

# Verbesserte Entspannungsfähigkeit durch Neurofeedback-Training in virtueller Realität

**Dr. Martine Hoffmann & Prof. Matthias Pfaff**

37

JOURNAL  
geroRESEARCH  
2024

*Martine Hoffmann, Dr., ist promovierte Diplom-Psychologin und approbierte Psychotherapeutin mit Zusatzausbildungen in u.a. Hypnotherapie und Neurofeedback-Therapie.*

*Als Leiterin der Abteilung geroRESEARCH widmet sie sich aktiv der Forschung und Entwicklung technikgestützter Gesundheitslösungen für ältere Menschen. Ihr besonderes Interesse gilt der Entspannungs- und Emotionsregulation, die sie in ihre Arbeit einfließen lässt. Als Autorin hat sie zu diesen Themen zahlreiche Fachpublikationen und Ratgeberliteratur verfasst.*

In einer Zeit schnellen technologischen Fortschritts, in der die Digitalisierung nahezu alle Bereiche des Lebens durchdringt und grundlegend verändert, wird das fortgeschrittene Erwachsenenalter häufig vernachlässigt. Negative Altersstereotype halten sich weiterhin hartnäckig: Älteren Menschen wird nach wie vor oft eine geringere Lernfähigkeit, fehlendes Interesse oder mangelnde Eignung für innovative, technikbasierte Anwendungen unterstellt.

Besonders bei der Integration digitaler Lösungen zur Förderung der mentalen Gesundheit und Prävention im Alter zeigt sich eine deutliche Lücke. Genau hier setzt das NeuroVR-Projekt an. In einem gemeinsamen Ansatz der Hochschule Kaiserslautern und dem geroRESEARCH Lab entstand eine innovative prototypische E-Mental-Health-Lösung, die die Neurofeedback-Methode mit fortschrittlicher VR-Technologie kombiniert, um die Stressresistenz älterer Menschen zu stärken.

## Stressbewältigung ist ein Lebensthema

Es dürfte kaum einen Menschen geben – ob jung oder alt – der noch niemals im Leben Stress hatte. Stress ist eine natürliche Reaktion des Körpers in Phasen, in denen man stark gefordert ist: Der Organismus geht in Alarmbereitschaft und stellt sich darauf ein, mehr leisten zu können. Kurzfristiger Stress kann adaptiv sein und dabei helfen, neue Fähigkeiten zu erlernen und Herausforderungen zu bewältigen. Und dies ein Leben lang. Auffallend ist in dem Zusammenhang, dass viele ältere Menschen die physischen, emotionalen und sozialen Herausforderungen des Alterns erstaunlich gut meistern. Trotz objektiver Verluste und Einschränkungen zeigen viele ein hohes Maß an subjektiver Zufriedenheit. Ein Phänomen das in der Fachliteratur als „Zufriedenheitsparadox“ beschrieben wird (Herschbach, 2002).

Doch ist Vorsicht vor einer verallgemeinernden Interpretation geboten. In Langzeitstudien fanden Sliwinsky, Almeida, Stawski und Smyth (2009) heraus, dass die durchschnittlichen emotionalen Stressreaktionen älterer Menschen mit zunehmendem Alter stärker werden. Besonders im hohen Alter, wenn kritische Lebensereignisse wie der Verlust nahestehender Personen, körperliche Einschränkungen oder chronische psychische Belastungen wie Einsamkeit häufiger werden, können die individuellen Stressbewältigungsstrategien älterer Menschen an ihre Grenzen stoßen. Dies kann zunächst die Vulnerabilität, sprich die Anfälligkeit für Erkrankungen steigern und dann das Risiko für stressassoziierte, psychische und schließlich neurodegenerative Erkrankungen erhöhen (Seeman, McEwen, Rowe & Singer, 2001).

Vor diesem Hintergrund sind präventive Maßnahmen zur Förderung der Stressresilienz und Entspannungsfähigkeit – gerade im höheren Lebensalter – von großer Relevanz. Ein vielversprechender nicht-invasiver Ansatz zur Optimierung der zentralnervösen Selbstregulationsfähigkeiten stellt das Neurofeedback dar.

## Neurofeedback – Verhaltenstraining fürs Gehirn

Neurofeedback ist ein computergestütztes, wissenschaftlich fundiertes Verfahren aus der Verhaltensmedizin, bei dem die elektrische Aktivität des Gehirns mittels Elektroenzephalographie (EEG) gemessen und in Echtzeit visuell oder auditiv rückgemeldet wird. Diese präzise Rückkopplung ermöglicht es den Anwendenden, ihre Hirnwellenaktivität gezielt zu beeinflussen und durch kontinuierliches Training langfristig zu regulieren.



