Keine Angst vor „Hoch hinaus“

Eine Studie zur Untersuchung von Hypnoseeffekten auf die Höhenangst anhand einer VR-Höhenexposition

Michael Lüdtke
Dirk Revenstorf
Frank Papenmeier
Ramona Täglich
Betti Schopp
Ann-Christine Ehlis

Einleitung

Hypnotherapie wird für die Behandlung zahlreicher Störungen eingesetzt (Revenstorf, Peter & Rasch 2023), wie z.B. Schlafstörungen (Cordi et al., 2014), Tabakabusus (Li et al., 2019), Depression (Fuhr et al., 2021; Wilhelm-Gössling et al. 2020), Angststörungen (Valentine et al., 2019), Posttraumatische Belastungsstörung (Rotaru & Rusu, 2016) und viele andere. Dabei nimmt die Akzeptanz der Hypnotherapie als medizinische Anwendung erst in den letzten Jahren zu (Füßler, 2018). Ein weiterer Trend in der Forschung ist der Einsatz von Virtueller Realität (VR). VR kann auch in der Therapie eingesetzt werden, wo es ermöglicht, riskante oder aufwändige Situationen, wie eine Höhenexposition, durch den Einsatz einer VR-Brille zu simulieren. Dabei zeigt sich, dass VR-Höhenexpositionen vergleichbar effektiv sind, wie Expositionen ohne VR (Meyerbröker et al., 2018). Auch im Bereich der Hypnose gibt es erste Indizien dafür, dass VR für manche Personen hilfreich ist. Engelhardt und Leiner (2018; vgl. Engelhardt et al., 2019) konnten zeigen, dass niedrigsuggestible Personen, durch den Einsatz von VR besser in hypnotische Trance versetzt werden können. Die Kombination von VR und Hypnose und die Kombination von Hypnotherapie und Expositionstherapie wurde bisher nur in sehr wenigen Studien untersucht, obwohl einige Befunde auf ein gutes Zusammenwirken von Hypnose und Exposition hindeuten (Hirsch, 2018).

Hypnose und Hypnotherapie

Neurobiologische Grundlagen der Hypnose

Während einer hypnotischen Trance kommt es zu einer Veränderung des Bewusst-

Hypnose-ZHH **2025, 20(1+2), 53-82**

Michael Lüdtke[1], Dirk Revenstorf[1], Frank Papenmeier[1], Ramona Täglich[2], Betti Schopp[2], Ann-Christine Ehlis[2]

[1] Universität Tübingen, Psychologisches Institut, [2]Universitätsklinikum Tübingen

Keine Angst vor „Hoch hinaus". Eine Studie zur Untersuchung von Hypnoseeffekten auf die Höhenangst anhand einer VR-Höhenexposition

Die Kombination von Hypnotherapie und Virtueller Realität (VR) ist ein neues Forschungsfeld im Bereich der Behandlungsmethoden für Höhenangst. Die Hypnotherapie ist bekanntermaßen bei Angststörungen wirksam (Valentine et al., 2019). Gleichzeitig gibt es Befunde, die zeigen, dass vorrangig Hochsuggestible von einer Hypnotherapie profitieren. In einer früheren Studie (Engelhardt & Leiner, 2018) konnte dagegen gezeigt werden, dass durch eine VR-Darstellung vornehmlich Niedrigsuggestible stärker von Hypnose profitieren können. Ziel vorliegender Studie war es, diesen differenziellen Effekt in Bezug auf Höhenangst zu untersuchen. Dazu wurde eine randomisierte Studie mit höhenängstlichen Probanden (N = 72) durchgeführt, die eine Tranceinduktion entweder rein auditiv oder zusätzlich visuell (als VR-Darbietung) erhielten. Die anschließende virtuelle Höhen-Exposition war für alle Probanden identisch. Während des Ablaufes der Intervention wurden Angstratings, Herzrate und neuronale Aktivität gemessen. Die Höhenangst (HIQ) wurde vor und direkt nach der Intervention sowie eine Woche später abgefragt. Die unterschiedliche Wirkung der beiden Induktions-Formen (auditiv und VR) bei verschiedenen Graden der Suggestibilität konnte für die Herzrate nachgewiesen werden. Außerdem konnte ein Zusammenhang zwischen der Herzrate und der neuronalen Aktivität im Precuneus und im linken dorsolateralen präfrontalen Kortex gezeigt werden. Für die neuronale Aktivität wurde kein Interaktionseffekt von Darbietungsform und Suggestibilität gefunden werden. Ferner zeigte sich, dass alle Versuchsgruppen ihre Höhenangst unmittelbar und eine Woche nach der Intervention signifikant verbessern konnten, unabhängig von der Suggestibilität oder dem Trance-Medium. Die Ergebnisse unterstützen außerdem tendenziell die Hypothese, dass besonders Niedrigsuggestible von einer VR-Darstellung profitieren.

Schlüsselwörter: Hypnotherapie, virtuelle Realität, Höhenangst, Herzrate, Precuneus, dorsolateraler präfrontaler Cortex, Suggestibilität

Don't be afraid of heights. A study investigating the effects of hypnosis on fear of heights using VR exposure to heights

The combination of hypnotherapy and virtual reality (VR) is a new field of research in the treatment of fear of heights. Hypnotherapy is known to be effective in treating anxiety disorders (Valentine et al., 2019). At the same time, there is evidence that highly suggestible individuals benefit most from hypnotherapy. In contrast, an earlier study (Engelhardt & Leiner, 2018) showed that VR representation enables low-suggestible individuals in particular to benefit more from hypnosis. The aim of the present study was to investigate this differential effect in relation to fear of heights. To this end, a randomized study was conducted with subjects afraid of heights (N = 72) who received trance induction either purely auditory or additionally visual (as a VR presentation). The subsequent virtual exposure to heights was identical for all subjects. During the intervention, anxiety ratings, heart rate, and neural activity were measured. Fear of heights (HIQ) was assessed before and immediately after the intervention, as well as one week later. The different effects of the two induction forms (auditory and VR)

 © www.MEG-Stiftung.de, Konradstr. 16, D-80801 München

on different degrees of suggestibility were demonstrated for heart rate. In addition, a correlation between heart rate and neural activity in the precuneus and left dorsolateral prefrontal cortex was demonstrated. No interaction effect between presentation form and suggestibility was found for neural activity. Furthermore, all test groups showed a significant improvement in their fear of heights immediately after the intervention and one week later, regardless of suggestibility or the trance medium. The results also tend to support the hypothesis that particularly low-suggestible individuals benefit from VR representation.

Keywords: hypnotherapy, virtual reality, fear of heights, heart rate, precuneus, dorsolateral prefrontal cortex, suggestibility

Dirk Revenstorf, Prof. Dr.
Milton Erickson Akademie
Biesingerstr. 14
72070 Tübingen
drevenstor@aol.com

erhalten: 26.12.24 rev. Version akzeptiert: 19.4.25

Dieses Projekt wurde von der MEG-Stiftung gefördert

seins. Der Bewusstheitsgrad und die Wachheit senken sich tiefer ab als im Alltagsbewusstsein oder in einer Entspannung (Revenstorf, 2015b). Gleichzeitig ist die gedankliche Spontanaktivität heruntergesetzt und die Dissoziation von externen Reizen wird erleichtert. Als neuronaler Indikator für den hypnotischen Trancezustand gelten Veränderungen im Default Mode Network (DMN) (Revenstorf, 2015b). Das DMN, an dem unter anderem der mediale präfrontale Kortex, der Precuneus sowie dorsolaterale frontale Regionen beteiligt sind, ist u.a. während einer Hypnose, dem REM-Schlaf und unter Halluzinogenen in seiner Aktivität herabgesetzt (Lyu et al., 2023; Pyka et al., 2011; Rosazza & Minati, 2011). Der Precuneus, als Teil des DMN, wird als zentral für die Repräsentation des Selbst und die Selbstreflektion angesehen (Cojan et al., 2009; Lyu et al., 2023). Für die Aufrechterhaltung und Veränderung des Selbstbildes wirken Precuneus und dorsolateraler präfrontaler Kortex (dlPFC) zusammen (Pyka et al., 2011). Sichtbar wird dies am Beispiel einer hypnotischen Lähmung. Lernt ein Proband eine Reaktion, wie bei Erscheinung eines blauen oder grünen Pfeils eine Taste zu drücken, spricht man von einer konditionierten Reaktion die automatisch geschieht. Durch die Suggestion einer hypnotischer Lähmung kann die konditionierte Reaktion des Tastendrucks verhindert werden (Revenstorf, 2015b). Während der hypnotischen Lähmung ist zwischen dem dlPFC und dem Precuneus eine starke Konnektivität (Kopplung) zu finden, die die Veränderung des Selbstbildes neuronal umsetzt und aufrechterhält (Pyka et al., 2011). Die hypnotisch-induzierte Lähmung basiert dabei vermutlich auf der Veränderung der Selbstwahrnehmung als „bewegungsunfähig“ und nicht auf aktiven Hemmungsprozessen, wie es ohne Hypnose üblich wäre (Revenstorf, 2015b). Demnach würde ein verändertes Selbstbild einer Person erzeugt,

die die Hand nicht mehr bewegen kann. Folglich kann die Person die Hand nicht mehr bewegen, ohne die Bewegung willentlich unterdrücken zu müssen. Die Hypnose erzeugt eine innere Repräsentationen des Selbst, die das Verhalten steuert (Cojan et al., 2009). Es lässt sich also sagen, dass hypnotische Suggestion in diesem Fall zu einem veränderten Selbstbild führt, das die exekutive Kontrolle übernimmt. Auf neuronaler Ebene könnte man vereinfacht annehmen, dass der Precuneus der präfrontalen Region, die die Kontrolle und Ausführung von Handlungen steuert, die Information übermittelt, dass der Arm gelähmt ist (Revenstorf, 2015b).

Für das Verhalten unter Hypnose ist auch der dlPFC relevant (Revenstorf, 2015b). Personen die eine künstliche Störung des linken dlPFC (ldlPFC) mittels Transkranieller Magnet Stimulation erhielten, folgten hypnotischen Suggestionen stärker als Personen mit einer Scheinstimulation (Dienes & Hutton, 2013). Ein Bereich der unter Hypnose stärker aktiv ist und eine gut gebahnte Verbindung zum dlPFC hat, ist der rechte inferior frontal Gyrus (rIFG) (Cojan et al., 2015). Eine Zunahme der rIFG-Aktivität, wie sie unter Hypnose stattfindet, kann als gesteigerte Aufmerksamkeit interpretiert werden (Cojan et al., 2009). Zudem zeigt sich: je größer die Suggestibilität ist, desto stärker nimmt auch die Aktivität des rIFG durch eine Trance zu (Cojan et al., 2015; Del Casale et al., 2021). Die Aktivität im inferior frontal Gyrus (IFG) ist auch während aversiven hypnotischer Suggestionen erhöht (Li et al., 2020).

Hypnotherapie in Virtueller Realität (VR)

Hypnotherapie gilt als eine Therapiemethode, die für viele Störungsbilder so effektiv wie die kognitive Verhaltenstherapie (Fuhr et al. 2021) und weiteren Verfahren ist (Drigas et al., 2021; Valentine et al., 2019). Halsband und Wolf (2015) halten Hypnose für ein wirksames Werkzeug, um Angstreaktionen zu reduzieren; sie konnten nachweisen, dass die Aktivität in den angstverarbeitenden neuronalen Bereichen durch eine kurze Hypnose signifikant beeinflussen werden und entsprechend waren auch die Angstreaktionen der Zahnarztpatienten nach der Intervention geringer.

Durch Hypnose können das Präsenzerleben und folglich der Therapieerfolg positiv beeinflusst werden (Berkman & Çatak, 2021; Mitrousia & Giotakos, 2016; Opris et al., 2011). Hypnotherapie ist daher für die Kombination mit den meisten Therapieformen geeignet (Revenstorf, 2015b, 2022). So kann die Wirksamkeit der Verhaltenstherapie durch die Hinzunahme von Hypnose verbessert werden (Bryant et al., 2005; Hirsch, 2012, 2018; Kirsch et al., 1995; Revenstorf, 2015a). Erste Befunde weisen darauf hin, dass auch die Kombination von Expositionstherapie mit Hypnose vorteilhaft ist (Hirsch, 2018). Zudem konnte in mehreren Fallstudien gezeigt werden, dass verschiedenste Ängste, wie Flugangst oder Höhenangst, durch einen simultanen Einsatz von VR und Hypnose erfolgreich behandelt werden können (Hirsch, 2012, 2018; Kraft & Kraft, 2004). Auffallend war, dass hoch und niedrig suggestible Personen, unterschiedlich auf die virtuelle Darstellung reagieren. Dies wird in einer Untersuchung von White et al. (2008) deutlich, in der durch eine VR-Hypnose die

EEG-Kohärenz der Hochsuggestiblen reduziert wurde und bei den Niedrigsuggestiblen erhöht werden konnte. Die Wirkung von VR-Hypnose auf die EEG-Kohärenz hängt somit offenbar von der Suggestibilität ab. VR-Hypnose ist vor allem für Personen hilfreich, die Schwierigkeiten haben, sich anhand von verbalen Hinweisen Bilder vorzustellen, wie es bei niedrigsuggestiblen Personen der Fall ist (Askay et al., 2009). Dass besonders niedrigsuggestible Personen von einer VR-Darstellung profitieren, konnte auch in der genannten Studie von Engelhardt & Leiner, (2018) nachgewiesen werden. Die Kombination von VR und Hypnose ist auch von theoretischem Interesse, da in der Hypnose, wie auch in VR-Welten, eine alternative Wirklichkeit konstruiert wird, in der eine Person neue Erfahrungen machen kann (Peter, 2015).

