

# Suggestierte Taubheit unter Hypnose

## Eine Studie über auditorische und visuelle hirnelektrische Potentiale

*Marcel Franz  
Ewald Naumann  
Wolfgang H.R. Miltner*

### Einleitung

Trotz langjähriger experimenteller und klinischer Forschung ist bis heute immer noch weitgehend ungeklärt, wie es unserem mentalen System und seinen kognitiven und emotionalen Verarbeitungs- und Bewertungsmodulen gelingt, mit Hilfe von Fremd- und/oder Selbstsuggestionen unter Hypnose die Wahrnehmung sensorischer Ereignisse (z. B. visuelle, somatosensorische/noxische oder auditorische Reize) so zu verändern, dass sie in Bezug auf ihre Form, Farbe/Tönung, Intensität oder Dynamik anders oder gar nicht mehr wahrgenommen werden.

Beeindruckende Beispiele hierzu liefern Experimente zur sog. hypnotisch suggerierten Analgesie, visuellen Blindheit und akustischen Taubheit. Im Zusammenhang mit der Wirkung von Hypnose bei akuter Schmerzerfahrung zeigen verschiedene Studien (Braboszcz, Brandao-Farinelli, & Vuilleumier, 2017; Crawford et al., 1998; De Pascalis, Varriale, & Cacace, 2015; Friederich et al., 2001, 2002; Miltner, Braun, & Revenstorf, 1993; Schuler, Braun, Miltner, & Revenstorf, 1996), dass die Intensität und Affektivität schmerzhafter somatosensorischer Reize durch analgetische Suggestionen bei einem breiten Spektrum von Personen in hypnotischer Trance signifikant reduziert werden können, am effektivsten jedoch bei höchst susceptiblen (für Hypnose empfängliche) Personen. Diese Studien unterstützen die Beobachtungen vieler klinischer Studien, wonach hypnotisch induzierte schmerzlindernde Suggestionen bei Eingriffen wie z. B. bei der Kataraktoperation (Chen et al., 2018; Kiss & Butler, 2011), Knochenmark- und Lumbalpunktion (Accardi & Milling, 2009) oder in der Zahnchirurgie (Glaesmer, Geupel, & Haak, 2015; Montenegro, Alves, Zaninotto, Falcao, & Batista de Amorim, 2017) Schmerzen signifikant lindern oder gänzlich ausschalten

Marcel Franz<sup>1</sup>, Ewald Naumann<sup>2</sup> und Wolfgang H.R. Miltner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Psychologie, Friedrich-Schiller-Universität Jena

<sup>2</sup> Institut für Psychologie, Universität Trier

### **Suggestierte Taubheit unter Hypnose. Eine Studie über auditorische und visuelle hirnelektrische Potentiale.**

*Hypnose wird in der Literatur als eine wirkmächtige Methode beschrieben, um die Verarbeitung und Wahrnehmung von Reizen zu beeinflussen. Bisherige positive Berichte über suggestierter Taubheit unter Hypnose basieren historisch bedingt insbesondere auf subjektiven Verhaltensdaten im Sinne einer Post-hoc-Befragung der Probanden. Verschiedene Autoren argumentierten daher, dass die beobachteten Taubheitseffekte weniger auf die Wirkung der Hypnose zurückzuführen seien, sondern eher auf der Wirkung soziokultureller Überzeugungen, Placebo ähnlichen Erwartungshaltungen oder kognitiven Verzerrungen und Selbsttäuschungen beruhen könnten. Um für die Beurteilung möglicher Wirkmechanismen der suggestierten Taubheit eine umfassendere Grundlage zu haben, bedarf es u. E. zusätzlicher Informationsquellen, die mit der Informationsverarbeitung solcher Reize und Ereignisse zeitlich direkt assoziiert sind. Eine solche Informationsquelle liefert die Aufzeichnung ereigniskorrelierter hirnelektrischer Aktivitäten (Ereigniskorrelierter Potenziale, EKPs).*

*Mit der vorliegenden Studie wurde daher geprüft, inwiefern Suggestionen auditorischer Taubheit unter Hypnose eine veränderte Tonwahrnehmung hervorrufen können und ob sich diese Veränderungen auch in neuronalen Prozessen widerspiegeln, die der kognitiven Verarbeitung von Tönen zugrunde liegen. Zusätzlich wurde geprüft, ob die Wirkung einer hypnotischen Taubheitssuggestion auf die Verarbeitung auditorischer Reize beschränkt ist, oder aber ob hypnotische Taubheitssuggestionen auch die Verarbeitung und Empfindung visueller Reize beeinflussen können, obwohl sie nicht Inhalt der Suggestion waren. Hierzu wurden bei 31 gesunden Probanden EKPs während einer randomisierten Serie häufiger (Standard-Ton) und seltener (Distraktor-Ton) akustischer Reize sowie seltener visuellen Reize (Distraktor-Quadrat) in jeweils einer Kontroll-, Leertrance- und Taubheitssuggestions-Bedingung abgeleitet. Die retrospektive Bewertung der durchschnittlichen Lautheit der Töne am Ende der jeweiligen experimentellen Bedingung ergab signifikant niedrigere Lautheitseinschätzungen in der hypnotischen Suggestionsbedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung. Dieser Effekt war suggestionsspezifisch, da es keine signifikanten Lautheitsunterschiede zwischen Kontrolle und Leertrance gab. Zusätzlich wurden zwei EKP-Komponenten (N1, P3b) als elektrophysiologischen Korrelate der Reizinformationsverarbeitung ausgewertet. Die N1-Komponente, die vorwiegend sog. präattentive kognitive Vorgänge markiert und mit der Zuweisung selektiver Aufmerksamkeitsressourcen assoziiert ist, wurde weder durch die Leertrance noch durch die hypnotische Suggestionsbedingung beeinflusst. Für die P3b-Komponente hingegen wurden signifikant kleinere Amplituden unter der Taubheitsbedingung als in der Kontrollbedingung beobachtet, wobei sich dieser P3b-Effekt insbesondere in den seltenen visuellen Reizen widerspiegelte. Dies ist insofern nicht verwunderlich, da die P3b-Amplitude u.a. in Abhängigkeit der Stimulusprobabilität variiert – in diesem Experiment traten visuellen Reize in 15% und Töne in 85% der Fälle auf. Funktionell wird die P3b-Komponente u.a. mit kognitiven Prozessen der Reizkategorisierung und dem Vergleich von Reizrepräsentationen im Arbeitsgedächtnis, der subjektiven Reizrelevanz sowie der Reiz-Reaktions-Kopplung in Verbindung gebracht. Somit scheinen die suggestionsspezifischen Effekte insbesondere auf kognitive Prozesse der Reizkategorisierung und der Reizrelevanz – letztere bedingt durch modalitätsspezifische*

Probabilitätsunterschiede – zu wirken. Insgesamt zeigt die Studie, dass Taubheitssuggestionen auf der Verhaltensebene zu einer Reduktion der Lautheitswahrnehmung führen können, die jedoch in diesem experimentellen Setting zu keiner vollständigen Taubheit führten. Deshalb mag der Begriff ‚Taubheit‘ irreführend sein und es sollte besser die Rede von Hypoakusis sein. Ferner liefert die Erfassung hirnelektrischer Vorgänge neue und vor allem ergänzende Erkenntnisse über die Wirkung hypnotischer Suggestionen auf die Wahrnehmung von Reizen, die mit Hilfe reiner Verhaltensbeobachtungen verschlossen bleiben. Allerdings sind die Ergebnisse dieser Studie zurzeit dennoch mit Vorsicht zu betrachten; sie erfordern Replikation und weitere intensive Beforschung.

Schlüsselwörter: Hypnose, suggerierte Taubheit, auditorische ereigniskorrelierte Potenziale, AEP, visuelle ereigniskorrelierte Potenziale, VEP, N1, N100, P300, P3b, Quellen der P3b.