Foto: © geroRESEARCH

*Das Neurofeedback LAB ist das Herzstück der Abteilung für angewandte Forschung im GERO-Kompetenzzentrum. Seit über zehn Jahren werden hier projektbezogene Anwendungsmöglichkeiten von Neurofeedback zur Verbesserung der Selbstregulation, Stressresilienz, Entspannungsfähigkeit und der geistigen Fitness von Menschen höheren Lebensalters erforscht. Im Mittelpunkt stehen dabei gleichermaßen das „Gehirn“ und „seine Besitzer\*innen“.*

## Vorgehensweise beim Neurofeedback

Beim Neurofeedback werden Sensoren auf der Kopfhaut angebracht, die die elektrische Aktivität des Gehirns (EEG) ableiten. Die Hirnwellenmuster variieren in Abhängigkeit der geistigen Bewusstseinszustände und Anforderungen (z.B. Konzentration, Entspannung oder Müdigkeit). Man spricht hier von sogenannten Frequenzbändern, gemessen in Hertz (Hz), in die sich das EEG mathematisch zerlegen lässt. Üblich ist die Unterteilung in Delta (1–3 Hz), Theta (4–7 Hz), Alpha (8–12 Hz), Sigma bzw. SMR (13–15 Hz), mittleres Beta (< 15–18 Hz) und hohes Beta (18–30 Hz), wobei die trennscharfe Definition der Frequenzbänder in der Literatur variiert (siehe Michaux & Hoffmann, 2023).

Konkret wird – um ein entspanntes Wachbewusstsein zu fördern – darauf im Trainingsprotokoll abgezielt, die Amplitude des sogenannten Alpha-Frequenzband (8–12 Hz) zu erhöhen. Dagegen werden hohe Beta-Wellen (Frequenzbereich 18–30 Hz), die mit Stress und Angst verbunden sind, gleichermaßen wie niedrigfrequente Theta-Wellen (4–7 Hz), die mit Schläfrigkeit einhergehen, reduziert.

Der Trainingsprozess erfolgt (fast) ohne Anstrengung, größtenteils unbewusst. Neurofeedback beruht auf dem lerntheoretischen Prinzip der operanten Konditionierung, sprich dem Lernen durch Belohnung. Anwendende erhalten demnach eine visuelle oder auditive Rückmeldung, die zeigt, wie sich die Gehirnaktivität in Echtzeit verändert. Dadurch werden zunächst unbewusst ablaufende neuronale Prozesse wahrnehmbar bzw. bewusst gemacht. Wenn es dem Gehirn gelingt, einen gewünschten Aktivierungszustand herzustellen, wird dies positiv verstärkt bzw. „belohnt“ – zum Beispiel durch eine Veränderung im Bild oder Ton. Das Gehirn versucht permanent, die im Feedback versteckten Muster zu erkennen und zu verstehen, um möglichst oft eine Belohnung zu erhalten. Diese fortlaufende Rückkopplungsschleife unterstützt es dabei, gewünschte Aktivitätsmuster gezielt zu stabilisieren und ineffiziente oder dysfunktionale Muster zu reduzieren.

Der Vorteil des Neurofeedbacks im Vergleich zu klassischen Entspannungstechniken wie Meditation oder Autogenem Training liegt, darin, dass (a) keine spezifische Entspannungstechnik erlernt werden muss und (b) eine gezielte, sprich bedarfsorientierte Veränderung indizierter Hirnaktivitätsmuster nach wenigen Trainingsanwendungen erreicht wird. Mit Neurofeedback wird es möglich, die geistige Fitness und die Selbstregulations-

fähigkeit des Gehirns gezielt zu trainieren und dadurch Wahrnehmung, Denken und Verhalten nachhaltig positiv zu beeinflussen.

Obwohl es bis dato wenig systematische Forschung zu Neurofeedback im gerontologischen Kontext gibt, sind die langjährigen Erfahrungen aus der eigenen Anwendungspraxis vielversprechend (Michaux et al. 2017; Trambaiolli et al, 2021). Besonders für Menschen in höherem Erwachsenenalter bietet Neurofeedback eine nicht-invasive und gut akzeptierte Methode zur Verbesserung kognitiver und sensibler Fähigkeiten sowie zur Steigerung der Entspannungsfähigkeit und Stressresilienz.