Sowohl Hypnotherapie als auch Expositionstherapie sind wirksame Behandlungsmethoden der Höhenangst (Giraldy & Novaldo, 2022; Golden, 2012; Wilhelm et al., 2018). Dabei war die Wirksamkeit der hypnotischen Expositionstherapie in VR zu einer In-vivo-Durchführung vergleichbar, in manchen Fällen sogar besser (de With et al., 2022; Diemer et al., 2016; Drigas et al., 2021; Freeman et al., 2018; Giraldy & Novaldo, 2022; Landowska et al., 2018; Zhao et al., 2015). Die Durchführung einer Behandlung in virtueller Realität hat auch den Vorteil, dass die Kombination von Hypnose und Höhenexposition leicht standardisiert und kontrollierbar durchgeführt werden kann, ohne die Probanden körperlichen Risiken auszusetzen (Drigas et al., 2021; Wilhelm et al., 2018). In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, wer davon profitiert, wenn VR und Hypnose kombiniert werden und wie sich die Kombination aus VR, Hypnose und Expositionstherapie auf die Höhenangst auswirkt.

VR-Expositionstherapie allgemein und bei Höhenangst

Exposition ist der therapeutische Bereich, für den es die meisten VR-Anwendungen gibt (Emmelkamp & Meyerbröker, 2021). Ein Großteil der empirischen Literatur zeigt, dass die VR-Expositionstherapie (VRET) bei Angststörungen sicher und ähnlich wirksam ist wie eine In-vivo-Exposition (Anderson & Molloy, 2020; Chesham et al., 2018; Wechsler et al., 2019) und die Auswirkungen der Behandlung in der virtuellen Welt auf die reale Welt übertragen werden (Morina et al., 2015). Für die Höhenangst gemäß der Diagnosekriterien des DSM IV für Akrophobie oder gemessen mit dem Heights Interpretation Questionnaire, HIQ (wie z.B. bei Freeman et al. 2018) lässt sich die Wirksamkeit einer VRET nicht von einer In-vivo Exposition unterscheiden (Emmelkamp et al., 2002; Emmelkamp & Meyerbröker, 2021; Landowska et al., 2018; Meyerbröker et al., 2018). Während einer VR-Exposition ist das Angsterleben in verschiedenen Maßen erkennbar, wie beispielsweise in der subjektiv berichteten Angst, einer erhöhten Herzfrequenz und einem erhöhten Cortisolspiegel (Diemer et al., 2016). De With et al. (2022) konnten bei Personen mit mittlerer Höhenangst durch eine VR-Exposition objektiv messbare Höhenangst auslösen. Eine wirksame Reduktion der Höhenangst durch eine VRET konnte von Freeman et al. (2018) im HIQ nachgewiesen werden, der Personen mit Werten > 29 als höhenängstlich definiert. Es

zeigte sich, dass die signifikante Senkung der Höhenangst (unter kritischen HIQ < 29) über mindestens vier Wochen anhielt. Darüber hinaus konnten Landowska et al. (2018) zeigen, dass neuronale Parameter der Höhenangst durch eine VRET in drei Sitzungen normalisiert werden konnten.

Neurobiologische Grundlagen der ET und VRET

Während die Verhaltensänderungen durch eine Expositionstherapie als gut erforscht gelten, gibt es nur wenige Forschungsergebnisse zu neuronalen Prozessen während einer Exposition und noch weniger über solche während einer VRET (Landowska et al., 2018). Aus neurobiologischer Sicht wird durch die Expositionstherapie versucht, einen ausgeglichenen Angstkreislauf wiederherzustellen, an dem der präfrontale Kortex (PFC) und die Amygdala beteiligt sind (McNally, 2007). Der dorsolaterale PFC hemmt die Amygdala indirekt über den medialen PFC (Hartley & Phelps, 2010). Neuere Ergebnisse zu neuronalen Prozessen während einer Exposition konnten zeigen, dass bei Abnahme des regionalen cerebralen Blutflusses der Amygdala auch die Herzrate und die subjektiven Angstratings abnehmen (Åhs et al., 2017). Des weiteren konnte in mehreren Studien eine negative Korrelation zwischen der Aktivität des dlPFC und der Amygdala gezeigt werden, sowohl bei der Exposition In-vivo also auch in VR (Landowska et al., 2018; Nomura et al., 2004; Roy et al., 2010). Eine verringerte dlPFC Aktivierung ist daher als mangelhafte Angst-Inhibition interpretierbar (Landowska et al., 2018). Bei der Bewältigung von Angstreaktionen während einer Exposition scheint der dlPFC, vorrangig linksseitig eine wichtige Rolle zu spielen. So fanden Rosenbaum et al. (2020) nur für den linken dlPFC eine erhöhte Aktivierung während der Exposition. Und auch Ma et al. (2013) fanden eine erhöhte Aktivierung des PFCs nur linksseitig.

Neben dem dlPFC ist auch der inferiore frontale Gyrus (IFG) ein Teil des kognitiven Kontroll-Netzwerks und bei der Verarbeitung von Angst von Bedeutung (Cha et al., 2016; Rosenbaum et al., 2020). Beispielsweise verändert sich durch eine VRET die Aktivität des IFG, der vor der Therapie besonders stark bei Konfrontation mit phobischen Stimuli reagierte (Roy et al., 2010). Eine geringere Aktivierung des rIFG weist daher auf eine mangelnde Hemmung der Angst hin (Rosenbaum et al., 2018). Bei Konfrontation mit einem angstauslösenden Reiz wirkt nämlich der IFG indirekt über den ventromedialen PFC auf die Amygdala ein, um gegebenenfalls die Reaktion der Amygdala zu vermindern (Cha et al., 2016). Im Allgemeinen ermöglicht der IFG die Unterdrückung von gelernten Erfahrungen (Rosenbaum et al., 2018), was im Rahmen des inhibitorischen Lernens durch Exposition trainiert werden kann.

Beim inhibitorischen Lernen spielt auch der Precuneus eine zentrale Rolle, da er den Zugang auf bisheriges Wissen ermöglichen und hemmen kann (Pyka et al., 2011). Eine erhöhte Aktivität im Precuneus findet sich dann, wenn bisherige Annahmen aktualisiert werden (Das & Ray, 2018). Dies gilt für die Aktualisierung des räumlichen Arbeitsgedächtnisses (Jahn et al., 2012) und des Selbstbildes (Pyka et al., 2011).

Während der Exposition ist der Precuneus daran beteiligt, phobische Reize zu verarbeiten und das Selbstbild zu verändern (Álvarez-Pérez et al., 2021; Viña Lorenzo et al., 2020). Dies geschieht unabhängig davon, ob die Reize real oder virtuell dargeboten werden. Nach der Expositionstherapie ist die Aktivität des Precuneus erhöht, was als Zunahme an Selbstwirksamkeit interpretiert werden kann (Álvarez-Pérez et al., 2021). Der Precuneus ist also vor allem dann aktiv, wenn die Erwartungen – sei es an die Außenwelt oder an die eigene Reaktion – nicht erfüllt werden. Im Hinblick auf die vorliegende Arbeit sind zwei neuronale Prozesse während der Exposition von Interesse: Zum einen die Verarbeitung der Angst, die sich vor allem in der Amygdala und indirekt in frontalen Arealen abspielt, und zum anderen der Aspekt des inhibitorischen Lernens, an dem der Precuneus zentral beteiligt ist.

Ziele der Studie

In der vorangegangenen Machbarkeitsstudie von Engelhardt und Leiner (2018) wurde die Wirkung der Hypnose in VR untersucht. Ein wesentlicher Befund dieser Studie war, dass insbesondere niedrigsuggestible Personen von einer VR-Hypnose profitieren können. Für vorliegende Arbeit wird die VR-Hypnose in Kombination mit einer Höhenexposition untersucht, um herauszufinden, ob sich die spezifische Angststörung der Höhenangst durch diesen Ansatz reduzieren lässt. Zum anderen kann während der Höhenexposition die unmittelbare Wirkung der Hypnose untersucht werden, indem die neurophysiologische Reaktion während der VR-Höhenexposition betrachtet wird.

Von Maier (2020) wurden mit diesem Design bereits subjektive Daten, wie zum Beispiel Angstratings, State-Angst, HIQ oder subjektive Trancetiefe, erhoben und untersucht. In der vorliegenden Arbeit werden neben subjektiven Daten auch neurophysiologische Daten der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) wie die Herzrate und die neuronale Aktivierung erhoben. Somit werden die Ergebnisse von Engelhardt und Leiner (2018) und Maier (2020) im klinischen Kontext zu replizieren versucht und dabei um neurophysiologische Daten erweitert. Aus der bisher beschriebenen Literatur werden im Folgenden die Hypothesen abgeleitet.

Hypothesen

Hypothese 1: Die ersten Hypothese basiert auf den Befunden von Diemer et al. (2016) und Åhs et al. (2017), dass die Herzrate mit der subjektiv erlebten Angst während einer Exposition zusammenhängt. Weitergehend soll untersucht werden, ob es einen Zusammenhang zwischen der Herzrate der neuronalen Aktivität in den Regions of Interest (ROI) gibt, die, wie in den neurobiologischen Grundlagen beschrieben, im Zusammenhang mit der Angstverarbeitung stehen. Es wird erwartet, dass

a) die Angstratings ein signifikanter Prädiktor für die Herzrate sind.
b) die Herzrate ein signifikanter Prädiktor für die Aktivität des ldlPFC, rdlPFC, lIFG, rIFG und/oder Precunius ist.

Hypothese 2 analysiert die Entwicklung der Angstratings, der Herzrate und der neuronalen Aktivität in den ROI während der einzelnen Höhenstufen der Exposition (Aufstiege). Für die Herzrate und die Angstratings wird ein expositionstypischer Verlauf mit linearer Zunahme und quadratischer Abnahme im Sinne einer umgekehrten U-Funktion erwartet. Also einer Zunahme der Angst, die mit der Zeit weniger wird, bis es zu einer Abnahme führt. Für die neuronale Aktivität des ldlPFC, rdlPFC, lIFG und rIFG wird ein umgekehrter Verlauf mit linearer Abnahme und quadratischer Zunahme erwartet. Für den Verlauf der neuronalen Aktivität im Precuneus wird erwartet, dass die Aktivität zur Angst gegenläufig ist; zum einen, da bei geringer Angst die Erwartungen (des möglichen Absturzes) nicht erfüllt werden und es zu Veränderung des Selbstbildes kommt; zum anderen, da Angst zu einer verminderten Innenorientierung führt, zu der die Selbstreferenzprozesse gehören. Für die Aktivität des ldlPFC, rdlPFC, lIFG, rIFG, Precunius, die Herzrate oder die Angstratings gibt es

a) einen signifikanten Haupteffekt für den linearen Trend des Aufstiegs,

b) einen signifikanten Haupteffekt für den quadratischen Trend des Aufstiegs.

In *Hypothese 3* wird der Interaktionseffekt zwischen Suggestibilität und Trance-Medium (auditiv bzw. VR) und die jeweiligen Haupteffekt in Bezug auf die Aktivität der Regions of Interest (ROI) und die Herzrate untersucht. Es wird erwartet, dass Niedrigsuggestible von der zusätzlichen VR-Darstellung profitieren und weniger Angst während der Exposition erleben als Niedrigsuggestible, die eine Audio-Darbietung der Tranceinduktion hören. Bei hochsuggestiblen Personen wird erwartet, dass die zusätzliche VR-Darbietung im Vergleich zur Audio-Darbietung nicht zu einer Angstreduktion führt, da die Trance bei hochsuggestiblen Personen bereits wirksam ist. Für die Aktivität des ldlPFC, rdlPFC, lIFG, rIFG, Precuneus und/oder die Herzrate wird vermutet

a) ein signifikanter Interaktionseffekt für Trance-Medium und Suggestibilität,

b) ein signifikanter Haupteffekt der Suggestibilität,

c) ein signifikanter Haupteffekt des Trance-Mediums (VR vs. Audio).

Methode

Diese Untersuchung ist Teil eines Projekts an der Universität Tübingen zur Erforschung des Beitrags von VR auf die klinische Hypnose. In dem Design mit zwei Gruppen unterschiedlicher Suggestibilität, zwei verschiedenen Darbietungsformen der Induktion (auditiv und VR) sowie wiederholten Messungen über den Expositionsverlauf wurden die Probanden als Hoch- oder Niedrigsuggestibel identifiziert und anschließend randomisiert zwei Gruppen zugewiesen. Eine Gruppe erhielt die rein auditive Tranceinduktion und die andere Gruppe mit zusätzlichen VR-Visualisierungen.[2]

Stichprobe

90 Probanden meldeten sich nach einem Online-Screening zur Studienteilnahme.

Zwei Personen mussten die Studie aufgrund von Übelkeit beim Tragen der VR-Brille während der Trance abbrechen. Von den verbleibenden 88 Probanden liegen sowohl subjektive Daten als auch Herzfrequenzdaten vor. Wegen mangelnder Qualität der hirnphysiologischen Daten (NIRS) wurden weitere 16 Probanden ausgeschlossen, sodass von 72 Personen alle physiologischen Daten vorliegen.