### **Suggested deafness under hypnosis. A study of auditory and visual brain electrical potentials**

Hypnosis is a powerful method to modify the processing and perception of stimuli. Previous positive reports about the effects of hypnosis-induced deafness are historically based on perception tests commonly applied only at the end of the hypnotic session. Therefore, various authors argued that hypnotic deafness effects would less likely reflect an effect of hypnosis, but rather effects of sociocultural beliefs, placebo-like expectations, or cognitive distortions and self-delusions. In order to secure a more comprehensive basis for the assessment of possible mechanisms of hypnotically suggested deafness, it is necessary to gain information that is temporally directly associated with the processing of stimuli. Such a source of information provides the recording of event-related electrical brain activities (event-related potentials, ERPs). The present study examined the extent to which suggestions of auditory deafness produce changes of neuronal processes that underlie the cognitive processing of sounds. In addition, it was examined whether hypnotic deafness suggestions would only affect auditory stimuli, or whether they might also modulate the processing and perception of visual stimuli that were not addressed by the suggestions. For this purpose, ERPs were recorded from 31 healthy individuals during a randomized series of frequent (standard tone) and rare (distractor tone) acoustic stimuli as well as rare visual stimuli (distractor square) in a control, empty trance, and trance plus deafness suggestion condition. The retrospective assessment of the average loudness of tones at the end of the respective experimental condition resulted in significantly lower loudness ratings when participants were exposed to hypnotic suggestions than to the control condition. This effect was suggestion-specific as there were no significant loudness differences between control and empty trance. In addition, two ERP components (N1, P3b) were evaluated as electrophysiological signatures of stimulus processing. The N1 component, which predominantly marks so-called pre-attentive cognitive processes and was shown being associated with the allocation of selective attention resources to the processed stimuli, was neither influenced by the empty trance nor by hypnotic suggestions. For the P3b component, significantly smaller amplitudes were observed under the deafness condition than the control condition. This P3b effect was reflected in particular in response to the rare visual stimuli replicating observations that P3b amplitude varies as a function of stimulus probability. In this experiment, visual stimuli occurred in 15% and sounds in 85% of stimulus presentation. Functionally, the P3b component is commonly pronounced when stimuli get categorized and compared with stimulus representations in working memory, when addressing subjective stimulus relevance and organizing stimulus-response coupling. Thus, the suggestion-specific effects seem to have a particular effect on cognitive processes of stimulus categorization and stimulus relevance – the latter due to modality-specific differences in probability. Overall, the study shows that suggestions of deafness can lead to a reduction of stimulus loudness, which, however, did not lead to

### *Suggestierte Taubheit unter Hypnose*

*complete deafness in this experimental setting. Therefore, the term “deafness” may be misleading and should better be replaced by the term hypoacusis. Furthermore, the recording of electrical brain processes provides new and additional insight into the effect of hypnotic suggestion onto the perception of stimuli that remain not accessible with pure behavioral observations. However, the results of this study should be viewed with caution since these observations require replication and further intensive research.*

*Key words: Hypnosis, suggested deafness, auditory event-related potentials, AEP, visual event-related potentials, VEP, N1, N100, P300, P3b, sources of P3b.*

Univ. Prof. Dr. Wolfgang H.R. Miltner  
Friedrich-Schiller-Universität  
Institut für Psychologie  
Am Steiger 3/1  
07743 Jena  
wolfgang.miltner@uni-jena.de

erhalten: 3.12.2020

akzeptiert: 3.1.2021

können. Andere Beispiele liefern ethnologische Studien über Fakire (Larbig, 2015; Willford, 2018), die sich in hypnotischer Trance und Erwartung göttlicher Hilfe und Gnade oder Vergebung von Sünden unter Fremd- oder Selbstsuggestion Messer oder Lanzen in den Körper treiben, ohne dabei Schmerzen zu erleben und/oder Verhaltensweisen zu zeigen, die auf Schmerzen hindeuten würden.

Eine der ersten Studien zur hypnotisch suggerierten Blindheit wurde von Erickson (1939) vorgestellt. Probanden durchliefen dabei ein kompliziertes experimentelles Design, bei dem im Vergleich zu einer Trancebedingung ohne Blindheitssuggestion und einer suggestions- und hypnosefreien Kontrollbedingung unter Hypnose und Suggestion hypnotischer Farbenblindheit u. a. grüne, rote oder rot-grüne farbige Objekte des Ishihara Farbttests identifiziert werden sollten. Im Unterschied zur Trance- und Kontrollbedingung zeigten die Probanden während der suggerierten Farbenblindheit konsistente Defizite der Farberkennung, die in Grad und Charakter jenen von Farbenblinden ähnelten. Eine andere Untersuchung überprüfte in einer nachfolgenden Testbedingung, ob die Rechtschreibung von Homophonen negativ beeinflusst wird, wenn die Wörter während einer vorausgehenden Hypnosebedingung mit Blindheitssuggestionen fehlerhaft geschrieben wurden. Die Rechtschreibung dieser Wörter wurde tatsächlich stark von der jeweiligen Schreibweise der Wörter während der vorausgehenden Hypnosebedingung beeinflusst, obgleich 23 der insgesamt 25 untersuchten Probanden im Anschluss an das Experiment angaben, die Wörter während der Blindheitssuggestion nicht gesehen zu haben (Bryant & McConkey, 1989). Ebenso zeigten Blum und Mitarbeiter in einer Serie vergleichbarer Verhaltensstudien (Blum, 1975; Blum & Nash, 1982; Blum, Porter, & Geiwitz, 1978), dass hochsuggestible

Probanden unter hypnotischer Suggestion in der Lage sind, verschiedene Aspekte visueller Reize unter unterschiedlichen Aufmerksamkeitsniveaus erfolgreich auszublenzen. Selektive Blindheit wurde z. B. für die Farbe oder die Form eines visuellen Objektes nachgewiesen. Weitere Studien demonstrierten starke Veränderungen der Gestaltwahrnehmung visueller Reize (Connors, Barnier, Coltheart, Cox, & Langdon, 2012; Jasiukaitis, Nouriani, & Spiegel, 1996), der Farbe (Kallio & Koivisto, 2016; Kosslyn, Thompson, Costantini-Ferrando, Alpert, & Spiegel, 2000; Mallard & Bryant, 2001) oder anderer physikalischer Eigenschaften (Davison & Singleton, 1967).

Im Unterschied zur suggestiven Beeinflussung der Wahrnehmung visueller Reize gilt die suggestive Beeinflussung akustischer Reize als deutlich schwieriger. Ein Grund hierfür ist u. a., dass die Wahrnehmung akustischer Reize nicht durch natürliches Verschließen der Ohren blockiert werden kann. Wie zahlreiche Studien zur Reizverarbeitung im Zustand adäquat angewandter Anästhesie gezeigt haben, sind selbst im tiefen anästhetischen Zustand präattentive Verarbeitungsprozesse auditorischer Reize in Hirnstammregionen mit Hilfe der Untersuchung früher Komponenten sog. evozierter neuronale hirnelektrischer Vorgänge (frühe und mittellatente evozierte Hirnstampmpotenziale auf Töne) registrierbar (Chang, Luo, Chai, & Shu, 2019; Schwender et al., 1995). Dies weist darauf hin, dass totale Taubheit unter Vollnarkose i.d.R. nicht sicher zu erreichen ist. Hieraus begründet sich auch der in der Anästhesie gefürchtete Zustand der intraoperativen Wachheit. Er wurde bislang für alle pharmakologischen Methoden der anästhetischen Bewusstseinsausschaltung wenn auch als äußerst seltener, so doch als prinzipiell möglicher „Worst Case“ nachgewiesen (Schwender et al., 1995). Aus solchen Beobachtungen ist für die Wirkung hypnotisch induzierter Taubheitszustände anzunehmen, dass sie nicht von neuronalen Systemen im Hirnstamm, sondern vorwiegend durch Verarbeitungsprozesse in kortikalen neuronalen Systemen organisiert und kontrolliert werden. Bislang wurden vergleichsweise nur wenige experimentelle Studien zur hypnotisch induzierten Taubheit vorgelegt, die eher widersprüchliche Ergebnisse erbrachten (Barber & Calverley, 1964; Crawford, Macdonald, & Hilgard, 1979; Dynes, 1932; Erickson, 1938, 1939; Spanos, Jones, & Malfara, 1982). So postulierten frühe Studien von Erickson (1938, 1939) und z. B. von Dynes (1932), dass sich Taubheit während hypnotischer Trance im Vergleich zu einer hypnosefreien Kontrollbedingung zuverlässig suggerieren lässt und dafür neben Habituation, Rezeptorerermüdung und Unaufmerksamkeit vor allem das Erreichen einer tiefen Trance verantwortlich sei. Dagegen beobachteten Barber et al. (1964) keine signifikanten Unterschiede der Lautstärke von Tönen, die unter Hypnose mit Taubheitssuggestionen im Vergleich zu einer Kontrollbedingung oder einer Simulation von Hypnose dargeboten wurden. Sie schlussfolgerten daraus, dass es für die Induktion von Taubheit nicht notwendig sei, Probanden in hypnotische Trance zu versetzen. Veränderungen der Tonwahrnehmung könnten auch einfach durch kurze aufgabenmotivierende Anweisungen induziert werden. Wichtig sei nur, dass die Probanden motiviert werden, bei der Testung alles zu tun, damit die suggerierte Taubheit

### *Suggestierte Taubheit unter Hypnose*

erfolgreich eintritt. Die suggerierte Veränderung der Tonwahrnehmung wurde von diesen Autoren nicht der Wirkung von Hypnose zugeschrieben, sondern auf soziokulturelle Erwartungen, Einstellungen und Überzeugungen zurückgeführt (Kihlstrom, 2003; Lynn, Kirsch, & Hallquist, 2008; Spanos & Barber, 1974), die zudem auch ohne Hypnose die Wahrnehmung akustischer oder visueller Reize beeinflussen könnten. Auch Placebo ähnliche Erwartungshaltungen (Lynn et al., 2008) können solche Effekte bewirken. Spanos et al. (1982) interpretierten die Ergebnisse einer ähnlichen Studie in vergleichbarer Weise und schlussfolgerten, dass ihre hoch suggestiblen Probanden nicht überzeugend taub waren, sondern eher berichteten, was sie über Taubheit glaubten. Positive Berichte über suggerierte Taubheit wurden damit eher als Verzerrungen und Selbsttäuschungen und nicht als valide Taubheitserfahrung interpretiert (siehe auch Scheibe, Gray, & Keim, 1968; Spanos, Burgess, Cross, & Macleod, 1992).