## Quo vadis, Neurofeedback in virtueller Realität

Aufgrund der altersbedingten erhöhten Ablenkbarkeit durch äußere Störfaktoren, der verkürzten Aufmerksamkeitsspanne und einer schnelleren kognitiven Ermüdung kann klassisches zweidimensionales Neurofeedback (mit externem Monitor) bei älteren Menschen Einschränkungen aufweisen. In diesem Zusammenhang soll die, im Rahmen des NeuroVR Projektes entwickelte, Neurofeedback Anwendung mit immersiver virtueller Realitäts-Technologie Vorteile bieten. Die Rückmeldung (e.g. belohnendes Feedback) erfolgt dabei nicht mehr über einen externen Monitor, sondern direkt in der virtuellen Umgebung, die sich in Abhängigkeit von den Hirnwellenmustern (hinsichtlich Farbintensitäts-, Schattierungs- und Bewegungsparametern) verändert. Erwartet wird, dass das Gefühl des Präsentseins und die Möglichkeit zur Interaktion in der virtuellen Entspannungswelt die Wirkeffekte des Trainings im Vergleich zum klassischen zweidimensionalen Neurofeedback verstärkt bzw. eine vergleichbare Wirkung zeitökonomischer erzielt werden kann (vgl. Berger & Davelaar, 2018).

In interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen geroRESEARCH und dem Virtual Design Department der Hochschule Kaiserslautern wurde eine prototypische NeuroVR-Anwendung entwickelt. Die Expertise aus den Bereichen Virtual Design, Gerontopsychologie, Neurofeedback-Therapie sowie die aktive Einbindung der Endanwender\*innen flossen gleichermaßen in den Entwicklungsprozess ein, um eine praxisnahe und bedarfsgerechte Lösung sicherzustellen. Kombiniert wurde modernste VR-Technologie mit den Prinzipien des Neurofeedbacks, um eine Umgebung zu schaffen, die sowohl technisch funktional als auch ästhetisch ansprechend ist. Technologisch stand die präzise

Echtzeit-Messung und Rückmeldung der Gehirnaktivität in der VR-Umgebung im Mittelpunkt, während motivationspsychologische Faktoren wie die Gestaltung entspannender und beruhigender virtueller Szenarien eine zentrale Rolle spielten. Anwenderspezifisch wurde darauf geachtet, dass das virtuelle Design altersgerecht gestaltet und individuell anpassbar ist, um eine optimale, benutzerzentrierte Erfahrung zu ermöglichen.

## Proof-of-concept Pilotstudie

Zur Überprüfung der praktischen Umsetzbarkeit und der Funktionalität der NeuroVR-Anwendung wurde eine „Proof of Concept“-Pilotstudie durchgeführt. Diese erstreckte sich über einen Zeitraum von sechs Monaten, wobei die Teilnehmenden über das „GERO-Kompetenzzentrum für den Alter“ rekrutiert wurden. Insgesamt nahmen 15 Personen im Durchschnittsalter von 67 Jahren teil, mit einer Altersspanne von 33 bis 90 Jahren. Alle Teilnehmenden waren frei von schwerwiegenden körperlichen oder psychischen Beschwerden und erfüllten die Kriterien zur Teilnahme am Projekt. Die Erprobung des Prototyps erfolgte in standardisierten 60-minütigen Einzelsitzungen, die unter der fachkundigen Anleitung einer qualifizierten Neurofeedback-Therapeutin stattfanden.

Zunächst wurde ein Vorgespräch durchgeführt, in dem die Teilnehmenden zu ihrer geistigen und körperlichen Verfassung sowie zu möglichen Erkrankungen oder Ausschlusskriterien, wie etwa photosensibler Epilepsie oder psychotischen Störungen, befragt wurden. Im Anschluss erhielten sie eine umfassende Aufklärung über die methodischen Vorgehensweisen und die technischen Grundlagen der NeuroVR-Anwendung. Dies wurde durch eine schriftliche Einverständniserklärung zur Teilnahme ergänzt, um sicherzustellen, dass die Teilnehmenden vollständig über die Studie informiert und mit den Bedingungen einverstanden waren.