Es ergaben sich vier Gruppen: 19 Hochsuggestible (HA) und 15 Niedrigsuggestible (NA) mit Audio-Tranceinduktion und 21 Hochsuggestible (HVR) und 17 Niedrigsuggestible (NVR) mit VR-Tranceinduktion. Das mittlere Alter beträgt 28.5 Jahre (SD = 11.6 Jahre). Teilgenommen haben 43 Frauen (59,7 %), 27 Männer (37.5 %) und 2 Personen ohne Angabe von Informationen (2.8 %).

Material

Visual Height Intolerance Severity Scale (vHISS): Zur Erfassung der klinischen Höhenangst beziehungsweise einer Akrophobie wurde ein standardisiertes Interview mit der deutschen Version der Visual Height Intolerance Severity Scale (vHISS) eingesetzt.

Gesundheitsscreening: Mit Hilfe eines Fragebogens wurden die körperlichen und psychischen Erkrankungen erfasst. In den Fragen wurden die Ausschlusskriterien berücksichtigt, wie beispielsweise Fragen zur Symptomatik einer Psychose oder zu neurologischen Erkrankungen. Außerdem wurde eine Frage zum Vorliegen einer Unterwasserangst gestellt.

Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility (HGSHS): Für die Bestimmung des Suggestibilität wurde die deutsche Kurzform der HGSHS-5 verwendet (Riegel et al., 2021). In Anlehnung an die Vorstudie von Maier (2020) werden Probanden mit HGSHS-Werten von 0 bis 2 als niedrigsuggestibel und von 3 bis 5 als hochsuggestibel eingestuft. Für die mit dem Test verbundene Tranceinduktion wurden die Versuchspersonen allein in einen ruhigen Raum gesetzt und die Induktion über Lautsprecher wiedergegeben.

Heights Interpretation Questionnaire (HIQ): Ein weiteres Instrument für die Erfassung der Höhenangst ist der HIQ, welcher Fragen zu imaginativen Höhensituationen beinhaltet (Steinman & Teachman, 2011). Verwendet wird die deutsche Übersetzung des HIQ (Maier, 2020). Anhand von zwei Höhensituationen werden die Gefahren in der Höhe mit jeweils acht Items auf einer fünfstufigen Likert-Skala eingeschätzt (nicht wahrscheinlich bis wahrscheinlich). Die Summe der insgesamt 16 Items ergibt die Skala der HIQ (16-80, je höher desto stärker die Höhenangst). Der Cut-Off für eine Teilnahme an dieser Studie ist ein HIQ-Score >29, der mindestens eine mittlere Höhenangst sicherstellt (vgl. Freeman et al., 2018).

Skala für subjektive Trancetiefe (SSTT): Für die Messung der Trancetiefe wurde die SSTT von Riegel et al. (2018) mit 36 Items in deutscher Sprache verwendet. Diese basiert auf der Inventory Scale of Hypnotic Depth und erfasst die erlebte Trancetiefe (je höher der Wert desto tiefer die Trance).

Zusätzlich erhobene Skalen: Mit der *Tellegen Absorption Scale* (TAS) (Tellegen & Atkinson, 1974) wurde die hypnotische Empfänglichkeit in Form von Absorption erhoben (Terhune & Jamieson, 2021, deutsche Version von Ritz & Dahme, 1995)[3]. Des Weiteren wurden demografische Fragen zum Alter, Geschlecht, Beruf, Händigkeit und zu Vorerfahrung und Häufigkeit von Hypnose, Entspannungsverfahren, VR oder Computerspielen gestellt. Für einen Manipulationscheck wurden weitere acht Fragen zu Ereignissen während der VR-Exposition gestellt.

Virtuelle Realität: Die Probanden wurden mit einem VR-Headset (Oculus Go) ausgestattet. Eine Interaktion mit dem Headset war an bestimmten Stellen des Ablaufs durch Kopf- und Augenbewegungen möglich. Zum einen startete der Proband das Experiment durch einen Blick auf einen Startknopf, zum anderen beantwortete er während des Experiments Fragen über das Headset. Die virtuelle Realität wurde in zwei Abschnitten eingesetzt: während der Tranceinduktion und während der Höhenexposition. Beide Abschnitte wurden für diese Studie nach Anweisungen von Prof. Dr. Revenstorf programmiert, um eine hohe Passung der auditiven und visuellen Inhalte zu ermöglichen.

Tranceinduktion

Die Tranceinduktion basiert auf dem Text „der Fisch“ von Cordi et al. (2014) und Cordi et al. (2015)[4]. Der verwendete Text beschreibt das Eintauchen eines Fisches in eine Unterwasserwelt bis zum Meeresgrund. In der VR-Darstellung wurde ein zum Text passender Film sichtbar, in dem die Elemente synchron zum Text gezeigt wurden.

Der Text der Tranceinduktion wurde während der Exposition um hypnotische Suggestionen mit Bildern erweitert: Ein Bild eines Baumes („fest verwurzelt, wie ein Baum“), einen großen, unbeweglichen Felsen („unerschütterlich wie ein Felsen“) und die Suggestion „Der Blick in die Ferne kann Ihnen das Gefühl der Ruhe geben“.

Höhenexposition mit subjektiven Angstratings

Nach dem Auftauchen aus der Unterwasserwelt sieht der Proband einen Felsen und ein Meer. Aus dem Meer erhebt sich eine Stadt. Der Ausblick von einem Balkon in die Stadt und auf den Baum ist der Ausgangspunkt für die Höhenexposition, in der es 20 Aufstiege gibt. Jeder Stufe umfasst virtuelle 3 Meter Höhe und war 15 Sekunden sichtbar. Zusätzlich sieht man aufsteigende Luftballons und einen fallenden Hut. Bei jedem Aufstieg wird ein Angst-Rating auf einer visuellen Analogskala in der VR-Brille abgegeben.

Ablauf

Die Teilnahme an der Studie begann mit dem Ausfüllen eines Online-Fragebogens, bestehend aus HIQ, TAS und STAI-T und anschließender Terminauswahl für die La-

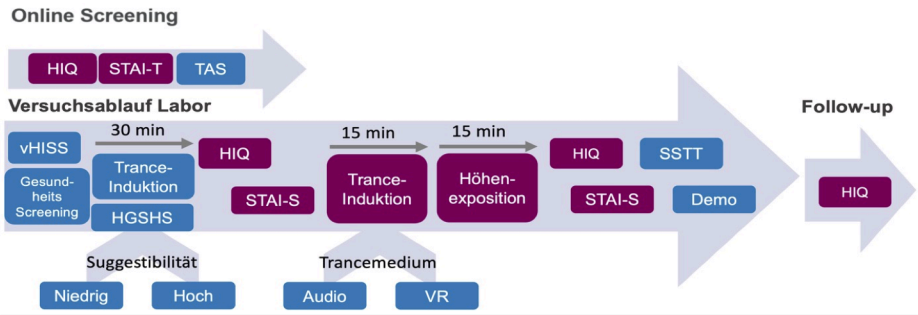

Abbildung 1: Zeitliche Abfolge des Experiments

borerhebung (ca. 120 Minuten). In Abbildung 1 ist der Ablauf der Laborerhebung grafisch dargestellt. Durch stratifizierte Randomisierung wurden die Probanden ihres HGSHS-Scores gemäß einer Gruppe zugewiesen.

Vor der Tranceinduktion erfolgte ein Raumwechsel in den NIRS-Raum. Die Probanden nahmen auf einem Höhenhocker Platz, um eine aktivere Sitzposition zu ermöglichen (Antle et al., 2015), was das Höhenexpositionsszenario realistischer wirken lässt. EKG, NIRS-Haube und VR-Brille wurden angelegt und die Messung durch einen Blick des Probanden auf einen virtuellen Startknopf gestartet. Es folgte für 5 Minuten ein Fixationskreuz bevor für alle Probanden die Hypnose begann. Die visuelle Darstellung der Hypnose für die Audio-Trance-Gruppe wurde durch sich bewegende gelbe Punkte auf schwarzem Hintergrund gestaltet, während die VR-Trance-Gruppe eine Unterwasserwelt sah, die den gehörten Text grafisch untermalte. Zwischen Hypnose und Höhenexposition gab es eine Pause von 10 Sekunden und die Probanden verweilten in Trance. Es folgte die Höhenexposition, mit gleicher visueller und auditiver Darbietung für alle Personen. Die Höhenexposition erfolgte in 20 Stufen mit folgendem Muster: virtueller Aufstieg um drei Meter (5 Sekunden), verweilen mit Blick in die Stadt (10 Sekunden) und Ratingabgabe mit Ruhephase (15 Sekunden). Nach der Ruhephase des letzten Aufstiegs sahen die Probanden wieder die Felsen und die Meereslandschaft auf dem virtuellen Boden, bevor die Hypnose und die Höhenexposition gemeinsam beendet wurden. Nach der Deinstallation aller Messinstrumente erfolgte die Bearbeitung restlichen Fragebögen wie auch die Angabe der demografischen Daten (Abbildung 1). Alle Probanden wurden mit 10€/h oder den Versuchspersonenstunden vergütet und erhielten nach einer Woche einen Follow-up Fragebogen zur Bearbeitung des HIQ.

Datenverarbeitung und statistische Auswertung

Die NIRS-Daten wurden für die einzelnen Kanäle separat gefiltert und die Aktivität

der einzelnen Kanäle für die einzelnen Aufstiege berechnet. Die neuronalen Bereiche ldlPFC, rdlPFC, lIFG, rIFG und Precuneus wurden als ROI definiert. Die Zeitspanne eines Aufstiegs beträgt 15 Sekunden. Für die Analyse der NIRS-Daten wurden, aufgrund der Trägheit der Reaktion, die ersten zwei Sekunden des Aufstiegs nicht berücksichtigt. Die Herzraten wurden über die gesamte Aufstiegsspanne berechnet. Die Herzratenmessung erfolgte mit einem Einkanal-EKG in Anlehnung an Rosenbaum et al. (2021). Herzfrequenzen unter 48 und über 180 BPM wurden ausgeschlossen.

Die kortikale Aktivierung wurde mit einem kontinuierlichen Mehrkanal-NIRS-System mit einer zeitlichen Auflösung von 10 Hz gemessen. Dabei wurde das gleiche Probeset wie von Rosenbaum et al. (2018) verwendet, das sowohl präfrontale Bereiche, links und rechtsseitig, als auch parietale/occipitale Bereiche umfasst. Aufgezeichnet wurden die Konzentrationsänderungen von O±Hb und HHb während des gesamten Experiments, in dieser Arbeit als neuronale Aktivität bezeichnet. Die Änderungen werden immer auf eine Baseline in der vorangegangenen Ruhephase bezogen[7]. Die Bearbeitung und Überprüfung der Daten erfolgte mit Matlab® R2020a.

Für die Auswertung wurden von den Aufstiegen der erste Aufstieg ausgeschlossen, da der fließende Übergang von Hypnose zur Höhenexposition das Setzen eines Trigger verhinderte es zu starken Kopfbewegungen und Fragen zur Abgabe des ersten Ratings kam.

Für die statistische Auswertung der Hypothesen wurden gemischte Regressionsmodelle mit dem Paket lme4 (Bates et al., 2015) gerechnet und anhand von Modellvergleichen ausgewertet. Alle Berechnungen wurden mit dem Datensatz der 72 Personen durchgeführt[5].

Ergebnisse

Zusammenhang zwischen Angst, Herzfrequenz und neuronaler Aktivität während Exposition

Es ergab sich ein Zusammenhang der Herzrate mit der subjektiv erlebten Angst während einer Exposition, indem dass die Herzrate mit Angstrating anstieg, $\chi2(1) = 16.83$, $p < .001$, indem eine Zunahme des Angstratings um einen Punkt mit einer Zunahme der Herzrate um 0.482 BPM ± 0.117 (Standardfehler) einhergeht.[6]

Die neuronale Aktivität der Regionen lIFG, rIFG, rdlPFC hing nicht signifikant mit der Herzrate zusammen. Für die Aktivität im ldlPFC zeigte sich ein schwacher Zusammenhang mit der Herzrate, $\chi2(1) = 7.44$, $p = .006$, in der Weise, dass ein Anstieg der ldlPFC-Aktivität um 1 mmol*mm/l zu einer Abnahme der Herzrate um 9.331 BPM ± 3.417 (Standardfehler) führte. Für die Precuneus-Aktivität zeigte sich, dass ein Anstieg der Precuneus-Aktivität um 1 mmol*mm/l mit einer Senkung der Herzrate um 9.127 BPM ± 3.314 (Standardfehler) einherging, $\chi2(1) = 7.56$, $p = .006$.

Verlauf von Angst und neuronaler Aktivität während gestufter Höhenexposition

Für die Angstratings zeigte sich eine mäßige Zunahme der Angstratings in einem linearen Aufstiegstrend, $\chi2(1) = 7.57$, $p = .006$, und einem negativ-quadratischen Aufstiegstrend, $\chi2(1) = 26.12$, $p < .001$, (Abbildung 2A; nächste Seite). Die Veränderung pro Aufstieg wird dabei für den linearen Anstieg der Angst mit 0.042 ± 0.015 (Standardfehler) und für die quadratische Entwicklung mit -0.008 ± 0.001 (Standardfehler) geschätzt.