Ein Mangel dieser Taubheitsstudien besteht – historisch bedingt – vor allem darin, dass die Ergebnisse und Schlussfolgerungen ausschließlich auf subjektiven Daten beruhen. Weitere Untersuchungsebenen wie z. B. die Untersuchung neuronaler Gehirnprozesse, die der Verarbeitung von Reizen zugrunde liegen und als Signaturen spezifischer kognitiver Funktionen identifiziert sind, wurden aus Mangel an technischen Geräten und Methoden nicht einbezogen. In aller Regel wurden sowohl positive und negative Beurteilungen hypnotisch induzierter akustischer Taubheitssuggestionen in frühen Studien aus einer Post-hoc-Befragung der Probanden abgeleitet. U. a. aus diesem Grunde ist daher bislang weitgehend unklar, ob die aus solchen verbalen Berichten erschlossenen Informationen dem entspricht, was tatsächlich gehört oder gesehen wurde. Was Probanden nach einer Suggestionenbedingung darüber aussagen, was sie in dieser Situation im Vergleich zu entsprechenden Kontrollbedingungen wahrgenommen haben, muss nicht dem entsprechen, was während der Suggestion tatsächlich geschah. Die subjektiven Äußerungen können einer Vielzahl von Einflüssen geschuldet sein, die weder den Untersuchten noch den Untersuchern unmittelbar evident sein müssen. Ob Erickson und Kollegen oder Barber, Spanos und deren Unterstützer mit ihren Interpretationen zur Wirkung von Suggestionen damit recht haben, lässt sich aus den jeweiligen Post-hoc-Erklärungen nicht eindeutig erschließen. Um hierfür eine bessere Grundlage zu haben, bedarf es u. E. zusätzlicher Informationen, die mit der Informationsverarbeitung solcher Reize und Ereignis zeitlich direkt, d. h. online und in Echtzeit assoziiert sind. Sie können zwischen unterschiedlichen Prozessen und Qualitäten der Wahrnehmung eines Reizes valide unterscheiden und z. B. indizieren, ob überhaupt und wie stark ein entsprechender Reiz beachtet und seine Intensität, Form, zeitlichen Aspekte sowie seine persönliche Bedeutung und Aufgabenbedeutung im Hinblick auf Vergleichsreize etc. differenziert wurden.

Als Signaturen solcher online registrierbaren Prozesse der Informationsverarbeitung stehen seit vielen Jahren verschiedene Parameter sog. ereigniskorrelierter hirnelektrischer Aktivitäten der Informationsverarbeitung (ereigniskorrelierte Potenziale, EKPs) zur Verfügung, die aus dem Elektroenzephalogramm von der Schädelober-

fläche des menschlichen Kopfes als differenzierbare Signaturen kognitiver Prozesse abgeleitet und identifiziert werden können. Besonders relevant für die hier zu untersuchenden Fragen sind dabei vor allem hirnelektrische Vorgänge, die zur Familie der sog. N100- und P300-Komponenten gehören. Wie inzwischen unzählige Untersuchungen gezeigt haben (für einen Überblick siehe entsprechende Kapitel in Luck & Kappenman, 2012), indizieren beide Komponenten unterschiedliche neuronale kognitive Vorgänge der Verarbeitung und Wahrnehmung sensorischer Reize. Die N100- oder kurz N1-Komponente ist eine große EKP-Komponente, die üblicherweise zwischen 80 und 120 ms nach Beginn eines auditorischen Reizes ihre maximale negative Ausprägung (Amplitude) im Spannungszeitdiagramm des EKPs erreicht. Sie ist besonders stark über frontozentralen Hirnregionen zu beobachten und kann durch aufgabenrelevante und unvorhersehbare aufgabenunabhängige Reize unterschiedlicher Modalität ausgelöst werden. Die auditive N1 wird durch ein Netzwerk von Neuronen im primären und sekundären/assoziativen auditorischen Kortex und dort vor allem bilateral im sog. Heschl'schen Gyrus und im Planum temporale des oberen temporalen Gyrus generiert. Ergänzend dazu tragen auch neuronale Aktivitäten des frontalen und motorischen Kortex zu ihrer Amplitude bei. Während der Verarbeitung von Reizen sind Strukturen in der rechten Hemisphäre stärker aktiv als in der linken Hemisphäre. Die N1 markiert vorwiegend sog. präattentive kognitive Vorgänge, die mit der Zuweisung selektiver Aufmerksamkeitsressourcen zur Identifizierung von Tonfrequenzen und Tonmuster sowie mit der Identifizierung der Lautstärke und des Timings von Tönen vor einer bewussten Erkennung verantwortlich sind. Frühere Studien unserer Gruppe zeigen, dass die N1 in Reaktion auf schmerzhafte und nicht schmerzhafte somatosensorische Reize oder auf visuelle Reize eher frühe, einfache Aufmerksamkeitsfunktionen und Prozesse der Reizdiskriminierung reflektieren (Kolassa, Kolassa, Musial, & Miltner, 2007; Kolassa, Musial, Kolassa, & Miltner, 2006; Miltner, Johnson, Braun, & Larbig, 1989; Miltner, Straube, & Weiss, 2006). Darüber hinaus konnten wir zeigen, dass diese Prozesse und ihre N1-Amplitude nicht durch Hypnose beeinflusst werden (Franz, Schmidt, Hecht, Naumann, & Miltner, 2020; Friederich et al., 2001; B. Schmidt, Hecht, Naumann, & Miltner, 2017).

Die im Spannungszeitdiagramm positiv verlaufende P3b stellt ebenfalls eine herausragende hirnweite Aktivität dar, die seit Jahren intensiv untersucht wird. Wie demonstriert wurde, geht sie vor allem mit neuronalen Aktivitäten einher, die für die Analyse der Reizwahrscheinlichkeit und des Reizintervalls zwischen Reizen sowie die Reizerkennung und -kategorisierung relevant ist (Kok, 2001; Polich & Kok, 1995). Verleger (2020) hat kürzlich daneben betont, dass die P3b-Amplitude eine wichtige Signatur der Aufgabenrelevanz eines Reizes darstellt und besonders groß ausfällt, wenn der zu verarbeitende Reiz besonders aufgabenrelevant ist und im Gegensatz dazu klein aus- oder ganz entfällt, wenn der Reiz keinerlei Verhaltensrelevanz besitzt. All diese kognitiven Prozesse implizieren darüber hinaus Vorgänge, die mit dem Vergleich und der Aktualisierung mit internen Reizrepräsentationen, d. h. der mit

### *Suggestierte Taubheit unter Hypnose*

ihnen assoziierten Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnisfunktionen zusammenhängen. Gemäß eines von Johnson (1986, 1993) vorgeschlagenen triarchischen Konzepts der P3b ist gesichert, dass die Größe der P3b-Amplitude von der Reizunterscheidbarkeit und der Aufmerksamkeit der reizverarbeitenden Person (E), der Reizwahrscheinlichkeit (P) und Bedeutung oder Aufgabenrelevanz eines Stimulus (M) nach folgender Formel variiert:  $[P3b_{amp} = f(E \times (P + M))]$ . Nach diesem Konzept ist die P3b-Amplitude in Reaktion auf einen sensorischen Reiz um so größer, je unterscheidbarer er im Vergleich zu anderen Reizen/Ereignissen ist (E steht für Equivokation = Mehrdeutigkeit), und je bedeutsamer (M) und seltener der Reiz (P) ist. Die Bedeutung eines Reizes wird dabei definiert durch seine Aufgabenrelevanz (z. B., wenn auf einen bestimmten Reiz immer per Knopfdruck oder Zählen reagiert werden soll), oder der Reiz aufgrund eigener Erfahrungen persönlich bedeutsam ist, er z. B. einen persönlich relevanten Furchtreiz verkörpert. Im Zusammenhang von Furchtreizen haben wir z. B. in einer Serie von Studien gezeigt, dass die P3b von Spinnen-, Blut- oder Sozialphobikern in Reaktion auf entsprechende Furchtreiz (Spinnen, Spritzen, Vortragsituationen) immer größer ist als in Reaktion auf persönlich nicht relevante Furchtreize oder auf neutrale Reize (Boehme, Miltner, & Straube, 2015; Boehme, Ritter, et al., 2015; Brinkmann, Poller, Herrmann, Miltner, & Straube, 2017; Kolassa et al., 2009; Lipka, Miltner, & Straube, 2011; Miltner, Krieschel, Hecht, Trippe, & Weiss, 2004; S. Schmidt, Miltner, & Straube, 2009; Straube, Sauer, & Miltner, 2011). Im Zusammenhang anderer persönlich wichtiger Reize belegen andere Studien, dass z. B. das Gehirn von Müttern im Schlaf besonders heftig mit einer großen P3b-Amplitude reagiert, wenn ihre Kleinkinder während des Schlafs plötzlich aufwachen und durch Weinen oder andere Geräusche auf sich aufmerksam machen (Polich, 2007; Polich & Kok, 1995). Wieder andere Studien zeigen, dass im Schlaf auch die Präsentation des eigenen Namens im Unterschied zu einem fremden Namen von einer stärkeren P3b-Amplitude begleitet ist (Perrin, Garcia-Larrea, Mauguire, & Bastuji, 1999; Tateuchi, Itoh, & Nakada, 2012). Ebenfalls reagieren im Koma liegende Patienten (Annen et al., 2020; Kotchoubey, Lang, Winter, & Birbaumer, 2003; Morlet & Fischer, 2014; Zhu et al., 2019) oder tief anästhesierte Personen bei Präsentation widersprüchlicher akustischer Informationen mit einer stärkeren P3b-Amplitude als bei Präsentation eindeutiger Reize (Trippe, Weiss, & Miltner, 2004). Daneben wurde für alle sensorischen Reize ergänzend gezeigt, dass die P3b-Amplitude auch von der physikalischen Intensität der Reize abhängt, wobei hier ebenfalls die subjektiv erlebte Intensität bedeutsamer ist als die physikalisch definierte Reizintensität. Dieser Zusammenhang hat dazu beigetragen, dass in der medizinischen und psychologischen Schmerzforschung die P3b-Amplitude in Reaktion auf schmerzhaft-noxische Reize häufig als valides Signal und quasi-objektives Maß des erlebten Schmerzes benutzt wurde, um z. B. die Wirkung von Analgetika und psychologischer Schmerzbehandlungsmethoden zu testen und zu qualifizieren (Miltner & Weiss, 2007). Die Qualifizierung als quasi-objektives Maß beruht im Wesentlichen darauf, dass die P3b-Amplitude wie die N1-Amplitude in

