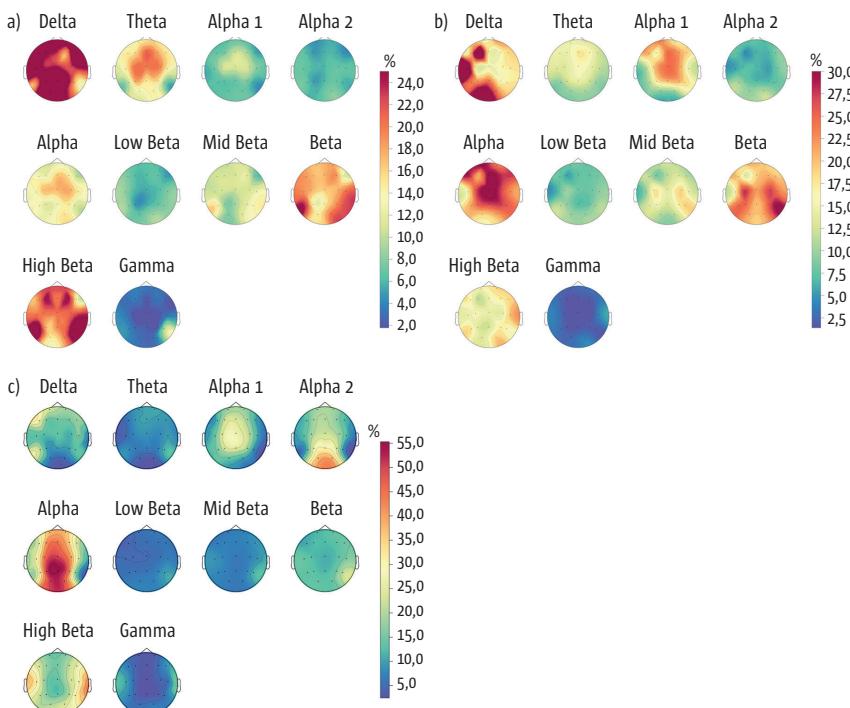


Abb. 2 3 EEG Aufnahmen von unterschiedlichen Personen. Aufnahme 1 (a) zeigt eine Aufnahme eines Patienten mit Burnout. Dabei zeigt sich ein hoher Anteil von Delta, Theta, Beta und High Beta Frequenzen. Aufnahme 2 (b) zeigt eine Aufnahme eines Patienten mit Chronic Fatigue Syndrom. Dabei zeigt sich ein hoher Anteil von Delta, Alpha und Beta Frequenzen. Die Aufnahme 3 (c) zeigt eine Aufnahme eines Klienten mit langjähriger Meditationserfahrung während einer Dankbarkeitsmeditation. Dabei zeigt sich ein sehr hoher Anteil von Alpha Frequenzen.

4 Stressbehandlung durch Sensorik

Die Ergebnisse werden unter anderem in Form von „Heat Maps“ (daher auch der Begriff Brain Maps) visualisiert. Dabei wird ein Umriss des Kopfes sowie die Elektrodenpositionen des EEGs mit Blick von oben auf den Patienten dargestellt. Diese Grafiken entsprechen jeweils einem statistischen Merkmal, beispielsweise der Power des Alpha Frequenzbands, wobei die Ausprägung durch farbliche Abstufungen angezeigt wird (s. Abb. 2).

4.3 Biofeedback und Neurofeedback

Bio- und Neurofeedback sind Trainings- bzw. Behandlungsmethoden, welche auf dem Prinzip der operanten Konditionierung basieren. Bio- bzw. EEG-Parameter werden während der gesamten Sitzung dauerhaft in Echtzeit erfasst und in einer für den Trainierenden verständlichen Form, meist visuell oder auditiv, dargestellt. Dadurch soll eine Beobachtung und im Verlauf auch eine gewisse Kontrolle des jeweiligen Parameters ermöglicht werden. Besonders bewährt haben sich die Methoden bei Messwerten, die ohne technische Hilfe nicht direkt wahrgenommen werden können, etwa die Herzratenvariabilität oder die Ausprägung von einzelnen EEG Frequenzen.