Für die Herzrate zeigt sich ein positiv-linearer Trend des Anstiegs, $\chi2(1) = 16.04$, $p < .001$. Die Herzrate nimmt pro Aufstieg durchschnittlich um 0.151 BPM ± 0.036 (Standardfehler) zu. Außerdem war ein quadratischer Trend des Anstiegs signifikant, $\chi2(1) = 5.49$, $p = .019$, (Abbildung 2B; nächste Seite).

In der Hirnphysiologie (NIRS)[7] zeigte sich für die Aktivität im ldlPFC kein signifikanter linearer Trend, bei deskriptiv erkennbarer Abnahme über die Aufstiege, aber ein signifikanter quadratischer Trend des Anstiegs, $\chi2(1) = 4.26$, $p = .039$ (Abbildung 2C; nächste Seite). Für die Aktivität im Precuneus wurde ein negativ-linearer Trend des Anstiegs signifikant, $\chi2(1) = 5.55$, $p = .018$, (Abbildung 2G; nächste Seite). In den übrigen Regionen (lIFG, rIFG, rdlPFC) gab es keine signifikanten Veränderungen. Deskriptiv nimmt die Aktivität im rdlPFC über die Aufstiege ab.

Interaktion zwischen Trance-Medium und Suggestibilität: Auswirkungen auf Hirnaktivität und Herzrate

Alle Regressionsmodelle berücksichtigen, dass die Messwerte mit fortschreitendem Anstieg sowohl gleichmäßig (linear) als auch gekrümmt (quadratisch) verlaufen können, und enthalten mindestens einen der beiden Haupteffekte. Für die Herzrate gab es einen signifikanten Interaktionseffekt, $\chi2(1) = 8.15$, $p = .003$, und einen signifikanten Haupteffekt für das Trance-Medium oder die Suggestibilität (siehe Tabelle 1). In einem Modellvergleich ohne die Berücksichtigung der Interaktion fand sich kein signifikanter Haupteffekt für das Trance-Medium oder die Suggestibilität, beide $\chi2s(1) \leq 0.36$, beide $ps \geq .550$. Abbildung 3A zeigt den Verlauf für die resultierenden Gruppen der Interaktion aus Trance-Medium und Suggestibilität. Es zeigte sich durch post-hoc Gruppenvergleiche, dass die Niedrigsuggestiblen mit Audio-Trance eine höhere Herzrate hatten im Vergleich zur VR-Trance, $p = .031$, und auch im Vergleich zu den Hochsuggestiblen mit Audio-Trance, $p = .010$. Bei den Hochsuggestiblen war es umgekehrt und die Herzrate war signifikant niedriger bei der Audio-Trance im Vergleich zur VR-Trance, $p = .003$.

Es zeigten sich keine statistisch signifikanten Haupt- oder Interaktionseffekte für den lIFG, rIFG, ldlPFC, rdlPFC und Precuneus, alle $\chi2(1)s \leq 1.78$, alle $ps \geq .182$. Jedoch war deskriptiv zu erkennen, dass die Aktivität im IFG war bei den Niedrigsuggestiblen mit Audio-Trance am höchsten war (im rIFG in allen Aufstiegen, im lIFG durchschnittlich). Abbildung 3 zeigt die neuronalen Aktivitäten getrennt nach Gruppen.

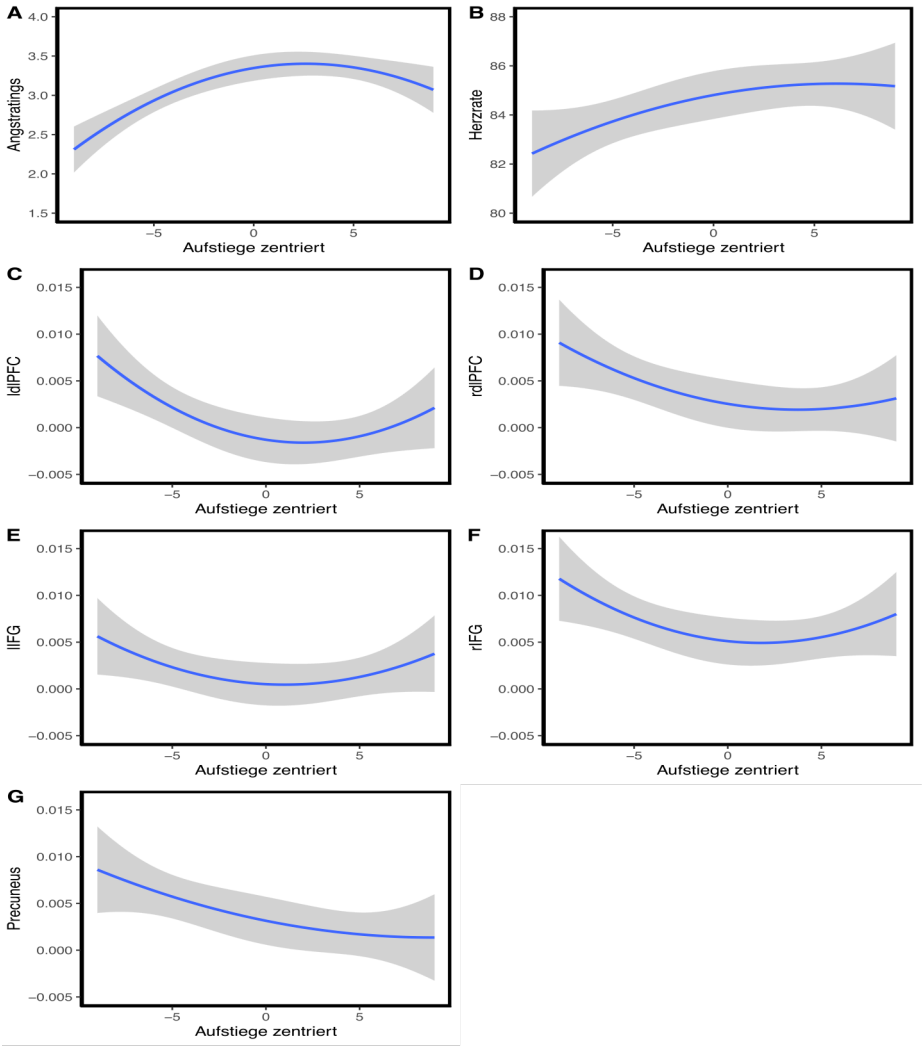

Abbildung 2: Darstellung der Angstratings (A), der Herzrate (B) und der neuronalen Aktivität in den ROI (C-G) während der Höhenexposition. Darstellung der Standardfehler durch den grauen Bereich. Für die Berechnung der Verlaufsdaten während der Höhenexposition wurden 19 einzelnen Aufstiege berücksichtigt. Für die zeitgleiche Berechnung von linearen und quadratischen Effekten wurden die Aufstiege zentriert[7].

Tabelle 1: Interaktionsmodell aus Trancemedium und Suggestibilität für die Vorhersage der Herzrate

Prädiktoren	*Schätzer*	*Konfidenzintervall*	*p*
(Intercept)	88.30	82.74 – 93.86	<0.001
Aufstieg	0.15	0.08 – 0.22	<0.001
Trancemedium [VR]	-8.37	-15.97 – -0.78	0.031
Suggestibilität [hoch]	-9.71	-17.11 – -2.30	0.010
Trancemedium [VR] × Suggestibilität [hoch]	15.25	5.06 – 25.44	0.003

Explorative Analysen zur Höhenangstverbesserung

Von 88 Personen haben 61 Personen eine Follow-Up Befragung, eine Woche nach dem Labortermin, zur Höhenangst ausgefüllt. Somit liegen die HIQ-Werte über vier Messzeitpunkte vor (1 = Online-Screening, 2 = Prä / im Labor vor der Hypnose und Höhenexposition, 3 = Post / nach der Intervention, 4 = Follow-up). Zwischen erstem und zweiten Messzeitpunkt wurden die Versuchspersonen mit einer allgemeinen Hypnose konfrontiert (für die Suggestibilitäts-Messung). Zwischen zweitem und dritten Messzeitpunkt durchliefen die Probanden die Hypnose und Höhenexposition. Die explorativen Analysen wurden bezüglich des Signifikanzniveaus für die Vermeidung einer Alphafehler-Kumulierung Bonferroni-korrigiert.

Für die Analyse der Höhenangstentwicklung über die vier Messzeitpunkte mittels gemischtem linearen Regressionsmodell mit den 4 Messzeitpunkten als zeitliche Variable und der Interaktion von Trance-Medium und Suggestibilität zeigten sich lediglich signifikante Unterschiede zwischen Messzeitpunkt 1 beziehungsweise 2 (bei-

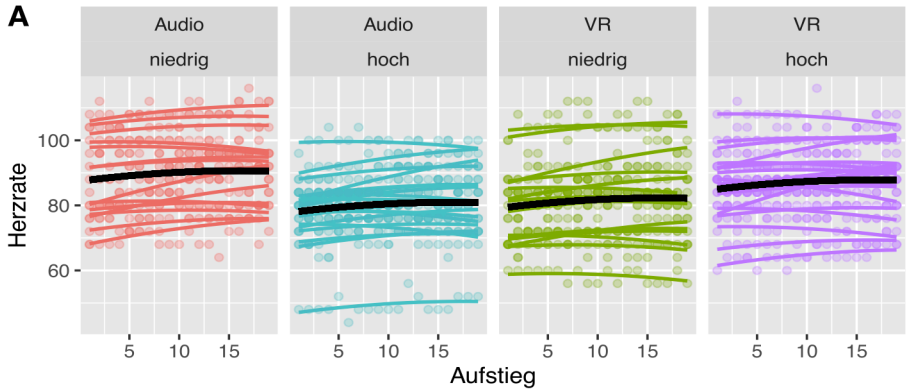

*Abbildung 3: Aufstiegsverlauf für die Interaktion aus Trance-Medium und Suggestibilität. Maßeinheiten: neuronale Aktivität (Konzentrationsveränderung) in mmol*mm/l, Herzrate in BPM; Schwarze Linie ist der im Mittel geschätzte Verlauf, Farbige Linien zeigen den nach dem Modell geschätzten Verlauf einer Versuchsperson, Farbige Punkte zeigen die einzelnen Werte der Versuchspersonen.*

des Baseline-Messungen) zu den Messzeitpunkten 3 und 4, alle ps < .001. Es zeigte sich keine signifikante Veränderung im HIQ für die Suggestibilität und der Interaktion aus Suggestibilität und Trance-Medium. Durch ANCOVAs wurden die HIQ-Werte eines Messzeitpunktes durch die Werte eines früheren Messzeitpunktes vorhergesagt und zudem die Suggestibilität, das Trance-Medium und die Interaktion beider Faktoren als Prädiktoren berücksichtigt. Für diese drei Prädiktoren zeigten sich keine signifikanten Effekte von Messzeitpunkt 1 oder 2 zu 3, beide ps ≥ 0.638. Lediglich für den Vergleich von Messzeitpunkt 3 zu 4, fand sich für das Trance-Medium ein signifikanter Effekt, t(56) = 3,38, p = .001 und keine signifikanten Effekte, ps ≥ .391, für die Interaktion wie auch für die Suggestibilität. Ein nachträglicher Wiederanstieg im HIQ-Wert ist mit der VR-Trance, nicht jedoch mit der Audio-Trance zu beobachten. In Abbildung 4 ist der Verlauf der Höhenangst über die 4 Messzeitpunkte dargestellt, getrennt nach den Untersuchten Effekten.

Die subjektive Trancetiefe ist ein signifikanter Prädiktor, p = .005, wobei eine höhere Trancetiefe mit einer niedrigeren Höhenangst einhergeht. Cojan et al. (2009) und Pyka et al. (2011) konnten zeigen, dass die Trancetiefe im Zusammenhang mit der Aktivität im Precuneus steht. Folglich wurde der Zusammenhang zwischen der Aktivität im Precuneus und der Trancetiefe in dieser Arbeit exploriert, wobei sich eine geringe signifikante Korrelation zeigte, p = .011.

Aufgrund sprachlicher Zweideutigkeiten, wodurch der Fokus entgegen der gemeinten Bedeutung auf die Vorstellung des runter Fallens gelenkt werden konnte („Nur sie selbst auf dem Boden“), bei einem Aufstieg der Höhenexposition wurde im Verlauf der Datenanalyse die hämodynamische Reaktion für jeden Aufstieg für die vier Gruppen betrachtet. Sprachliche Zweideutigkeiten werden möglicherweise unterschiedlich neuronal verarbeitet. Auffällig war eine Abweichung an der Stelle des Aufstiegs 7 (Siehe Anhang des Transkripts). Für den Aufstieg 7 unterscheiden sich die neuronalen Aktivitäten für die Niedrigsuggestiblen mit Audio-Trance im Vergleich zu VR-Trance im ldlPFC, p = .028, im lIFG, p = .001, im rIFG, p = .006, und im Vergleich zu den Hochsuggestiblen mit VR-Trance im rdlPFC, p = .017, ldlPFC, p = .029, lIFG, p < .001, und rIFG, p = .038 und zu den Hochsuggestiblen mit Audio-Trance im rIFG, p = .014 (Abbildung 5). Die neuronale Aktivierung in Aufstieg 7 wird in Abbildung 5 getrennt nach Gruppen dargestellt. Alle weiteren Post-hoc Tests ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen, alle ps ≥ .140.