Reaktion auf Reize nur schwer willentlich zu beeinflussen ist und daher von zahlreichen Autoren als Signatur vorbewusster Prozesse der Reizverarbeitung interpretiert wird (Luck, 2014; Luck & Kappenman, 2012). Beide Amplituden sind jedoch in Reaktion auf einfache visuelle und auditorische Reize in der Regel nur schwer auf ein einzelnes Reizereignis im Spontan-EEG zu identifizieren, da sie immer in eine Vielzahl anderer neuronaler Vorgänge eingebettet sind, die das Gehirn im Moment des Reizes ebenfalls bearbeitet (z. B. umgebende Geräusche, Gedanken, Erinnerungen, motorische Reaktionen, Erregungszustände, emotionale Prozesse, usw.). Ausnahmen davon sind P3b-Amplituden in Reaktion auf sehr starke Schmerzreize, auf Knallergebnisse oder Blitze, die bis zu 60/70  $\mu\text{V}$  und mehr ausmachen können (Luck, 2014). Die Extraktion der N1- und P3b-Amplituden aus dem Spontan-EEG erfordert i.d.R. deshalb die Applikation stets mehrerer Reize der interessierenden Art und die Mittelung ihrer zugehörigen Spannungszeitdiagramme. Durch die Mittelung werden die entsprechenden reizkorrelierten neuronalen Hirnreaktionen aus dem Spontan-EEG herausgefiltert. Je mehr Reize dabei gemittelt werden, umso klarer, d. h. unverrauschter wird der Spannungszeitverlauf der Amplitude beider Komponenten (Luck, 2014).

Insgesamt zeigen diese Untersuchungen, dass die beiden sog. späten Komponenten N1 und P3b in Reaktion auf sensorische Reize valide Information über verschiedene Verarbeitungsprozesse liefern. Im Zusammenhang unserer Untersuchung lässt sich daraus u. a. ableiten, ob akustische und visuelle Reize während der Suggestion akustischer Taubheit oder visueller Blindheit mit geringerer Intensität, abgeschwächter Bedeutung und/oder Aufmerksamkeit verarbeitet werden als in einer Trancebedingung ohne Suggestion (in folgenden als Leertrance bezeichnet) oder einer Kontrollbedingung, in der die gleichen Reize ohne Hypnose und ohne Suggestion von Taubheit bzw. Blindheit appliziert wurden (Luck, 2014).

Eine kürzlich publizierte eigene Untersuchung zur suggerierten Taubheit (Franz et al., 2020) baut auf diese Eigenschaften beider Amplituden auf und untersuchte in Ergänzung zu Verhaltensparametern beide Amplituden während unterschiedlicher Bedingungen der Reizverarbeitung. Untersucht wurde dabei mit Hilfe eines sog. auditorischen Drei-Stimulus-Oddball-Paradigmas die Verarbeitung von drei Reiztypen (Standard-, Distraktor- und Zielreizen) und die Aktivität ihrer kortikalen Quellen, während die Probanden in hypnotische Trance mit Taubheitssuggestion (HYP) versetzt wurden, die Simulation von Hypnose (SIM) versuchten oder während einer Aufmerksamkeitsbedingung instruiert waren, die präsentierten Reize ohne Hypnose und Taubheitssuggestion (CON) aktiv nicht zu beachten. Während HYP erhielten die Teilnehmer Suggestionen, dass ein Ohrstöpsel die Wahrnehmung der Töne behindern würde. In der SIM-Bedingung hingegen sollten sie so tun, als wären sie hypnotisiert und unfähig, die Töne zu hören, während in der Ablenkungsbedingung DIS die Teilnehmer gebeten wurden, ihre Aufmerksamkeit auf einen Film zu fokussieren. Schließlich sollten in einer Kontrollbedingung die Töne einfach wahrgenommen werden. In jeder Bedingung wurden die Probanden gebeten, in Reaktion auf den seltenen akusti-

### *Suggestierte Taubheit unter Hypnose*

schen Zielreiz eine Taste zu drücken. Die Verhaltensdaten zeigen, dass die Trefferquote und Reaktionszeiten für erkannte Zielreize während HYP und SIM signifikant reduziert und die wahrgenommene Lautstärke der Töne abgeschwächt waren. Die Ablenkung von Reizen durch den Film hatte nur geringe negative Effekte auf die Trefferquote und die wahrgenommene Lautstärke der Zielreize. Bei den ereigniskorrelierten Potenzialen zeigten sich für die N1-Komponente während Hypnose, Simulation der Hypnose und Ablenkung keine signifikanten Amplitudenunterschiede im Vergleich zur Kontrollbedingung. Dies indiziert, dass die Teilnehmer in allen Bedingungen die Reize ähnlich wahrgenommen hatten. Demgegenüber war die Amplitude der P3b-Komponente während der HYP- und SIM-Bedingungen im Vergleich zur Kontrollbedingung signifikant reduziert. Ergebnisse der Quellenanalyse der N1- und P3b-Komponenten wiesen ferner darauf hin, dass in allen experimentellen Bedingungen nur eine geringe Anzahl neuronaler Hirnstrukturen (Quellen) für die unterschiedliche Tonverarbeitung verantwortlich waren. Diese Quellen gehören zu Gehirnregionen, die vor allem für die Fokussierung der Aufmerksamkeit (Präcuneus), die Diskriminierung der Reize (temporale auditorische Netzwerke) und die Organisation der geforderten Verhaltensreaktionen auf Zielreize (motorische und exekutive Areale im frontalen Kortex) wichtig sind. Unsere Daten bestätigen damit, dass in Hypnose suggerierte Taubheitssuggestionen bei hoch und gering suggestiblen Probanden nicht nur die Lautheit auditorischer Reize signifikant abschwächt, sondern diese Effekte gehen auch mit signifikanten Veränderungen neuronaler Aktivitäten in Hirnregionen einher, die für die Verarbeitung auditorischer Reize von zentraler Bedeutung sind.

Die hier vorgestellte neue Studie knüpft an diese Untersuchung an und überprüft in einem leicht geänderten Paradigma zur Verhinderung eines Paradoxons vorausgehender Studien noch einmal neben Verhaltensparametern suggestionsbedingte Änderungen der Wahrnehmung akustischer Reize. Das Paradoxon bezieht sich dabei auf das Problem, dass die Suggestionen in einigen der zuvor erwähnten Studien logisch inkonsistent, ja paradox waren, indem den Teilnehmern zum einen suggeriert wurde, vollständig taub zu sein, sie andererseits aber dazu aufgefordert wurden, durch Knopfdruck oder stilles Zählen etc. sofort zu reagieren, sobald ein definierter Zielreiz wahrgenommen wurde. Dieses Phänomen ist in der Hypnoseforschung und Praxis unter dem Begriff „Trance Logic“ geläufig, wobei bislang nicht geklärt ist, ob es die Wirkung hypnotischer Verfahren eher behindert oder fördert (Catena, 1994). Um dieses Paradoxon zu umgehen, haben wir für die aktuelle Untersuchung ein Paradigma verwendet, das solche Inkonsistenzen dadurch ausschließt, dass auf die Verhaltensreaktion bei Wahrnehmung der Reize verzichtet und stattdessen versucht wurde, Unterschiede der Reizverarbeitung während der Taubheitssuggestionen unter Hypnose und einer Kontrollbedingung ohne Suggestion und Hypnose aus den neuronalen Hirnreaktionen während der Verarbeitung der Reize abzuleiten.