Meist werden die gemessenen Parameter nicht nur angezeigt, sondern durch eine Animation oder ein Spiel in eine Art Wettbewerb verwandelt. Dabei wird vor der Sitzung ein Trainingsziel festgelegt und darauf basierend eine gewünschte und eine unerwünschte Änderung des Parameters definiert. Das Trainingsziel „Entspannung“ würde beispielsweise mit einer steigenden HRV einhergehen. Dementsprechend würde im Spiel ein Anstieg der HRV zu einer positiven Rückmeldung führen, etwa indem Punkte gegeben werden und die Figur nach oben fliegt. Eine Verringerung der HRV würde gegenteilig zu einem Absinken der Figur und keinen weiteren Punkten führen (s. Abb. 3).

Über mehrere regelmäßig durchgeführte Sitzungen entsteht ein Lern- bzw. Trainingseffekt und die geübten Abläufe werden sowohl unbewusst als auch zunehmend bewusst in den Alltag übertragen. Die erlernten Muster bleiben dabei nach aktuellen Erkenntnissen über längere Zeit präsent, insbesondere wenn die Trainierenden einige Alltagsübungen beibehalten.

Biofeedback

Genau genommen ist Biofeedback der Überbegriff der oben beschriebenen Methodik, wird aber meist als Bezeichnung für Feedback Training von allen Parametern neben dem EEG benutzt. Dazu zählen typischerweise Puls und HRV, Atmung, Muskelspannung sowie Hautleitwiderstand. Der Vorteil bei diesen wenig abstrakten

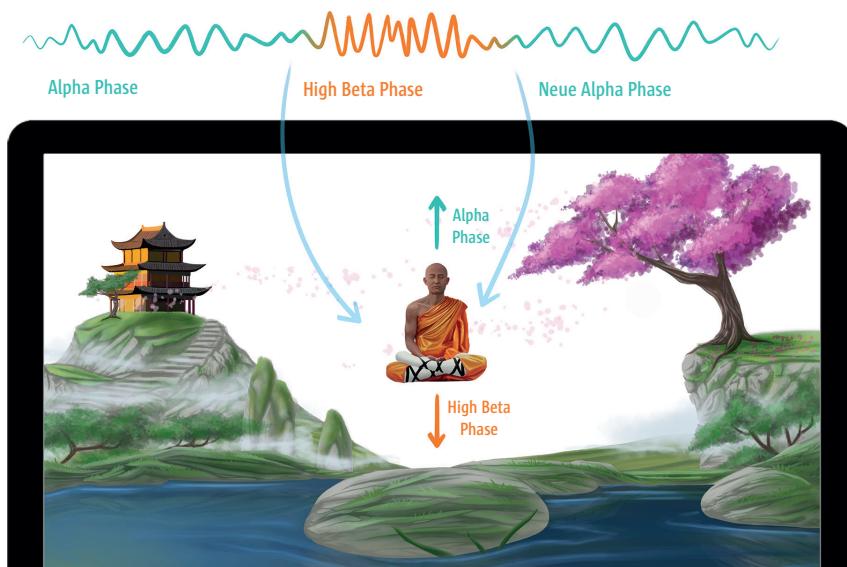


Abb. 3 Neurofeedback. Die in Echtzeit gemessenen EEG Aktivitäten werden direkt auf das Spiel mit der Mönchfigur übertragen. In diesem Fall (Entspannungstraining) schwebt der Mönch bei dominierender Alpha Aktivität nach oben, bei Dominanz von High Beta Aktivität sinkt er ab.