Diskussion

Für diese Studie wird eine Kombination aus Hypnose und VR-Exposition im klinischen Kontext der Höhenangst eingesetzt. Dies ermöglicht zum einen die Betrachtung der Wirkung von Hypnose und VR-Exposition auf die Höhenangst als auch der neurophysiologischen Reaktion während der VR-Exposition. Als physiologischer Parameter wurde die Herzrate berücksichtigt, als neuronale Parameter wurden folgende

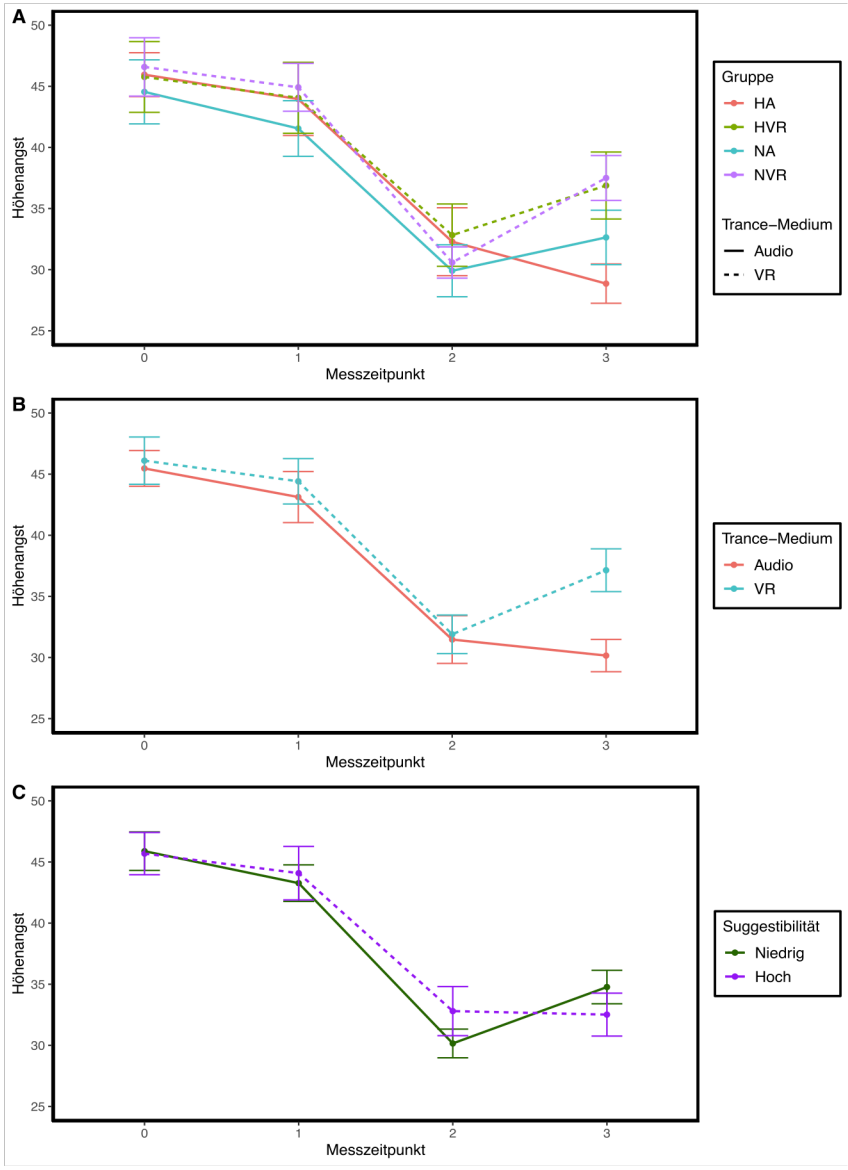

Abbildung 4: Verlauf der Höhenangst über die vier Messzeitpunkten. Abbildung A zeigt die Interaktion, Abbildung B getrennt nach Trance-Medium und Abbildung C getrennt nach Suggestibilität. N-A = Niedrigsuggestibel & Audio; H-A = Hochsuggestibel & Audio; N-VR = Niedrigsuggestibel & VR; H-VR = Hochsuggestibel & VR.

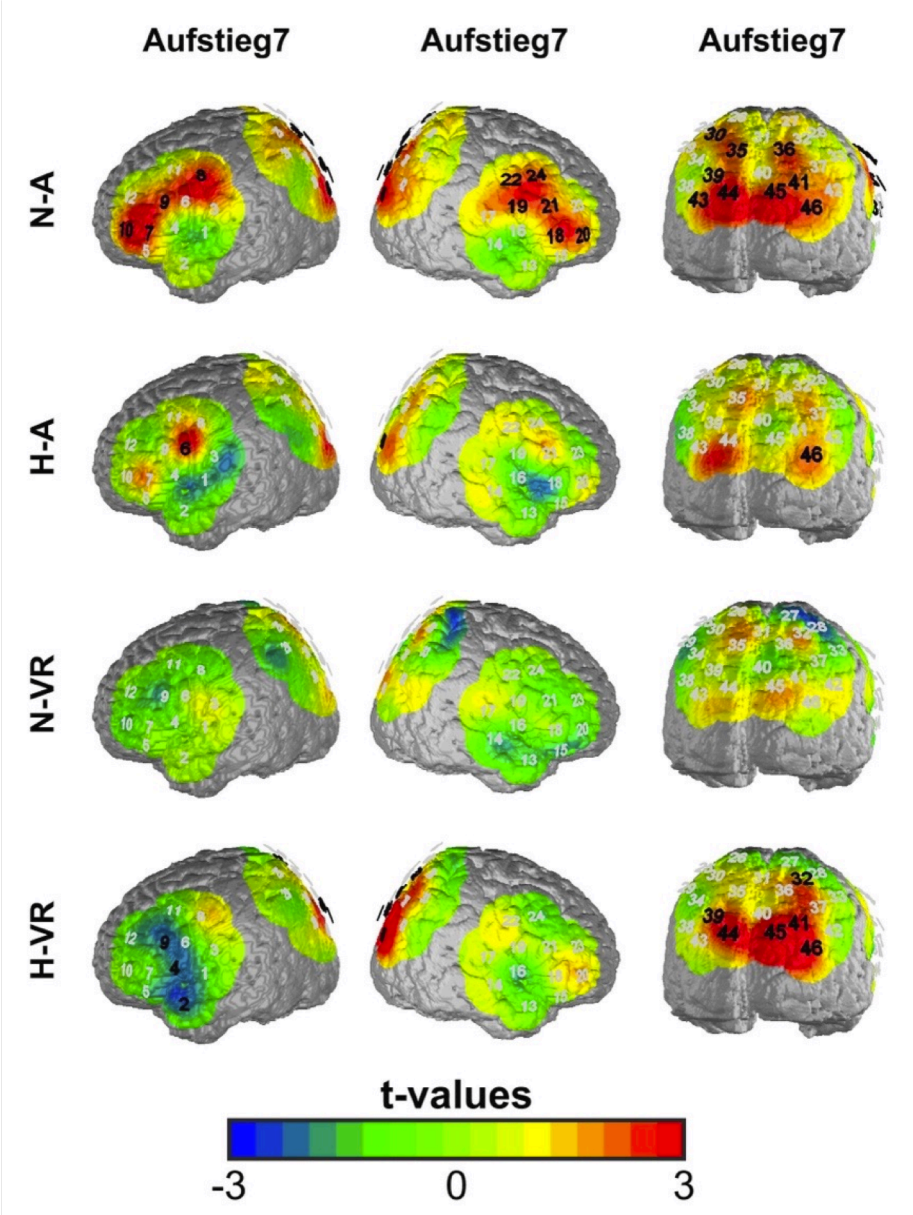

Abbildung 5: Hämodynamische Reaktion zu Aufstieg 7 getrennt nach Gruppen. N-A = Niedrigsuggestibel & Audio; H-A = Hochsuggestibel & Audio; N-VR = Niedrigsuggestibel & VR; H-VR = Hochsuggestibel & VR.

Areale als ROI betrachtet: ldlPFC, rdlPFC, lIFG, rIFG und Precuneus. Diese Parameter wurden ausgewählt da sie bei Reaktionen der Angst oder bei Hypnose und Hypnotherapie relevant beteiligt sind.

Neurobiologische Befunde zum Angstempfinden während der Höhenexposition

In dieser Untersuchung fand sich, dass die Herzrate mit der subjektiv berichteten Angst während der Exposition zusammenhängt. Dieser Befund steht im Einklang mit der bisherigen Literatur (Åhs et al., 2017; Diemer et al., 2016). Zusätzlich wurde eine negative Korrelation zwischen Herzrate und der Aktivität im ldlPFC und Precuneus gefunden. In bisheriger Forschung konnte der Zusammenhang von Herzrate und dlPFC nur indirekt über die Amygdala gezeigt werden (Hartley & Phelps, 2010; Landowska et al., 2018; Nomura et al., 2004). Der direkte Zusammenhang zwischen Herzrate und Aktivität im dlPFC während einer Exposition konnte in dieser Arbeit erstmalig nachgewiesen werden, jedoch nur linksseitig, vergleichbar mit den Ergebnissen von Rosenbaum et al. (2020) und Ma et al. (2013). Bei dem Vergleich von Hypnotherapie und kognitiver Verhaltenstherapie konnte gezeigt werden, dass die Hypnotherapie besonders die linksseitige Aktivität des dlPFC beeinflusst, während diese bei der kognitiven Verhaltenstherapie unverändert geblieben ist (Haipt, 2023).

Generell ist der dlPFC ist während der hypnotischen Trance stark verbunden mit dem Precuneus. Nach der Trance wird angenommen, dass ein neues Selbstbild in einer Person etabliert wurde und für den Erhalt diesen Selbstbildes wird vermutet, dass dlPFC und Precuneus zusammen aktiv sind (Pyka et al., 2011). Die unmittelbar nach der Trance gefundene hohe Precuneus Aktivierung zu Beginn der Exposition kann aus zwei möglichen Perspektiven betrachtet werden. Aus der Sicht der Hypnotherapie ist die Aktivierung im Precuneus ein Anzeichen für die Veränderung des Selbstbildes, was ein Wirkmechanismus der Hypnose darstellt (Revenstorf, 2015b). Aus Sicht der Expositionstherapie zeigt sich das wesentliche Ziel einer Exposition, die Verletzung von Erwartungen, unter anderem in einer erhöhten Precuneus-Aktivität (Craske et al., 2014). Beide Sichtweisen legen nahe, dass die erhöhte Aktivität im Precuneus zu Beginn der Exposition in dieser Studie als Zeichen einer erfolgreichen Intervention interpretiert werden kann. Der gefundene negative Zusammenhang zwischen ldlPFC und der Precuneus zur Herzrate ist womöglich damit zu begründen, dass bei steigender körperlicher Erregung weniger kognitive Kapazität vorhanden ist, um das neue Selbstbild aufrecht zu erhalten.

Die Aktivität im Precuneus scheint zudem wesentlich für die Wirksamkeit der Intervention zu sein, da eine stärkere Aktivierung im Precuneus mit einer höheren Trancetiefe einhergeht. Eine erhöhte Trancetiefe wiederum führt zu einer nachhaltigeren Verbesserung der Höhenangst nach der Intervention. Übereinstimmend zu diesen Befunden zeigt sich, dass Personen besonders von der Hypnose profitieren, die eine mittlere bis hohe Suggestibilität aufweisen oder eine hohe Trancetiefe erreichen (Li et al., 2020; Raz et al., 2005). Im Kontrast zu bisheriger Forschung konnte die Höhen-

angst durch die Intervention unabhängig von der Suggestibilität und des Trance-Mediums verringert werden. Dieser Befund kann als Hinweis gesehen werden, dass die Kombination von Hypnose und Exposition sich womöglich in der Wirksamkeit ergänzt. In der Herzrate zeigte sich, dass die Niedrigsuggestiblen besonders von der VR-Darstellung profitieren, in Übereinstimmung zu Engelhardt und Leiner (2018), was für die neurophysiologischen Daten nicht gezeigt werden konnte. Somit scheint es Unterschiede durch die Suggestibilität und des Trance-Mediums zu geben, die sich jedoch nicht im Ergebnis der Höhenangst aufzeigen.

Angstverläufe während der Höhenexposition

Für die Aktivität im ldlPFC und Precuneus konnte eine inverse Beziehung zur Herzrate nachgewiesen werden. Dieser Befund ist kohärent zu den Befunden von Rosenbaum et al. (2020) die für die Aktivität im ldlPFC eine lineare Abnahme während der Exposition finden konnten. Es scheint, dass insbesondere der ldlPFC für die Verarbeitung emotionaler Reize während der Exposition von Bedeutung ist. Zudem zeigte sich für die Precuneus-Aktivität eine lineare Abnahme, die Aktivierung des Precuneus ist also zu Beginn der Höhenexposition erhöht. Es wird vermutet, dass in der hypnotischen Trance, wie schon mehrfach erwähnt, ein neues Selbstbild erzeugt wird, das nun die Reaktionen während der Höhenexposition beeinflusst. Mit zunehmender Höhe und zunehmender Angst könnte sich der Fokus in Richtung Außenorientierung, d.h. auf die angstauslösenden Höhenreize, und weniger auf die posthypnotischen Suggestionen verschieben. Bei einer Ausrichtung der Aufmerksamkeit nach außen nimmt die Aktivität im Precuneus ab (Revenstorf, 2022), was den Verlauf folglich erklärt. Die Wirkfaktoren der Hypnose und der Exposition scheinen sich zu unterstützen.