In Ergänzung zu dieser Änderung verfolgen wir mit dieser Studie noch eine weitere bislang weitgehend offene Forschungsfrage, d. h., ob die Wirkung hypnotischer

Suggestionen bei der Verarbeitung von Reizen ausschließlich auf jene Reiz Aspekte beschränkt ist, die einen expliziten Bezug zu den Inhalten der Suggestion aufweisen oder aber, ob hypnotische Suggestionen auch die Verarbeitung von Reizen beeinflussen, die während der Trance zwar dargeboten, nicht aber Inhalt der Suggestion sind (Oakley & Halligan, 2013). Eine erste Untersuchung zu dieser Frage haben wir bereits in einer früheren Ausgabe dieser Zeitschrift publiziert (Miltner et al., 1993). Dabei wurden bei 16 gesunden Probanden die Schmerzwahrnehmung mit Hilfe schmerzreizinduzierter EKPs und subjektiver Schmerzangaben in einer Hypnosebedingung mit schmerzverstärkenden Suggestionen (Hyperalgesiesuggestion) und einer Hypnosebedingung mit schmerzreduzierenden Suggestionen (Hypoalgesiesuggestion) sowie einer Kontrollbedingung ohne Hypnose und Suggestion getestet. Ebenso wurden die Aktivitäten der N1- und P3b- Amplituden in Reaktion auf visuelle Reize analysiert, die jeweils 1 sec vor den Schmerzreizen appliziert und bei keiner der drei Versuchsbedingungen von speziellen visuellen Suggestionen begleitet wurden. Beide Hypnosebedingungen erzielten im Unterschied zur Baselinebedingung eine deutliche Reduktion der Schmerzempfindung. Im Unterschied dazu ergaben sich bei den hirnelektrischen Vorgängen in Reaktion auf die Schmerzreize nur schwache Unterschiede zwischen Baseline-, Hypo- und Hyperalgesiebedingungen. Ebenso zeigten sich zwischen allen drei Versuchsbedingungen nur marginale, unbedeutende Unterschiede im Amplitudenverlauf der visuellen N1- und P3b-Komponenten.

Zusammenfassend wird mit der vorliegenden Studie damit geprüft, ob die Suggestion auditorischer Taubheit während eines hypnotischen Trancezustands im Vergleich zu einer suggestions- und hypnoselosen Kontrollbedingung mit einer signifikanten Abschwächung der Lautheit von Tönen bis hin zur auditorischen Taubheit einhergeht und sich diese Veränderungen der Tonwahrnehmung auch in neuronalen Prozessen widerspiegeln, die der kognitiven Verarbeitung von Tönen zugrunde liegen. Daneben wird geprüft, ob die Wirkung solcher Taubheitssuggestionen auf die Verarbeitung auditorischer Reize beschränkt bleibt oder aber auch die Verarbeitung visueller Reize beeinflusst, die nicht Inhalt der Suggestion sind.

## **Methoden**

An der Studie nahmen 31 gesunde Versuchspersonen (15 Frauen) im Alter zwischen 18–36 Jahren teil. Hiervon wurden drei Probandinnen von der weiteren Auswertung ausgeschlossen: zwei hatten das Experiment vorzeitig abgebrochen und eine Probandin war während der Hypnoseeinleitung eingeschlafen. Alle Versuchspersonen erhielten wahlweise eine finanzielle Aufwandsentschädigung (10 €/h) oder eine Stundenanrechnung für die im Rahmen des Studiums verpflichtenden Versuchspersonenstunden. Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften der Universität Jena genehmigt (FSV 14/03) und entsprach der Helsinki-Erklärung des Weltärztebundes (World Medical Association, 2013).

### *Suggestierte Taubheit unter Hypnose*

*Versuchsablauf:* Nach Ankunft im Labor erfolgte zum Zwecke des Rapportaufbaus ein ca. 15-minütiges Gespräch zwischen den Versuchspersonen und dem Hypnotiseur. Dabei wurde den Teilnehmern die Wirkung von Hypnose sowie der Ablauf und die Ziele der Studie erläutert. Anschließend wurden die Teilnehmer für die EEG-Messung vorbereitet. Vor dem Experiment wurde die Hörschwelle jeder Person ermittelt, um sicherzustellen, dass die Teilnehmer die Töne subjektiv etwa gleich laut wahrnahmen. Das eigentliche Experiment bestand aus drei Bedingungen, die jeder Proband durchlief: [1] eine *Leertrance*-Bedingung (im Folgende auch einfach als Trance bezeichnet), bei der die Probanden durch eine in unseren früheren Studien bewährte Induktionsmethode in einen Trancezustand versetzt wurden (Franz et al., 2020; B. Schmidt et al., 2017); [2] eine *Taubheitssuggestions*-Bedingung (Franz et al., 2020), bei der die Probanden zunächst in einen Trancezustand versetzt wurden und anschließend suggeriert bekamen, dass sie auf beiden Ohren taub seien, so dass die präsentierten Töne nicht gehört werden können; [3] eine *Kontroll*-Bedingung, bei der sich die Probanden in einem neutralen Wachzustand ohne Leertrance oder spezifische Suggestion befanden. Zur Verminderung/Vermeidung von Serien- und Crossover-Effekten wurde die Abfolge der experimentellen Bedingungen über alle Probanden ausbalanciert.

Unter jeder dieser drei experimentellen Bedingungen wurde den Probanden ein passives intermodales Drei-Stimulus-Oddball-Paradigma präsentiert. Dieses Paradigma umfasst eine zufällige Folge von 200 Reizen, bestehend aus einem häufigen und seltenen akustischen Reiz (800 bzw. 1200 Hz) sowie einem seltenen visuellen Reiz (grünes Quadrat), die jeweils mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.7, 0.15 bzw. 0.15 präsentiert wurden und als Standard-Ton, Distraktor-Ton bzw. Distraktor-Quadrat bezeichnet wurden. Das durchschnittliche Intervall zwischen den Reizen variierte zufällig zwischen 1 und 2 Sekunden und die Gesamtdauer eines Versuchsteils zwischen 5 und 7.2 Minuten. Nach jeder Bedingung wurden die Versuchspersonen gebeten, mittels einer Likert-Skala von 0 (nicht gehört) bis 20 (sehr laut gehört) einzuschätzen, wie laut sie die zwei verschiedenen Töne im Mittel wahrnahmen. Die akustischen Stimuli wurden über stromfreie Ohrhörer (E-A-RLINK™, 3M Company, Indianapolis, USA) für 100 ms mit einer Anstiegs-/Abfallzeit von je 10 ms präsentiert. Die Probanden saßen in einer elektrisch abgeschirmten und geräuschreduzierten EEG-Kabine auf einem komfortablen Stuhl mit einem Abstand von ca. 95 cm zu einem Bildschirm, über den das Distraktor-Quadrat präsentiert wurde. Während des Experimentes befand sich der Hypnotiseur außerhalb der EEG-Kabine. Die Verständigung zwischen Hypnotiseur und Proband erfolgte über eine Kommunikationsanlage aus Mikrofonen und Ohrhörern/Lautsprechern auf Seiten der Probanden/des Hypnotiseurs. Die Tranceeinleitung sowie die spezifischen Taubheitssuggestionen folgten einem standardisierten Text, der vom Hypnotiseur während des Experimentes über das Mikrophon vorgetragen wurde. Die Gesamtdauer des Experimentes betrug ca. 90 Minuten. Der experimentelle Ablauf sowie die Reizpräsentation wurde mit Hilfe der

Presentation<sup>®</sup>-Software (Version 21.0, Neurobehavioral Systems, Inc., Berkeley, CA, www.neurobs.com) programmiert und gesteuert. Im Anschluss an die Hypnosebedingungen (Leertrance, Taubheitssuggestion) erhielten die Teilnehmer die deutsche Version der Inventory Scale of Hypnotic Depth (ISHD, Field, 1965; Riegel, Isernhagen, Torlopp, & Ritterbusch, 2018), mit der die Tiefe der hypnotischen Trance bewertet wurde. Ein Gesamtscore < 71 entspricht dabei einer geringen Hypnosetiefe, ein Gesamtscore zwischen 70 und 94 einer mittleren Hypnosetiefe und ein Gesamtscore  $\geq 95$  einer sehr tiefen Trance/Hypnose.

Hiernach fand an einem weiteren Tag eine Gruppensuggestibilitätstestung mit Hilfe der deutschen Version der Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility (Bongartz, 1985; HGSHS, Shor & Orne, 1962) statt, um die Hypnotisierbarkeit der Versuchspersonen zu erfassen. Dieser Test besteht aus 12 Suggestionaufgaben (z. B. Handabsenkung, Armimmobilisierung, Fliegenhalluzination, etc.). Am Ende der Gruppentestung bewerteten die Teilnehmer, ob und wie gut sie auf jede dieser 12 Suggestionaufgaben reagierten. Ein Gesamtscore von 0 bis 3 entspricht einer geringen Suggestibilität, 4 bis 7 einer moderaten Suggestibilität und 8 bis 12 einer hohen Suggestibilität. Ferner wurde von jedem Probanden in einer ca. 30-minütigen MRT-Untersuchung die anatomische Hirnstruktur erfasst. Diese wurden zum Zwecke hirnelektrischer Quellenanalysen der EKP-Signale erhoben, die allerdings in dieser Arbeit aus Platzgründen nur teilweise berichtet wird.