Nach der ausführlichen Aufklärung und Einholung der Einverständniserklärung begann die Vorbereitung für die Neurofeedback-Anwendung. Zunächst wurde eine aktive Elektrode an der Kopfstelle Cz positioniert, während zur Referenz- und Erdungskontrolle jeweils Clip-Elektroden am Lobulus auricularis befestigt wurden. Vor der Platzierung der Elektroden wurde die Kopfhaut an den entsprechenden Stellen mit einer abrasiven, leitfähigen EEG-Paste vorbereitet, um die Qualität der Signalübertragung zu optimieren. Nachdem

die Elektroden korrekt platziert waren, wurde die Neurofeedback-Trainingssoftware (Mindfield 2.41) gestartet und mit der Echtzeit-Entwicklungs-umgebung (Unreal Engine) synchronisiert. Diese computergenerierte Umgebung zeigt eine in einem VR-Headset generierte Entspannungswelt in Virtual Reality.



## Ein Einblick in die VR-Experience

*Mit dem Aufsetzen der VR-Brille beginnt ein idyllischer Waldspazierweg, umgeben von natürlichen Geräuschen und sanfter Musik. Sonnenstrahlen durchdringen das Blätterdach des Waldes, während der moosbedeckte Weg von niedrigen Pflanzen gesäumt ist. Die Geschwindigkeit der Fortbewegung, die Intensität der Landschaft und sogar die Klarheit der Sicht werden nicht dem Zufall überlassen, sondern von den Schwingungsmustern der eigenen Hirnaktivität beeinflusst. Mit jedem Schritt der Entspannung erwacht der virtuelle Spaziergang zu neuem Leben, und die Landschaft entfaltet sich in immer reicherer Vielfalt. Der Pfad führt schließlich zu einer Lichtung, wo ein kristallklarer See in der Sonne glitzert. In der Ferne erheben sich majestätisch die Berge, ihre Gipfel sind mit funkelndem Schnee bedeckt, als ob sie in den Himmel greifen würden. Dann hebt man ab, schwerelos wie ein sanfter Windhauch, schwebt über das glitzernde Wasser des Sees, das sich wie ein Spiegel unter einem erstreckt. Lautlos gleitet man durch die Luft, der Blick schweift über das schimmernde Wasser, bis man schließlich sanft auf der gegenüberliegenden Seite landet.*

Nach Abschluss des Entspannungstrainings wurden das Headset abgenommen, die Elektroden entfernt und die Haut an den betreffenden Stellen gründlich gereinigt. Im Anschluss fand eine kurze Nachbesprechung statt, in der die Teilnehmenden ihre Erfahrungen teilen und mögliche Verbesserungsvorschläge äußern konnten. Darüber hinaus erhielten die Teilnehmenden einen standardisierten

Fragebogen, um ihr subjektives Befinden während des Trainings zu erfassen und somit wertvolle Rückmeldungen zur Wirksamkeit und Akzeptanz der NeuroVR-Anwendung zu sammeln.

## Erkenntnisse und Auswertung

Die qualitative Auswertung der Nachgespräche ergab durchwegs eine sehr positive Bewertung des immersiven Neurofeedbacks, wie die folgenden Auszüge aus den Interviews verdeutlichen:

*„Es war wahrhaftig eine andere Welt, die mir als positive und schöne Erfahrung im Gedächtnis bleibt. Es war mir zwar bewusst, dass diese Welt nur eine visuelle Darstellung zeigte, jedoch fühlte es sich an vereinzelt Stellen sehr real an. Ich spürte auch, wie mein Körper sich währenddessen entspannte. Sehr schön. Diese Methode sollte unbedingt auch in Altenheimen angeboten werden.“*

(Männlich, 86 Jahre)

*„Für mich persönlich würde sich diese Entspannungsmethode hervorragend eignen, ich fühlte richtig, wie mein ganzer Körper sich ausruhte. Ich habe in diesem kurzen Entspannungstraining bemerkt, wie gut ich mithilfe dieser Methode an mir selbst arbeiten konnte.“*

(Weiblich, 62 Jahre)

*„Ich fühle mich richtig lebendig und völlig entspannt.“*

(Männlich, 90)

*„Geräusche vom See sowie die wechselnden Jahreszeiten und die Seifenblasen waren entspannend. Der Himmel hatte eine beruhigende Wirkung. Das Zeitgefühl ging verloren. Ich fühlte mich nach der virtuellen Reise deutlich entspannter als zuvor.“*

(Weiblich, 75 Jahre)



Im Einklang mit diesen Ergebnissen wiesen die quantitativen Auswertungen der angepassten User-Experience-Testbatterie nach Tcha-Tokey (2016) hohe Werte in den selbstberichteten Dimensionen von Immersion und Flow auf und zeigten eine positive Bewertung der Benutzerfreundlichkeit der Anwendung. Auf der Ebene der objektiven EEG-Messungen zeigte sich, übereinstimmend mit den subjektiven Selbstauskünften, eine deutliche Entspannungsreaktion während des Trainings. Der Anstieg des Alpha-Theta-Ratios über den fünfzehnminütigen Trainingszeitraum verdeutlicht die Effektivität des immersiven Neurofeedbacks bei der Förderung eines Zustands wacher Entspannung.