Einfluss der Virtuellen Realität auf die Höhenangst

Die Höhenangst wurde in dieser Untersuchung in einem ersten Screening, direkt vor und nach der Intervention und eine Woche nach der Intervention abgefragt. Es zeigt sich, dass alle Personen die Höhenangst kurzfristig gleich gut verringern konnten, unabhängig von der Suggestibilität oder dem Einsatz von VR in der Trance. Bei Betrachtung der Entwicklung der Höhenangst nach der Intervention zeigt sich, dass bei Personen, die die VR-Trance erhalten haben, ein erneuter Anstieg in der Höhenangst stattfindet. Dagegen blieben die Höhenangstwerte der Personen ohne VR-Trance weiter konstant niedrig. Dies ist aus mehreren Gründen überraschend. Zum einen gibt es keine signifikanten Unterschiede in der Herzrate oder der neuronalen Aktivität in den ROI während der Höhenexposition in Abhängigkeit vom Trance-Medium. Zum anderen unterscheiden sich die vier Gruppen auch in der kurzfristigen Wirkung der Intervention nicht. Eine Annahme dieser Studie war zudem, dass die VR-Darbietung bei den niedrigsuggestiblen Probanden die Wirksamkeit der Intervention erhöhen würde. Allerdings verringert der Einsatz von VR während der Trance die Nachhaltigkeit des

Effekts der Trance und Exposition sowohl bei den Niedrigsuggestiblen als auch bei den Hochsuggestiblen. Es scheint folglich so, dass die generelle Wirkung einer Audio-Trance, bei der Kombination von Hypnose und VR-Exposition, sogar für niedrigsuggestible Personen wirksamer ist als eine Trance in VR, gleich wenn dies nicht unmittelbar zu beobachten ist. Diese Befunde und Annahmen widersprechen somit dem Ergebnis, dass die VR-Trance die Nachhaltigkeit der Interventionswirkung verbessert. Dieses Ergebnis wird unterstützt durch die Forschung von Dijkstra, Bosch und Gerven (2019) die aufzeigen konnten, dass Imaginations- und Wahrnehmungsprozessen größtenteils die gleichen hirnphysiologischen Areale und Prozesse verwenden. Da die VR-Bedingung beides verlangt, nämlich wahrzunehmen und gleichzeitig andere Inhalte zu imaginieren, führt dies zu Interferenzen, die wiederum die Nachhaltigkeit der Wirkung beeinflussen können. In der Bedingung ohne störende Wahrnehmung von Videoinhalten hingegen gelingen vermutlich intensivere, tiefere Imaginationen, die auch zu einem längeren emotionalen Gedächtnis führen – gemäß den Annahmen der *depth of processing* Theorie (Craik & Lockhart, 1972).

Ein Indiz dafür, dass die VR-Darstellung auch für Hochsuggestible hinderlich ist, kann womöglich auch in der Herzrate gesehen werden. Dass die Herzrate bei den Hochsuggestiblen der VR-Gruppe deskriptiv höher ist als bei den Hochsuggestiblen der Audio-Gruppe, kann als Hinweis angesehen werden, dass die Hochsuggestiblen ohne VR womöglich mehr von der Trance profitiert haben, da sie eine geringere Angstreaktion bei der Konfrontation mit der Höhe in der Exposition zeigen. Gründe für eine kurzfristiger anhaltende Höhenangstreduktion könnten sein, dass die gezeigte VR-Darstellung nicht kohärent zur eigenen Vorstellung passend war oder als nicht so intensiv erlebt wurde. Eine weitere Überlegung ist, ob die zusätzlichen Bilder die Versuchspersonen abgelenkt haben könnten, so dass der auditive Inhalt der Trance weniger beachtet und somit weniger erinnert werden konnte. Dass Personen, die sich möglicherweise stärker auf die hypnotische Trance konzentrieren konnten, länger von der Intervention profitieren, ließe vermuten, dass die Hypnose einen wesentlichen Beitrag an der Wirksamkeit der Intervention beitrage. Diese Annahmen werden von dem Befund unterstützt, dass Personen mit höherer Trancetiefe eine signifikant stärkere Reduktion der Höhenangst erlebten. Darüber hinaus können keine Aussagen über die Rolle der Hypnose in der Intervention getroffen werden, da in allen Gruppen jeweils die gesamte Kombination aus Hypnose und Exposition untersucht wird – es wurde also kein Vergleich mit einer VR-Exposition ohne Hypnose untersucht. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass der Einsatz von VR in der Trance in dieser Untersuchung überraschenderweise einen unerwünschten Effekt auf die Nachhaltigkeit der Wirkung hatte. Um diesen Effekt weiter zu untersuchen, wäre es notwendig, weitere Katamnesen in größeren Zeiträumen durchzuführen und weitere Untersuchungen mit mehreren Behandlungssitzungen durchzuführen.

Implikationen

Durch die Kombination aus Hypnose und VR-Exposition konnte durch nur eine Sitzung eine reliable Abnahme der Höhenangst erzeugt werden. Möglicherweise ist diese Kombination auch für weitere Störungsbilder, wie für die soziale Phobie oder Arachnophobie, umsetzbar. Der Einfluss von VR scheint abhängig von den Persönlichkeitsmerkmalen wie der Suggestibilität zu sein. Kurzfristig scheint der Einsatz von VR während der Hypnose nur für die Niedrigsuggestiblen von Vorteil zu sein. Für die Langfristigkeit der Wirkung der Methode bei der Höhenangst in Kombination mit einer Exposition scheint der Einsatz von VR in der Trance nicht unbedingt vorteilhaft, weshalb zukünftige Studien durch eine Kontrollgruppe ohne Hypnose den zusätzlichen Einfluss der VR-Hypnose untersuchen sollten.

Limitationen und zukünftige Forschung

Der Zeitraum von einer Woche stellt einen kurzen Zeitraum für therapeutische Veränderungen dar. Deshalb ist es empfehlenswert in zukünftiger Forschung die Auswirkungen häufiger und über einen längeren Zeitraum zu betrachten. Möglicherweise kann dies kombiniert werden mit einer mehrmaligen Darbietung der Intervention, da der einmalige Einsatz vermutlich langfristig nicht ausreichend ist. Auch der aus therapeutischer Sicht unerwünschte Nebeneffekt, der Zunahme der Höhenangst nach einer Woche, insbesondere bei VR-Trancen, ist ein bedeutsamer Befund, der in künftigen Studien zur Kombination von VR mit Hypnotherapie zu berücksichtigen wäre.

Eine weitere Limitation von der Messung mit fNIRS ist die begrenzte Tiefe der Messung, die 3 – 5 mm tief in den Kortex eines Erwachsenen vordringen kann (Gervain et al., 2011). Deshalb ist es nicht möglich, damit subkortikale Bereiche zu erfassen, wie beispielsweise die Amygdala welche wesentlich bei Angstreaktionen beteiligt ist. Außerdem wurde durch die Messung mittels fNIRS die Bewegungsfähigkeit der Probanden eingeschränkt, die angewiesen wurden, sich so wenig wie möglich zu bewegen, da Glasfaserkabel auf dem Kopf befestigt waren – d.h. die Wirkung der Exposition wurde unabsichtlich zusätzlich dadurch gesteigert, dass die Unruhe unterbunden wurde, die mit der Angstreaktion einhergeht. Gleichzeitig ist eine größere Angstreaktion in einer Exposition oftmals erwünscht, weshalb die Eingrenzung der Bewegungsfreiheit in erweiterter Form der Reaktionsverhinderung bei Zwangsstörungen oder Angststörungen angewandt wird (Stierle, 2022). Für die Höhenangst in dieser Untersuchung war dies nicht bewusst beabsichtigt gewesen und es gab wenige Probanden, die sich dadurch in der Hypnose eingegrenzt gefühlt hatten. Um die Aussagekraft der Ergebnisse zu verbessern, bietet es sich an, weitere Untersuchungen mit alternativen bildgebenden Verfahren durchzuführen.

Die Idee, die Auswirkungen einer Therapieart, wie der Hypnotherapie, anhand einer weiteren Therapieart, die zur Intervention zusätzlich dargeboten wird, zu untersuchen, ist für die zukünftige Forschung interessant. Mit einem solchen Design kann

die Kombination zweier Therapieansätze untersucht werden, die in der bisherigen Forschung eher selten untersucht wurden und gleichzeitig vielversprechende Ergebnisse liefern (Hirsch, 2018). Zudem profitieren Probanden sowohl von bestehenden Interventionen oder auch von den neuen Methoden.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass eine einmalige Sitzung mit Hypnose und Exposition zu einer signifikanten Reduktion der Höhenangst führen konnte. Eine rein auditive Trance erwies sich dabei als effektiver in der Aufrechterhaltung der Verbesserung eine Woche nach der Intervention. Während die Suggestibilität keinen Einfluss auf den Verlauf der Höhenangst hatte, förderte eine höhere Trancetiefe eine nachhaltigere Reduktion der Angstsymptome. Um den spezifischen Einfluss der Hypnose auf die Wirksamkeit der Expositionstherapie zu bestätigen, sind jedoch zukünftige Studien mit Kontrollgruppen ohne Hypnose notwendig. Diese Arbeit liefert wichtige neue Erkenntnisse über die Rolle der Hypnose und die Potenziale von VR-Darstellungen für die Behandlung von Höhenangst.

Anmerkungen

1 Dieses Projekt wurde von der MEG-Stiftung gefördert

2 Alle Teilnehmer unterzeichneten vor Beginn des Experiments eine Einverständniserklärung und eine Datenschutzerklärung. Im Folgenden werden die die Stichprobe, der Ablauf, das Material, die Datenverarbeitung und statistische Auswertung beschrieben

3 Ebenso wurde das Präsenzerleben in der virtuellen Realität durch den Igroup Presence Questionnaire (IPQ) mit 14 Items erfasst (Schubert, 2003) sowie der STAI-S für die Erfassung der Zustandsangst (Laux et al., 1981). Zwecks einer Begrenzung des Umfangs dieser Arbeit wurden diese Fragebogen nicht weiter für die Auswertung berücksichtigt.

4 Der Text wurde von Prof. Dr. Dirk Revenstorf eingesprochen und mit weiteren Sätzen ergänzt, die den Probanden helfen, tiefer in die Trance einzutauchen. Das betraf Geräusche während der Messung im Labor oder das Gefühl der Messhaube auf dem Kopf.

5 Die Hypothesen, die sich nicht auf die NIRS-Daten beziehen, wurden zusätzlich mit einem erweiterten Datensatz von 88 Personen untersucht. Da die gleichen statistischen Entscheidungen für die Hypothesentests getroffen werden, sind diese Ergebnisse mit den berichteten Ergebnissen (mit 72 Personen) konsistent.

6 Dazu wurden zwei gemischte Modelle berechnet; ein Basismodell mit der Herzrate als Kriterium und den linearen Aufstiegen als festen Effekt und mit dem die Angstratings als weiterem festem Effekt. aufgenommen.

7 Der erste Schritt der Vorverarbeitung der NIRS-Daten war, Kanäle mit ungültigen Werten zu interpolieren. Die interpolierten NaN-Kanäle machen zusammen 3,1 % aller Kanäle aus. Anschließend wurden die Daten für kleinere Bewegungsartefakte mittels der sog. correlation-based signal improvement (CBSI) Methode korrigiert (Cui et al., 2010). Die CBSI korrigierten NIRS-Daten wurden in allen Kanälen visuell auf einzelne artefaktbehaftete Kanäle überprüft. Kanäle mit Amplitudenausschlägen über ±0.3 mmol*mm/l (3,8 %) wurden interpoliert. Zudem wurde das Globale Signal mit einem PCA-basierten Gauss‘schen-Filter (Zhang et al., 2016), mit einer Standardabweichung von $\sigma = 40$, reduziert. Die NIRS-Daten wurden in dieser

Untersuchung pro Aufstieg betrachtet. Die CBSI-korrigierten Oxy-Daten wurden für jeden Aufstieg mit einer 4-sekündigen Baseline-Korrektur versehen. Für eine Einführung in die NIRS-Messung findet sich in Bolkenius, Dumps und Rupprecht (2021).

Literatur

Åhs, F., Gingnell, M., Furmark, T., & Fredrikson, M. (2017). Within-session effect of repeated stress exposure on extinction circuitry function in social anxiety disorder. Psychiatry Research: Neuroimaging, 261, 85–90. https://doi.org/10.1016/j.pscychresns.2017.01.009

Álvarez-Pérez, Y., Rivero, F., Herrero, M., Viña, C., Fumero, A., Betancort, M., & Peñate, W. (2021). Changes in Brain Activation through Cognitive-Behavioral Therapy with Exposure to Virtual Reality: A Neuroimaging Study of Specific Phobia. Journal of Clinical Medicine, 10(16), 3505. https://doi.org/10.3390/jcm10163505

Anderson, P. L., & Molloy, A. (2020). Maximizing the impact of virtual reality exposure therapy for anxiety disorders. Current Opinion in Psychology, 36, 153–157. https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2020.10.001

Antle, D. M., Vézina, N., & Côté, J. N. (2015). Comparing standing posture and use of a sit-stand stool: Analysis of vascular, muscular and discomfort outcomes during simulated industrial work. International Journal of Industrial Ergonomics, 45, 98–106. https://doi.org/10.1016/j.ergon.2014.12.009

Askay, S. W., Patterson, D. R., & Sharar, S. R. (2009). Virtual reality hypnosis. Contemporary Hypnosis, 26(1), 40–47. https://doi.org/10.1002/ch.371

Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. Journal of Statistical Software, 67(1). https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01

Berkman, M. İ., & Çatak, G. (2021). I-Group Presence Questionnaire: Psychometrically revised English Version. Mugla Journal of Science and Technology, 7(0), 1–10. https://doi.org/10.22531/muglajsci.882271

Bolkenius, D., Dumps, C., & Rupprecht, B. (2021). Nahinfrarotspektroskopie: Technik, Entwicklung, aktueller Einsatz und Ausblick. Anaesthesist, 70(3).