Messwerten ist, dass eine aktive Ansteuerung und damit eine Kontrolle schneller erlernt werden kann als beim Neurofeedback. Die Trainingsziele sind allerdings meist auf Entspannung oder Aktivierung reduziert und bieten daher insbesondere bei psychischen Beschwerdebildern keine so stark differenzierten Ansatzpunkte.

Anwendungsbereiche:

- Chronischer Stress
- (muskuläre) Anspannung
- Schlafstörungen
- Unruhe
- Nervosität
- Angst- und Panikstörungen
- Entspannungsverfahren
- Meditation

Neurofeedback

Beim Neurofeedback werden quantitative Parameter des EEGs an den Trainierenden rückgemeldet. Daher ist eine dauerhafte EEG Ableitung, meist jedoch nur auf 1-4 Kanälen, notwendig. Basierend auf dem Roh EEG werden dann in Echtzeit die relevanten Parameter berechnet. Verschiedene Neurofeedback-Verfahren setzen dabei auf unterschiedliche Analysen der EEG Daten. Ein sehr verbreitetes Verfahren, das Frequenzband-Training, orientiert sich direkt an den im neurologischen Bereich geläufigen, oben bereits erwähnten Frequenzbändern.

Die Trainingsprogramme sehen dabei in der Regel vor, dass die Power bzw. Amplitude einzelner Frequenzbänder entweder gesteigert oder reduziert werden soll. Dadurch kann ein sehr differenzierter Zustand eines Gehirnbereichs als gewünschtes Ziel definiert werden. Sowohl die ausgewählten Frequenzen als auch die EEG Positionen richten sich nach Beschwerdebild bzw. Trainingsziel des Trainierenden. Dieser ist beim Neurofeedback deutlich mehr darauf angewiesen, den unbewussten Lernprozess basierend auf dem Feedback zuzulassen, da meist keine allgemeingültige Strategie vorgegeben werden kann (s. Abb. 4).



Abb. 4 Neurofeedback in der Praxis. Bei der Patientin (rechts) wird ein EEG abgeleitet und auf dem Bildschirm (links) analysiert. Die Rückmeldung erfolgt durch das Spiel mit dem Mönch, welches für die Patientin sichtbar ist.

II Health

Anwendungsbereiche:

- ADS/ADHS
- Depressive Störungen
- chronischer Stress
- Angst- und Panikstörungen
- Posttraumatische Belastungsstörungen
- Autismus-Spektrum-Störungen
- Epilepsie
- Migräne
- Schlafstörungen
- Konzentrationstraining
- Meditation
- Kreativitätstraining

Fokustraining

Dieses sehr klassische Neurofeedback-Training zielt darauf ab, im zentralen Bereich des Gehirns eine mittelgradige Aktivierung zu generieren. Dabei werden langsame Frequenzen (Abdriften, Ablenkung) und zu schnelle Frequenzen (Stress, Anspannung) reduziert. Der angestrebte Zustand ermöglicht körperliche und gedankliche Ruhe und trägt somit zu einer besseren Fokussierung und Konzentration bei. Eine gute Basis für weitere Trainings, sowohl zur Steigerung der Konzentration als auch der Entspannung (s. Abb. 5).

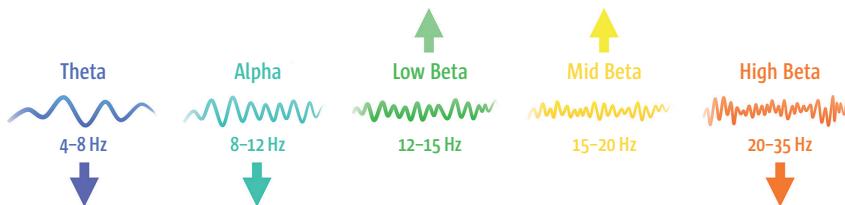


Abb. 5 Fokustraining. Es sollen die Amplituden des Theta, Alpha und High Beta Frequenzbands reduziert und die Amplituden des Low Beta und Mid Beta Frequenzbands gesteigert werden.