Verbesserungsvorschläge seitens der Teilnehmenden umfassten die Bereicherung der Nutzererfahrung, etwa durch die Integration von Tieren, die entlang des Waldwegs erscheinen und mit denen man interagieren könnte. Vorgeschlagen wurden Schmetterlinge, Rehe oder Eichhörnchen, die auf Gesten reagieren, was die Dynamik der Experience steigern und ein stärkeres Gefühl der Verbundenheit mit der Umgebung vermitteln würde. Ebenfalls wurde vorgeschlagen, das Repertoire durch die Schaffung zusätzlicher virtueller Umgebungen wie Meereslandschaften oder japanische Gärten zu erweitern, um individualisierbare Trainingssettings zu ermöglichen.

Auf Grundlage dieser Projekterfahrung wird deutlich, dass der ko-kreative, interdisziplinäre und partizipative Entwicklungsansatz von geroRESEARCH besonders wirkungsvoll ist. Er ermöglicht ein tiefgehendes Verständnis für die spezifischen Bedürfnisse älterer Menschen und führt zu nutzerzentrierten Lösungen, die sowohl praxisnah als auch zukunftsorientiert sind.

## Diskussion und Ausblick

An der Hirn-Computer-Schnittstelle stehen wir derzeit vor einer faszinierenden und herausfordernden Reise in die Zukunft technikgestützter Gesundheitsanwendungen. Innovative Technologien bergen das Potenzial, eine breite Palette von Virtual-Reality-Welten zu erschaffen, die sowohl realistische Nachbildungen unserer physischen Umgebung als auch fantastische, neuartige Erlebenswelten umfassen. Eine vielversprechende Entwicklung in diesem Bereich ist die Integration von virtueller Realität in die Psychotherapie, die durch den Einsatz von Passthrough-Modus und realistischen Avataren neue Dimensionen erreicht. Der Passthrough-Modus ermöglicht es, die reale Umgebung durch die VR-Brille wahrzunehmen, während man gleichzeitig in eine virtuelle Welt eintaucht. Diese Kombination aus realer und virtueller Wahrnehmung schafft ein einzigartiges therapeutisches Setting, das sowohl Sicherheit als auch Flexibilität bietet: Man kann also in einer vertrauten Umgebung bleiben und dennoch von den Vorteilen immersiver therapeutischer Interventionen profitieren.

Durch die Personalisierung von Avataren lassen sich spezifische therapeutische Szenarien gestalten und auf die individuellen Bedürfnisse je nach Indikationsstellung zuschneiden. Dies kann besonders bei der Behandlung von Angststörungen, posttraumatischen Belastungsstörungen und spezifischen Phobien von Vorteil sein, da Personen in einer kontrollierten Umgebung ihre Ängste konfrontieren und bewältigen können (Qi u.a. 2021). So ist es beispielsweise bereits Gegenstand der sogenannten Avatar-Therapie, dass Personen mit schizophrenen Erkrankungen mithilfe von virtuellen Interface-Technologien ihre auditiven Halluzinationen beeinflussen lernen können (Craig u.a. 2018).

Damit erreicht auch die Neurofeedback-Therapie eine ganz neue Dimension. Jetzt kann sich die Therapeutin oder der Therapeut virtuell in die Neurofeedback-Sitzung zuschalten, sichtbar werden und der Person in Echtzeit Anweisungen geben. Diese Innovation überwindet räumliche Barrieren und ermöglicht eine intensivere und persönlichere Betreuung, die Trainingsmotivation und Therapieerfolg erheblich steigern kann. Diese Entwicklungen versprechen nicht nur eine Revolution in der Gesundheitsvorsorge und -behandlung, sondern auch eine Verbesserung der Resilienz und Leistungsfähigkeit für Menschen in stressreichen Berufen wie Polizei, Feuerwehr und Rettungsdienst.