*EEG-Ableitungen:* Die ereigniskorrelierte elektrische Hirnaktivität wurde von 96 gesinterten Ag/Ag-Cl-Elektroden (EASYCAP, GmbH, Herrsching-Breitbrunn), die äquidistant auf der Kopfhaut platziert wurden, gegen eine Elektrode auf der Nasenspitze abgeleitet, wobei die Elektrodenimpedanz aller Sensoren unterhalb von 10 k $\Omega$  lag. Die EEG-Signale wurden mit BrainAmp Verstärkern und der BrainVision Recorder Software (beides Produkte von Brain Products, Gilching) registriert. Die kontinuierlichen EEG-Signale wurden analog bandpassgefiltert (0.015–250 Hz) und mit 1 kHz digitalisiert, auf einer Festplatte gespeichert und anschließend off-line weiterverarbeitet.

*Datenaufbereitung:* Die Vorverarbeitung der EEG-Daten erfolgte mit EEGLAB (Version 13.6.5b, Delorme & Makeig, 2004). Dabei wurde zunächst der jeweilige Datensatz eines Probanden auf 250 Hz herunter gesampelt und auf verbundene Mastoide (linked mastoids) umreferenziert. Mit Hilfe der unabhängigen Komponentenanalyse (ICA, Infomax-Algorithmus) wurde der Datensatz von Augenbewegungsartefakten bereinigt. Hierzu wurde ein Duplikat des rereferenzierten Datensatzes erstellt, welches offline bandpassgefiltert (FIR-Bandpass: 1–40 Hz) und anschließend in kontinuierliche Intervalle von je einer Sekunde unterteilt wurde. Hiernach wurde der Datensatz von Artefakten bereinigt, indem jene Segmente verworfen wurden, deren Amplitudenwerte sehr unwahrscheinlich waren ( $|x| > 3$  SD) basierend auf der EEGLAB Funktion *pop\_jointprob* (Delorme, Sejnowski, & Makeig, 2007). Anschließend erfolgte das Training des ICA-Verfahrens an dem korrigierten Datensatz. Die daraus

### *Suggestierte Taubheit unter Hypnose*

resultierende ICA-Lösung wurde nun auf den originalen umreferenzierten Datensatz angewandt, wobei augenartefaktbezogene Komponenten der ICA-Lösung über die vollautomatische Methode EyeCatch (Bigdely-Shamlo, Kreutz-Delgado, Kothe, & Makeig, 2013) identifiziert und aus den Daten entfernt wurden. Anschließend erfolgte eine FIR-Bandpassfilterung (0.1–40 Hz) und eine Segmentierung der kontinuierlichen Daten in Epochen von –0.2 bis +1.0 sec relativ zum jeweiligen Oddball-Reizbeginn mit einer Baselinekorrektur von –0.2 bis 0 sec. Die Epochen wurden ebenfalls von Artefakten bereinigt, indem wiederum Epochen mit Amplitudenwerten  $|x| > 3$  SD von der weiteren Auswertung ausgeschlossen wurden (*pop\_jointprob*). Im Durchschnitt flossen 78% (Min/Max: 57.2%, 98.3%) der Epochen in die Auswertung ein. Für jeden Probanden wurden die ereigniskorrelierten Potentiale (EKP) getrennt nach Reiztyp (Standard-Ton, Distraktor-Ton, Distraktor-Quadrat) und Bedingung (Kontrolle, Leertrance, Taubheitssuggestion) gemittelt und für die statistische Auswertung genutzt.

Für die Rekonstruktion der neuronalen Quellen der N1- und P3b-Amplituden verwendeten wir ein in SPM12 (v7219; <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>) implementiertes Verfahren. Grundlage für diese Analyse bildete die Aufnahme der Probandengehirne mit Hilfe T1-gewichteter struktureller MRT-Bilder. Das für die Berechnungen der neuronalen Quellen benutzte Lokalisationsmodell unterteilte das Gehirn in vier Schichten, mit denen der Kortex, die darunter liegenden Strukturen des Hirnstamms, der äußere Schädel und die Kopfhaut differenziert wurden. Die Kortexfläche der individuellen Gehirnmodelle selbst wurden dann in 8196 kleine neuronale Quellen (4098 pro Hemisphäre) unterteilt und deren Position auf ein gemeinsames Standard-3D-Modell des Gehirns übertragen und angepasst. Anschließend wurde die bei jedem Probanden an allen Elektroden erfasste hirnelektrische Aktivität nach Bereinigung von Artefakten auf dieses standardisierte Modell projiziert und daraus berechnet, welche der rund achttausendzweihundert möglichen Quellen innerhalb des gesamten Reizverarbeitungszeitraums von 100 ms vor bis 600 ms nach Beginn der Reizapplikation zur topografischen Verteilung der Hirnaktivität beitrugen. In einem anschließenden Analyseschritt wurde dann mit Werkzeugen, die ebenfalls in SPM12 zur Verfügung stehen, geprüft, welche dieser Quellen zu den neuronalen Aktivitäten im Zeitfenster der N1- und P3b-Amplituden signifikant beitragen und sich hinsichtlich experimenteller Bedingung und Stimulus-Typ voneinander statistisch unterscheiden.

*Statistische Auswertung:* Mögliche Unterschiede in der subjektiven Lautheitsbewertung der akustischen Reize wurden anhand einer zweifaktoriellen Messwiederholungs-ANOVA mit den Faktoren Bedingung (Kontrolle, Leertrance, Taubheitssuggestion) und Reiztyp (Standard-Ton, Distraktor-Ton) analysiert. Zusätzliche Post-hoc Tests ( $n = 3$ ) zum Zwecke paarweiser Vergleiche innerhalb des Faktors Bedingung wurden Bonferroni-adjustiert, um dem Problem zufälliger positiver experimenteller Effekte bei Durchführung vieler statistischer Bedingungsvergleiche entgegenzuwirken. Ebenso wurde überprüft, ob das verwendete Messwiederholungsdesign trotz ran-

domisierter Abfolge der einzelnen experimentellen Bedingungen über alle Teilnehmer hinweg, möglicherweise durch sog. Carry-over-Effekte bzw. asymmetrische Transfers zwischen den einzelnen experimentellen Bedingungen kontaminiert war, so dass möglicherweise der Vergleich der interessierenden Parameter (Laustärke, N1- und P3b-Amplituden) zwischen Teilnehmern, die z. B. zuerst eine der beiden Hypnosebedingungen und dann die Kontrollbedingung durchliefen, sich von jenen unterschied, die erst die Kontrollbedingung und dann die beide Hypnosebedingungen erhielten. Grund dafür können z. B. unterschiedliche sog. Anforderungscharakteristika (eine ausführliche Beschreibung solcher Charakteristika finden sich bei Orne, 1962, 1979) der einzelnen experimentellen Bedingungen sein, die sich nicht symmetrisch über die einzelnen Bedingungen verteilen, sondern einen sog. asymmetrischen Transfer bzgl. Crossover Effekt zwischen den experimentellen Bedingungen aufweisen. So kann es z. B. sein, dass jene Personen, die die Kontrollbedingung vor beiden Hypnosebedingungen durchlaufen, unter Kontrolle die Reize mit anderer Erfahrung, Erwartung, Neugier, Motivation etc. verarbeiten als Personen, die die gleichen Reize zuerst unter Hypnose und dann unter der Kontrollbedingung präsentiert bekamen. Die Analyse der gemittelten EKP-Signale wurde separat für die N1- und P3b-Komponente durchgeführt, wobei sich die statistische Analyse auf zwei Elektroden fokussierte, die sich in zahlreichen früheren EKP-Studien als Standardelektroden für die Erfassung der beiden Komponenten etabliert haben: zur Analyse der N1 wurden die mittleren Amplituden an der frontalen Elektrode Fz im Zeitfenster zwischen 80–100 ms für auditorische Reize und zwischen 140–160 ms für visuelle Reize nach Stimulusapplikation berechnet und für die P3b-Komponente an der zentroparietalen Elektrode Pz im Zeitfenster zwischen 320–470 ms. Die gemittelten Amplituden jedes Probanden wurden dann als Grundlage für alle nachfolgenden N1- und P3b-Amplitudenanalysen unter Verwendung einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung verwendet, um den Effekt der experimentellen Bedingungen und der Reiztypen (Standard-Ton, Distraktor-Ton, Distraktor-Quadrat) auf die Amplitudenausprägung der N1- und P3b-Komponente zu untersuchen. Bei Verletzung der Sphärizitätsannahme wurde die Greenhouse-Geisser-Korrektur  $\epsilon$  angewendet, wann immer dies angebracht war. Wir betrachteten  $p$ -Werte  $p < 0.05$  als statistisch signifikant. Alle statistischen Analysen erfolgten mit dem Softwarepaket R (Version 3.6.2, R Core Team, 2019).