Bryant, R. A., Moulds, M. L., Guthrie, R. M., & Nixon, R. D. V. (2005). The Additive Benefit of Hypnosis and Cognitive-Behavioral Therapy in Treating Acute Stress Disorder. Journal of Consulting and Clinical Psychology, 73(2), 334–340. https://doi.org/10.1037/0022-006X.73.2.334

Cha, J., DeDora, D., Nedic, S., Ide, J., Greenberg, T., Hajcak, G., & Mujica-Parodi, L. R. (2016). Clinically Anxious Individuals Show Disrupted Feedback between Inferior Frontal Gyrus and Prefrontal-Limbic Control Circuit. The Journal of Neuroscience, 36(17), 4708–4718. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1092-15.2016

Chesham, R. K., Malouff, J. M., & Schutte, N. S. (2018). Meta-Analysis of the Efficacy of Virtual Reality Exposure Therapy for Social Anxiety. Behaviour Change, 35(3), 152–166. https://doi.org/10.1017/bec.2018.15

Cojan, Y., Piguet, C., & Vuilleumier, P. (2015). What makes your brain suggestible? Hypnotizability is associated with differential brain activity during attention outside hypnosis. NeuroImage, 117, 367–374. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.05.076

Cojan, Y., Waber, L., Schwartz, S., Rossier, L., Forster, A., & Vuilleumier, P. (2009). The Brain under Self-Control: Modulation of Inhibitory and Monitoring Cortical Networks during Hypnotic Paralysis. Neuron, 62(6), 862–875. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2009.05.021

Cordi, M. J., Hirsiger, S., Mérillat, S., & Rasch, B. (2015). Improving sleep and cognition by hypnotic suggestion in the elderly. Neuropsychologia, 69, 176–182. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.001

Cordi, M. J., Schlarb, A. A., & Rasch, B. (2014). Deepening Sleep by Hypnotic Suggestion. Sleep, 37(6),

1143–1152. https://doi.org/10.5665/sleep.3778

Craske, M. G., Treanor, M., Conway, C. C., Zbozinek, T., & Vervliet, B. (2014). Maximizing exposure therapy: An inhibitory learning approach. Behaviour Research and Therapy, 58, 10–23. https://doi.org/10.1016/j.brat.2014.04.006

Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. Journal of verbal learning and verbal behavior, 11(6), 671-684.

Cui, X., Bray, S., & Reiss, A. L. (2010). Functional near infrared spectroscopy (NIRS) signal improvement based on negative correlation between oxygenated and deoxygenated hemoglobin dynamics. NeuroImage, 49(4), 3039–3046. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.11.050

Das, M., & Ray, D. (2018). Distinct Neurobehavioral Mechanisms for Expectancy Violation and Value Updating. The Journal of Neuroscience, 38(1), 26–28. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2708-17.2017

de With, L. A., Thammasan, N., & Poel, M. (2022). Detecting Fear of Heights Response to a Virtual Reality Environment Using Functional Near-Infrared Spectroscopy. Frontiers in Computer Science, 3, 652550. https://doi.org/10.3389/fcomp.2021.652550

Del Casale, A., Ferracuti, S., Adriani, B., Novelli, F., Zoppi, T., Bargagna, P., & Pompili, M. (2021). Neural functional correlates of hypnosis and hypnoanalgesia: Role of the cingulate cortex. American Journal of Clinical Hypnosis, 64(1), 53–61. https://doi.org/10.1080/00029157.2021.1895709

Diemer, J., Lohkamp, N., Mühlberger, A., & Zwanzger, P. (2016). Fear and physiological arousal during a virtual height challenge—Effects in patients with acrophobia and healthy controls. Journal of Anxiety Disorders, 37, 30–39. https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2015.10.007

Dienes, Z., & Hutton, S. (2013). Understanding hypnosis metacognitively: rTMS applied to left DLPFC increases hypnotic suggestibility. Cortex, 49(2), 386–392. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.07.009

Dijkstra, N., Bosch, S. E., & van Gerven, M. A. (2019). Shared neural mechanisms of visual perception and imagery. Trends in cognitive sciences, 23(5), 423-434.

Drigas, A., Mitsea, E., & Skianis, C. (2021). The Role of Clinical Hypnosis & VR in Special Education. International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT (iJES), 9(4), 4–18. https://doi.org/10.3991/ijes.v9i4.26147

Emmelkamp, P. M. G., Krijn, M., Hulsbosch, A. M., de Vries, S., Schuemie, M. J., & van der Mast, C. A. P. G. (2002). Virtual reality treatment versus exposure in vivo: A comparative evaluation in acrophobia. Behaviour Research and Therapy, 40(5), 509–516. https://doi.org/10.1016/S0005-7967(01)00023-7

Emmelkamp, P. M. G., & Meyerbröker, K. (2021). Virtual Reality Therapy in Mental Health. Annual Review of Clinical Psychology, 17(1), 495–519. https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-081219-115923

Engelhardt, M., & Leiner, C. (2018). Der Effekt einer Hypnoseinduktion unter Verwendung von virtueller Realität auf die Trancetiefe von Niedrig- und Hochsuggestiblen. [Unveröffentlichte Masterarbeit]. Universität Tübingen.

Engelhardt, M., Leiner, C., & Revenstorf, D. (2019). Hypnoseinduktion unter Verwendung von virtueller Realität: Effekt auf die Trancetiefe in Abhängigkeit der Suggestibilität. Feasibility-Studie. Hypnose-ZHH, 14(1+2), 131–153. www.MEG-Stiftung.de

Freeman, D., Haselton, P., Freeman, J., Spanlang, B., Kishore, S., Albery, E., Denne, M., Brown, P., Slater, M., & Nickless, A. (2018). Automated psychological therapy using immersive virtual reality for treatment of fear of heights: A single-blind, parallel-group, randomised controlled trial. The Lancet Psychiatry, 5(8), 625–632. https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30226-8

Fuhr, K., Meisner, C., Broch, A., Cyrny, B., Hinkel, J., Jaberg, J., Petrasch, M., Schweizer, C., Stiegler, A., Zeep, C., & Batra, A. (2021). Efficacy of hypnotherapy compared to cognitive behavioral therapy for mild to moderate depression - Results of a randomized controlled rater-blind clinical trial. Journal of Affective Disorders, 286, 166–173. https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.02.069

Füßler, C. (2018, Mai 30). Weniger Schmerz dank Trance: Akzeptanz von Hypnotherapie wächst. Badische Zeitung. https://www.badische-zeitung.de/weniger-schmerz-dank-trance-akzeptanz-von-hypnotherapie-waechst--153097917.html

Gervain, J., Mehler, J., Werker, J. F., Nelson, C. A., Csibra, G., Lloyd-Fox, S., Shukla, M., & Aslin, R. N. (2011). Near-infrared spectroscopy: A report from the McDonnell infant methodology consortium. Developmental Cognitive Neuroscience, 1(1), 22–46. https://doi.org/10.1016/j.dcn.2010.07.004

Giraldy, D. J., & Novaldo, W. (2022). A Systematic Literature Review: Acrophobia Treatment with Virtual Reality. Engineering, MAthematics and Computer Science (EMACS) Journal, 4(1), 33–38. https://doi.org/10.21512/emacsjournal.v4i1.8077

Golden, W. L. (2012). Cognitive Hypnotherapy for Anxiety Disorders. American Journal of Clinical Hypnosis, 54(4), 263–274. https://doi.org/10.1080/00029157.2011.650333

Haipt, A. (2023). Neurophysiological Effects of Hypnotherapy Compared to Cognitive Behavioral Therapy for Depression Measured with fNIRS. Universität Tübingen.

Halsband, U., & Wolf, T. G. (2015). Functional changes in brain activity after hypnosis in patients with dental phobia. Journal of Physiology-Paris, 109(4–6), 131–142. https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2016.10.001

Hartley, C. A., & Phelps, E. A. (2010). Changing Fear: The Neurocircuitry of Emotion Regulation. Neuropsychopharmacology, 35(1), 136–146. https://doi.org/10.1038/npp.2009.121

Hirsch, J. A. (2012). Virtual Reality Exposure Therapy and Hypnosis for Flying Phobia in a Treatment-Resistant Patient: A Case Report. American Journal of Clinical Hypnosis, 55(2), 168–173. https://doi.org/10.1080/00029157.2011.639587

Hirsch, J. A. (2018). Integrating Hypnosis with Other Therapies for Treating Specific Phobias: A Case Series. American Journal of Clinical Hypnosis, 60(4), 367–377. https://doi.org/10.1080/00029157.2017.1326372

Jahn, G., Wendt, J., Lotze, M., Papenmeier, F., & Huff, M. (2012). Brain activation during spatial updating and attentive tracking of moving targets. Brain and Cognition, 78(2), 105–113. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.12.001

Kirsch, I., Montgomery, G., & Sapirstein, G. (1995). Hypnosis as an adjunct to cognitive-behavioral psychotherapy: A meta-analysis. Journal of Consulting and Clinical Psychology, 63(2), 214–220. https://doi.org/10.1037/0022-006X.63.2.214

Kraft, T., & Kraft, D. (2004). Creating a virtual reality in hypnosis: A case of driving phobia. Contemporary Hypnosis, 21(2), 79–85. https://doi.org/10.1002/ch.293

Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P., & Spielberger, C. D. (1981). Das State-Trait-Angstinventar: STAI. Hogrefe. Hogrefe.

Landowska, A., Roberts, D., Eachus, P., & Barrett, A. (2018). Within- and Between-Session Prefrontal Cortex Response to Virtual Reality Exposure Therapy for Acrophobia. Frontiers in Human Neuroscience, 12, 362. https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00362

Li, X., Chen, L., Ma, R., Wang, H., Wan, L., Bu, J., Hong, W., Lv, W., Yang, Y., Rao, H., & Zhang, X. (2020). The neural mechanisms of immediate and follow-up of the treatment effect of hypnosis on smoking craving. Brain Imaging and Behavior, 14(5), 1487–1497. https://doi.org/10.1007/s11682-019-00072-0

Li, X., Chen, L., Ma, R., Wang, H., Wan, L., Wang, Y., Bu, J., Hong, W., Lv, W., Vollstädt□Klein, S., Yang, Y., & Zhang, X. (2019). The top□down regulation from the prefrontal cortex to insula via hypnotic aversion suggestions reduces smoking craving. Human Brain Mapping, 40(6), 1718–1728. https://doi.org/10.1002/hbm.24483

Lyu, D., Stieger, J. R., Xin, C., Ma, E., Lusk, Z., Aparicio, M. K., Werbaneth, K., Perry, C. M., Deisseroth, K., Buch, V., & Parvizi, J. (2023). Causal evidence for the processing of bodily self in the anterior precuneus. Neuron, S0896627323003860. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2023.05.013

Ma, Q., Huang, Y., & Wang, L. (2013). Left Prefrontal Activity Reflects the Ability of Vicarious Fear Learning: A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study. The Scientific World Journal, 2013, 1–8. https://doi.org/10.1155/2013/652542

Maier, H. (2020). Hypnose und Virtual Reality. Eine Studie zur Reduktion von Höhenangst im Vergleich von Hoch- und Niedrigsuggestiblen [Unveröffentlichte Masterarbeit]. Universität Tübingen.

McNally, R. J. (2007). Mechanisms of exposure therapy: How neuroscience can improve psychological treatments for anxiety disorders. Clinical Psychology Review, 27(6), 750–759. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2007.01.003

Meyerbröker, K., Morina, N., & Emmelkamp, P. M. G. (2018). Enhancement of exposure therapy in participants with specific phobia: A randomized controlled trial comparing yohimbine, propranolol and placebo. Journal of Anxiety Disorders, 57, 48–56. https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2018.05.001

Mitrousia, V., & Giotakos, O. (2016). Virtual reality therapy in anxiety disorders. Psychiatriki, 27(4), 276–286. https://doi.org/10.22365/jpsych.2016.274.276

Morina, N., Ijntema, H., Meyerbröker, K., & Emmelkamp, P. M. G. (2015). Can virtual reality exposure therapy gains be generalized to real-life? A meta-analysis of studies applying behavioral assessments. Behaviour Research and Therapy, 74, 18–24. https://doi.org/10.1016/j.brat.2015.08.010

Nomura, M., Ohira, H., Haneda, K., Iidaka, T., Sadato, N., Okada, T., & Yonekura, Y. (2004). Functional association of the amygdala and ventral prefrontal cortex during cognitive evaluation of facial expressions primed by masked angry faces: An event-related fMRI study. NeuroImage, 21(1), 352–363. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.09.021

Opris, D., Enea, V., Pop, A., & Dafinoiu, I. (2011). Hypnotic suggestions effect on sense of presence in virtual reality. A brief report. Erdélyi Pszichológiai Szemle, 12(1), 13–22.

Peter, B. (2015). Hypnose und die Konstruktion von Wirklichkeit. In D. Revenstorf & B. Peter (Hrsg.), Hypnose in Psychotherapie, Psychosomatik und Medizin (S. 37–45). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54577-1_3

Pyka, M., Burgmer, M., Lenzen, T., Pioch, R., Dannlowski, U., Pfleiderer, B., Ewert, A. W., Heuft, G., Arolt, V., & Konrad, C. (2011). Brain correlates of hypnotic paralysis—A resting-state fMRI study. NeuroImage, 56(4), 2173–2182. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.03.078

Raz, A., Fan, J., & Posner, M. I. (2005). Hypnotic suggestion reduces conflict in the human brain. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(28), 9978–9983. https://doi.org/10.1073/pnas.0503064102

Revenstorf, D. (2015a). Einführung. In D. Revenstorf & B. Peter (Hrsg.), Hypnose in Psychotherapie, Psychosomatik und Medizin (S. 1–10). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54577-1_1

Revenstorf, D. (2015b). Trance und die Ziele und Wirkungen der Hypnotherapie. In D. Revenstorf & B. Peter (Hrsg.), Hypnose in Psychotherapie, Psychosomatik und Medizin (S. 13–35). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-54577-1_2

Revenstorf, D. (2021). Psychotherapie zwischen Algorithmus und Psilocybin. Hypnose-ZHH, 16(1+2), 5–24.

Revenstorf, D., Peter, B., & Rasch, B.. (2023). Hypnose in Psychotherapie, Psychosomatik und Medizin: Manual Für Die Praxis (4th ed). Springer Berlin / Heidelberg.

Revenstorf, M. Ohler, F. Nees, & B. Trenkle (Hrsg.), Ketamin und psychoaktive Substanzen in psychotherapeutischen Prozessen (Erste Auflage, S. 17–34). Carl-Auer Verlag. https://doi.org/10.55301/9783849790622

Riegel, B., Isernhagen, J., Torlopp, C., & Ritterbusch, M. (2018). Messung der Trancetiefe mit der deutschen Version der Inventory Scale of Hypnotic Depth. Verhaltenstherapie, 28(1), 44–46. https://doi.org/10.1159/000464339

Riegel, B., Tönnies, S., Hansen, E., Zech, N., Eck, S., Batra, A., & Peter, B. (2021). German Norms of the Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility, Form A (HGSHS:A) and Proposal of a 5-Item Short-

Version (HGSHS-5:G). International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis, 69(1), 112–123. https://doi.org/10.1080/00207144.2021.1836645

Ritz, T., & Dahme, B. (1995). Die Absorption-Skala: Konzeptuelle Aspekte, psychometrische Kennwerte und Dimensionalität einer deutschsprachigen Adaptation. Diagnostica, 41(1), 53–61.

Rosazza, C., & Minati, L. (2011). Resting-state brain networks: Literature review and clinical applications. Neurological Sciences, 32(5), 773–785. https://doi.org/10.1007/s10072-011-0636-y

Rosenbaum, D., Int-Veen, I., Laicher, H., Torka, F., Kroczek, A., Rubel, J., Lawyer, G., Bürger, Z., Bihlmaier, I., Storchak, H., Velten-Schurian, K., Dresler, T., Täglich, R., Schopp, B., Nürk, H.-C., Derntl, B., Nieratschker, V., Fallgatter, A. J., & Ehlis, A.-C. (2021). Insights from a laboratory and naturalistic investigation on stress, rumination and frontal brain functioning in MDD: An fNIRS study. Neurobiology of Stress, 15, 100344. https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2021.100344

Rosenbaum, D., Leehr, E. J., Rubel, J., Maier, M. J., Pagliaro, V., Deutsch, K., Hudak, J., Metzger, F. G., Fallgatter, A. J., & Ehlis, A.-C. (2020). Cortical oxygenation during exposure therapy – in situ fNIRS measurements in arachnophobia. NeuroImage: Clinical, 26, 102219. https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102219

Rosenbaum, D., Thomas, M., Hilsendegen, P., Metzger, F. G., Haeussinger, F. B., Nuerk, H.-C., Fallgatter, A. J., Nieratschker, V., & Ehlis, A.-C. (2018). Stress-related dysfunction of the right inferior frontal cortex in high ruminators: An fNIRS study. NeuroImage: Clinical, 18, 510–517. https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.02.022

Rotaru, T.-□tefan, & Rusu, A. (2016). A Meta-Analysis for the Efficacy of Hypnotherapy in Alleviating PTSD Symptoms. International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis, 64(1), 116–136. https://doi.org/10.1080/00207144.2015.1099406

Roy, M. J., Francis, J., Friedlander, J., Banks-Williams, L., Lande, R. G., Taylor, P., Blair, J., McLellan, J., Law, W., Tarpley, V., Patt, I., Yu, H., Mallinger, A., Difede, J., Rizzo, A., & Rothbaum, B. (2010). Improvement in cerebral function with treatment of posttraumatic stress disordera: Improvement in brain function with PTSD treatment. Annals of the New York Academy of Sciences, 1208(1), 142–149. https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2010.05689.x

Schubert, T. W. (2003). The sense of presence in virtual environments: A three-component scale measuring spatial presence, involvement, and realness. Zeitschrift für Medienpsychologie, 15(2), 69–71. https://doi.org/10.1026//1617-6383.15.2.69

Steinman, S. A., & Teachman, B. A. (2011). Cognitive processing and acrophobia: Validating the Heights Interpretation Questionnaire. Journal of Anxiety Disorders, 25(7), 896–902. https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2011.05.001

Stierle, C. (2022). Reaktionsverhinderung. In M. Linden & M. Hautzinger (Hrsg.), Verhaltenstherapiemanual – Erwachsene (S. 197–200). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-62298-8_32

Tellegen, A., & Atkinson, G. (1974). Openness to absorbing and self-altering experiences („absorption“), a trait related to hypnotic susceptibility. Journal of Abnormal Psychology, 83(3), 268–277. https://doi.org/10.1037/h0036681

Terhune, D. B., & Jamieson, G. A. (2021). Hallucinations and the meaning and structure of absorption. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(32), e2108467118. https://doi.org/10.1073/pnas.2108467118

Valentine, K. E., Milling, L. S., Clark, L. J., & Moriarty, C. L. (2019). The Efficacy of Hypnosis as a Treatment for Anxiety: A Meta-Analysis. International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis, 67(3), 336–363. https://doi.org/10.1080/00207144.2019.1613863

Viña Lorenzo, C., Herrero Fernández, M., Rivero, F., Álvarez Pérez, Y., Fumero Hernández, A., Bethencourt Pérez, J. M., Pitti, C., & Peñate, W. (2020). Cambios en la actividad cerebral asociados a la terapia de exposición cognitivo-conductual para fobias específicas: Búsqueda de los mecanismos

subyacentes. Revista de Neurología, 71(11), 391. https://doi.org/10.33588/rn.7111.2019487

Wechsler, T. F., Kümpers, F., & Mühlberger, A. (2019). Inferiority or Even Superiority of Virtual Reality Exposure Therapy in Phobias? —A Systematic Review and Quantitative Meta-Analysis on Randomized Controlled Trials Specifically Comparing the Efficacy of Virtual Reality Exposure to Gold Standard in vivo Exposure in Agoraphobia, Specific Phobia, and Social Phobia. Frontiers in Psychology, 10, 1758. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01758

White, D., Ciorciari, J., Carbis, C., & Liley, D. (2008). EEG Correlates of Virtual Reality Hypnosis. International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis, 57(1), 94–116. https://doi.org/10.1080/00207140802463690

Wilhelm, F., Pfaltz, M., & Wagner, B. (2018). Neue Technologien in der Psychotherapie. In J. Margraf & S. Schneider (Hrsg.), Lehrbuch der Verhaltenstherapie, Band 1 (S. 663–690). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54911-7_46

Wilhelm-Gößling, C., Schweizer, C., Dürr, C., Fuhr, K., & Revenstorf, D. (2020). Hypnotherapie bei Depressionen: Ein Manual für Psychotherapeuten (A. Batra & F. Hohagen, Hrsg.; 1. Aufl.). W. Kohlhammer GmbH. https://doi.org/10.17433/978-3-17-036257-4

Zhang, X., Noah, J. A., & Hirsch, J. (2016). Separation of the global and local components in functional near-infrared spectroscopy signals using principal component spatial filtering. Neurophotonics, 3(1), 015004. https://doi.org/10.1117/1.NPh.3.1.015004

Zhao, X., You, X., Shi, C., & Gan, S. (2015). Hypnosis therapy using augmented reality technology: Treatment for psychological stress and anxiety. Behaviour & Information Technology, 34(6), 646–653. https://doi.org/10.1080/0144929X.2015.1022223

Anhang

Skript zur Höhenexposition

Sie sehen den Felsen, der fest im Grund verankert ist. Und die langsamen Wellen, die kommen und gehen. Und der Blick in die Ferne, der kann ihnen das Gefühl der Ruhe geben, wenn jetzt die Stadt auftaucht. Wie Atlantis aus dem Meer. Ein Alltag aus einer Großstadt. Und dann neben ihn dieser Baum - Fest verwurzelt. Fest verwurzelt wie ein Baum in ihrer Sicherheit. Das ist ein gutes Gefühl. Ebenso wie der Fels.

Aufstieg 0---Und wenn Sie aufsteigen, sehen Sie etwas mehr von oben. Die Dinge werden unbedeutender unter Ihnen. Sie können den Blick auf den gelben Punkt fixieren, der an der Balkondecke ist. Und dann können Sie ihre Angst bewerten. 0 ist keine Angst und 9 maximal. Und jetzt die Stille für einen Moment.

Aufstieg 1---Und wenn Sie höher steigen. Wenn Sie mit dem Balkon höher steigen, werden die Dinge unten kleiner, gleichgültiger, weiter weg, im Blick immer den Baum. Das Gefühl fest verwurzelt zu sein. Sie können wieder ihre Angst bewerten von 0 angstfrei bis 9.

Aufstieg 2---Und Sie steigen höher. Die Dinge werden unbedeutender, die unter Ihnen liegen. Sie können sich an den Fels erinnern. Unerschütterlich wie ein Fels. Und der Baum neben ihnen gibt die Sicherheit. Und wieder können Sie ihr Gefühl bewerten. Und dann die Stille genießen.

Aufstieg 3---Und weiter steigen Sie höher. Alles rückt in die Ferne. Wird gleichgülti-

ger. Und Sie selbst sind immer verbunden in diesem Raum. Verwurzelt in ihrer Sicherheit.

Aufstieg 4---Wenn Sie höher steigen. Haben Sie immer diesen Baum im Blick. Diesen Baum im Blick der ihnen das Gefühl der verwurzelten Sicherheit gibt. So wie der Fels in der Brandung. Unerschütterlich.

Aufstieg 5---Und höher und höher. Gleichgültig. Alles was unter Ihnen geschieht ist gleichgültig. Der Ballon steigt auf und Sie sind verwurzelt im Boden, im Boden ihrer Sicherheit.

Aufstieg 6---Wenn Sie höher steigen, werden die Dinge unter Ihnen kleiner und unbedeutender. Weit weg und vollkommen gleichgültig. Und Sie selbst in Ihrer Sicherheit

Aufstieg 7---Je höher Sie steigen, desto unwichtiger werden die Dinge hinter Ihnen und unter Ihnen. Nur Sie selbst auf dem Boden. Ganz sicher.

Aufstieg 8---Sie sehen immer den Baum, der erinnert Sie daran, fest verwurzelt in ihrer Sicherheit zu sein. Und ein Ballon steigt auf, weiter nach oben.

Aufstieg 9---Weiter nach oben. Die Dinge Unten ganz gleichgültig. Immer fest im Boden verwurzelt. Immer unerschütterlich wie ein Fels. Das ist gut.

Aufstieg 10---Höher und Höher. Weiter weg. Belanglos. Vollkommen gleichgültig und egal was da unten passiert Sie sind ganz bei sich selber wie ein Baum.

Aufstieg 11---Was ist schon der Unterschied zwischen 10 Metern und 15 Metern? Ganz sicher wie ein Fels, auch wenn Ballons fliegen.

Aufstieg 12---Je höher Sie steigen, desto klarer bleiben Sie bei sich selbst in der Sicherheit und spüren es. Um so klarer spüren Sie es. Um so sicherer.

Aufstieg 13---Und irgendwann vergessen Sie es wie hoch Sie genau sind. Es ist vollkommen unwichtig. Sie sind bei sich selber, wie ein Baum, in sich ruhend.

Aufstieg 14---Höher, Höher, Gleichgültiger. Leichter Nebel, das ist erfrischend.

Aufstieg 15---Wenn Sie von oben schauen, wissen Sie was dort unten geschieht, geht Sie gar nichts an. Sie sind ganz bei sich, wie ein Fels. Fest verankert.

Aufstieg 16---Soweit oben, alles andere ist gleichgültig. Weil Sie sich selber, sicher und festen Boden unter ihren Füßen spüren wie ein Fels.

Aufstieg 17---Wie ein Fels und sicher wie ein Baum. Sicher in sich selbst. Alles andere Gleichgültig.

Aufstieg 18---Noch weiter – noch gleichgültiger. Der Hut schwebt davon und Sie bleiben bei sich selbst.

Aufstieg 19---Es ist so egal. Wenn Sie an den Baum denken, ist in der Tiefe alles gleichgültig. Sie sind gehalten.