## Ergebnisse

*Suggestibilität und erlebte Hypnosetiefe:* Von den 28 Probanden nahmen insgesamt 18 Probanden an der Suggestibilitätstestung teil. Die Testung ergab folgende Probandenverteilung hinsichtlich des Suggestibilitätsgrades: niedrig ( $n = 3$ ), mittelgradig ( $n = 12$ ) und hoch suggestibel ( $n = 3$ ). Bei der retrospektiven Einschätzung der erlebten Hypnosetiefe mittels des ISHD-Fragebogens erzielten 32% der Probanden eine geringe, 64% eine mittlere und 4% eine sehr tiefe Hypnose ( $n = 1$ ).

### *Suggestierte Taubheit unter Hypnose*

*Lautheitsbewertung:* Die retrospektive Bewertung der durchschnittlichen Lautheit der Oddball-Töne am Ende der jeweiligen experimentellen Bedingungen ist in Abb. 1 separat für die Standard- und Distraktor-Töne dargestellt. Die Lautheitsratings wurden mittels einer zweifaktoriellen ANOVA und den Faktoren BEDINGUNG (Kontrolle, Leertrance, Taubheitssuggestion) und REIZTYP (Standard-Ton, Distraktor-Ton) analysiert. Diese ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor BEDINGUNG ( $F_{1,37, 37.07} = 5.6$ ,  $\epsilon = 0.686$ ,  $p = .015$ ,  $\eta_p^2 = 0.02$ ). Die Lautheitsratings variierten statistisch bedeutsam zwischen den experimentellen Bedingungen. Paarweise Post-hoc-Vergleiche zwischen den experimentellen Bedingungen ergaben signifikant stärkere Lautheitswerte während der Kontrollbedingung verglichen mit der Taubheit Suggestionssbedingung ( $M = 6.6$  vs.  $4.8$ ,  $t_{54} = 3.3$ ,  $p = .006$ , Bonferroni-adjustiert). Keine signifikanten Lautheitsunterschiede ergaben sich zwischen Kontrolle und Leertrance und Leertrance und Suggestion. Der Faktor REIZTYP sowie die Interaktion zwischen beiden Faktoren wurden nicht signifikant und hatten demnach keinen systematischen Einfluss auf die Lautheit der Töne. Es konnte auch kein symmetrischer Transfer zwischen den experimentellen Bedingungsabfolgen Kontrolle dann Hypnosebedingungen und Hypnose dann Kontrolle identifiziert werden.

*EEG-Elektrodenanalyse:* Im nächsten Schritt wurde analysiert, inwiefern die experimentellen Bedingungen einen Einfluss auf die hirnelektrischen Prozesse der Informationsverarbeitung – reflektiert durch die N1- und P3b-Amplituden – hatten. Abb. 2A zeigt die über alle Probanden gemittelten EKP-Kurven an der frontalen Elektrode 8, die ungefähr mit der Fz-Elektrode des internationalen 10-20-Systems übereinstimmt, sowie der zentroparietalen Elektrode 29, die mit Bezug zum 10-20-Systems annähernd der Elektrode Pz entspricht, getrennt für den visuellen Reiz (gestrichelte Kurven, Distraktor-Quadrat) und die zwei auditorischen Reize (solide Kurven) unter der Kontroll-, Leertrance- und Taubheitssuggestionssbedingung. Abb. 2B illustriert die topographischen Spannungsverteilungen der N1 (Fz, 100 ms) und P3b-Komponenten (Pz, 400 ms) über den gesamten Kopf für jede Bedingung und Reiztyp.

*N1-Amplitude:* Die ANOVA für messwiederholte Daten ergab, dass der Faktor experimentelle BEDINGUNG keinen Einfluss auf die N1-Amplituden hatten ( $F_{1,87, 50.39} = 3.21$ ,  $\epsilon = 0.933$ ,  $p = .052$ ). Allerdings wurde der Faktor REIZTYP signifikant ( $F_{1,13, 30.59} = 14.46$ ,  $\epsilon = 0.567$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = .35$ ). N1-Amplituden des visuellen Reizes (Distraktor-Quadrat) waren signifikant kleiner als jene der auditorischen Reize (Distraktor-Ton, Standard-Ton,  $t_{54} = 5.23$ ,  $p < .001$ ). Die Interaktion zwischen den Faktoren BEDINGUNG und REIZTYP wurde nicht signifikant (siehe Abb. 2C). Auch für die N1-Amplitude konnte kein sog. asymmetrischer Transfer zwischen den Teilnehmern mit experimentellen Bedingungsabfolgen Kontrolle dann Hypnosebedingungen bzw. Hypnosebedingungen dann Kontrollbedingung identifiziert werden.

*P3b-Amplitude:* Die ANOVA für messwiederholte Daten ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor BEDINGUNG ( $F_{2, 53.97} = 3.83$ ,  $\epsilon = 1.0$ ,  $p = .028$ ,  $\eta_p^2 = .12$ ). Paarweise Post-hoc-Vergleiche ( $n = 3$ ) indizierten signifikant größere P3b-Am-

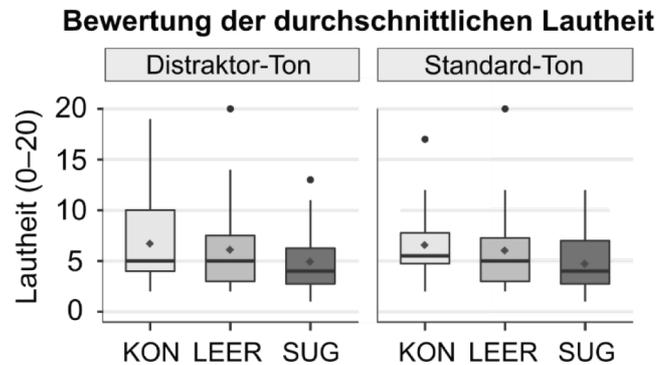


Abbildung 1. Retrospektive Einschätzung der durchschnittlichen Lautheit (0–20) des Distraktor- und Standard-Tons am Ende der jeweiligen experimentellen Bedingungen (Kontrolle, Leertrance, Taubheitssuggestion). Der schwarze Strich innerhalb der Boxplots repräsentiert den Median, der graue Diamant den Mittelwert, schwarze Kreise Ausreisserwerte und die Ausdehnung der Box (0.25 und 0.75-Quantil) entspricht dem Wertebereich in dem 50% der Daten liegen.

plituden während der Kontroll- im Vergleich zur Suggestionenbedingung ( $t_{54} = 2.62$ ,  $p = .03$ , Bonferroni-adjustiert), wohingegen es keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontrolle und Leertrance ( $t_{54} = 2.09$ ,  $p = <.12$ , Bonferroni-adjustiert) und Leertrance vs. Suggestion ( $t_{54} = 0.53$ ,  $p = .99$ , Bonferroni-adjustiert) gab. Zusätzlich ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für Faktor REIZTYP ( $F_{1,26, 33.91} = 87.27$ ,  $\epsilon = 0.628$ ,  $p < .001$ ,  $\eta_p^2 = 0.76$ ). P3b-Amplituden des visuellen Reizes (Distraktor-Quadrat) waren signifikant größer als jene der auditorischen Reize (Distraktor-Ton, Standard-Ton,  $t_{54} = 13.09$ ,  $p < .001$ ). Die Interaktion zwischen BEDINGUNG und REIZTYP wurde nicht signifikant (siehe Abb. 2D).

Die Analyse asymmetrischer Transfers zwischen den experimentellen Bedingungen ergab keinen signifikanten Effekt für den visuellen Distraktor, aber einen signifikanten multivariaten Bedingungs- mal Reihenfolge-Effekt ( $F_{2, 25} = 4.96$ ,  $p = .015$ ) für die beiden akustischen Reize. Eine nachfolgende Post-hoc-Analyse zeigte, dass sich dieser Effekt am stärksten beim akustischen Distraktorreiz ( $F_{2, 25} = 3.5$ ,  $p = .046$ ) und hier insbesondere bei Probanden manifestierte, die mit der Kontrollbedingung begannen und danach die beiden Hypnosebedingungen durchliefen. Bei der Reihenfolge zuerst Suggestionen- und/oder Leertrancebedingung dann Kontrollbedingung verfehlten die anderen beiden Bedingungen und der Standardstimulus die Signifikanzschwelle.

Die Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der Quellenanalyse der von den Köpfen der Teilnehmer abgeleiteten hirnelektrischen Aktivitäten der Verarbeitung beider auditorischer Reize während der drei experimentellen Bedingungen. Der dargestellte F-Kon-

## Suggestierte Taubheit unter Hypnose

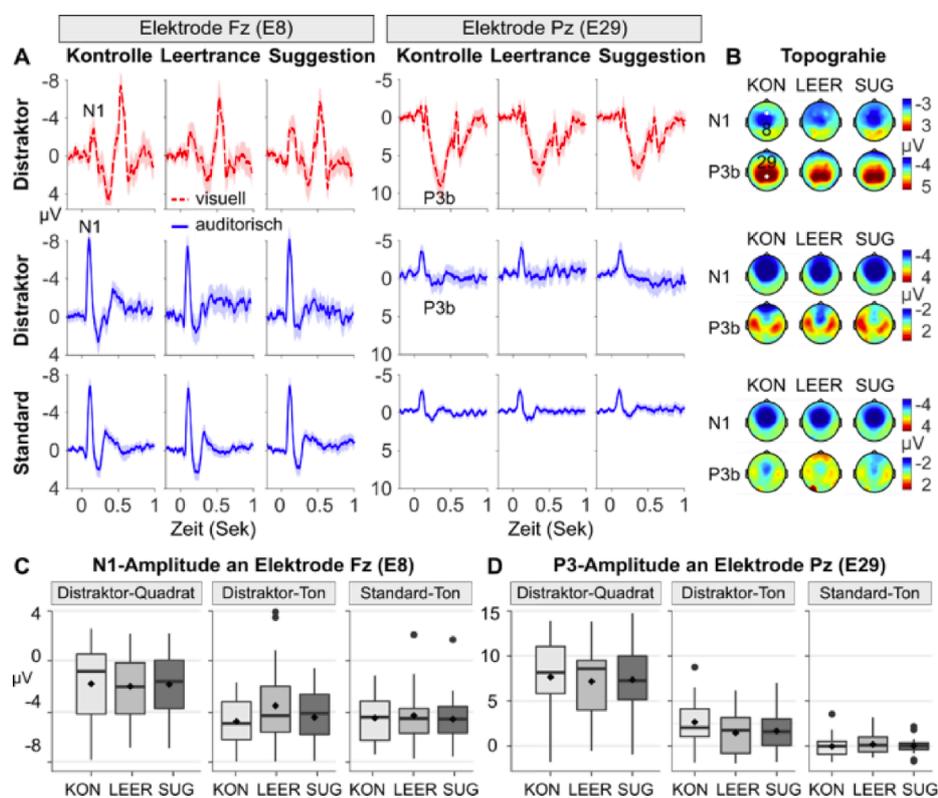


Abbildung 2. (A) Gemittelte EKP-Kurven über alle Probanden ( $n = 28$ ) und 95% Konfidenzintervall in der Kontrolle (KON), Leertrance (LEER) und Taubheitssuggestion (SUG) Bedingung für den visuellen Reiz (gestrichelte Linie, Distraktor-Quadrat) und die auditorischen Reize (durchgehende Linie, Distraktor-Ton, Standard-Ton) an Elektrode E8 (Fz) und E29 (Pz). (B) Topographische Spannungsverteilung am Skalp während der Gipfellatenz der N1 (visuell: 150 ms, auditorisch: 96 ms) und P3b (400 ms) getrennt nach Bedingung und Reiztyp. (C) Boxplots der N1-Amplituden an Elektrode Fz und in (D) die P3-Amplituden an Pz innerhalb der drei experimentellen Bedingungen separat für die drei Reiztypen.

trast hebt Strukturen hervor, deren Aktivierungen innerhalb des P3b-Zeitfensters (320–470 ms) signifikant von Null verschieden waren. Analog zu einer kürzlich publizierten Untersuchung zur suggerierten Taubheit (Franz et al., 2020), zeigt sich in dieser Studie ebenso ein großes Netzwerk räumlich verteilter Regionen, die an der Verarbeitung der Töne im Zeitfenster der P3b beteiligt sind: dieses umfasst laterookzipitale, temporale, parietale, zentrale und frontale Hirnareale. Eine Kontrastierung

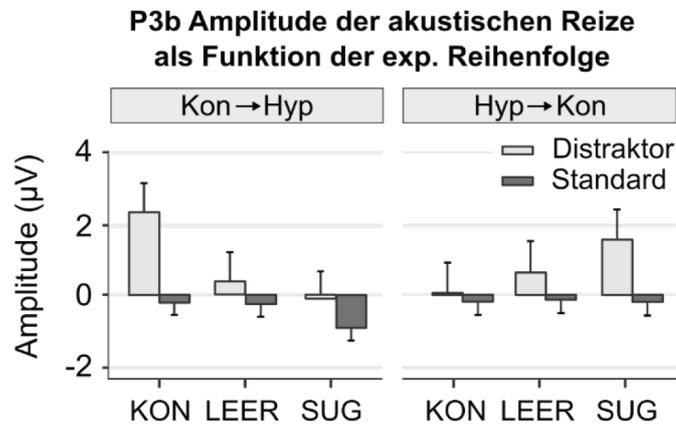


Abbildung 3. P3b-Amplituden der auditorischen Reize (hellgrau Distraktor-Ton, dunkelgrau Standard-Ton) in Abhängigkeit von der experimentellen Reihenfolge: zuerst Kontrolle (KON) dann Hypnose-Bedingungen (HYP) und vice versa. Die Abbildung zeigt einen asymmetrischen Transfer der experimentellen Bedingungsseffekte.

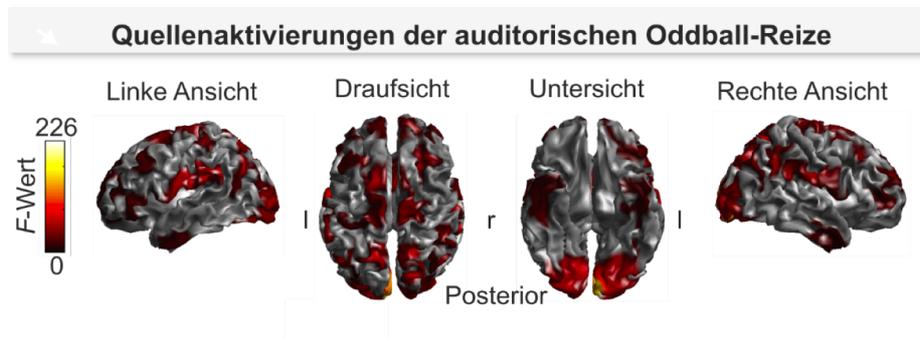


Abbildung 4. Effekte des Oddball-Paradigmas auf Quellenebene während des P3b-Fensters (320–470 ms) in der Kontrolle-, Leertrance- und Taubheitssuggestion-Bedingung für die beiden auditorischen Reize. Der F-Kontrast zeigt Quellenstrukturen, deren Aktivierung sich signifikant von Null unterschied. Aufgrund der Schwarz-Weiß-Darstellung entspricht die Grau-Weiß-Abstufung der Darstellung der Gehirnstruktur und schwarze Bereiche markieren signifikante Aktivierungen. r = rechts; l = links.

der experimentellen Bedingungen zeigte jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede der Quellenaktivierungen während der Kontroll-, Suggestions- bzw. Leertrance-Bedingungen innerhalb des P3b-Zeitfensters (320–470 ms).

## **Diskussion**

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung reihen sich in die Beobachtungen mehrerer früherer Studien zur Frage ein, inwiefern Suggestionen während eines hypnotischen Zustandes starke Veränderungen der Wahrnehmung sensorischer Reize hervorruft. Wie in der Einleitung skizziert, erbrachten die bislang vorliegenden vorwiegend verhaltensorientierten Studien zur suggestiven Taubheit oder visuellen Blindheit unter hypnotischer Trance eher unklare Ergebnisse. Während frühe Studien die Induktion akustischer Taubheit oder visueller Blindheit durch entsprechende Suggestionen in hypnotischer Trance stützen, konnten spätere Studien keinen signifikanten Unterschied der Wahrnehmung von Tönen oder visuellen Reizen zwischen Hypnose mit entsprechender Taubheits- oder Blindheitssuggestionen oder einer Kontrollbedingung feststellen.

Ähnlich wie in früheren Studien war die Suggestibilität der Probanden der aktuellen Studie nicht nach dem Ausmaß ihrer Suggestibilität oder Hypnosefähigkeit maximiert, sondern folgte mit Bezug zum Grad der mit Hilfe des HGSHS erfassten Suggestibilität ziemlich exakt der Normalverteilung beider Variablen in der Normalpopulation. 32% der Probanden gaben nach dem Experiment ihre während der Untersuchung erlebte Hypnoseerfahrung mittels des ISHD- als eher gering ( $n = 9$ ), 64% als mittelmäßig und 4% als sehr tief an. Die Ergebnisse widerspiegeln damit eher die Hypnoseerfahrung der durchschnittlichen Bevölkerung als jene von hochselektierten Teilnehmern zahlreicher anderer Hypnosestudien.

Die retrospektive Bewertung der durchschnittlichen Lautheit der Töne am Ende der jeweiligen experimentellen Bedingung ist in Abb. 1 dargestellt und ergab klare Beeinträchtigungen der Lautheitserfahrung während der hypnotischen Suggestionenbedingung im Vergleich zur Kontrollbedingung und keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontrolle und Leertrance. Da die Suggestion sich nicht auf einen speziellen Reiz beider akustischer Stimuli bezog, gab es auch keinen signifikanten Effekt zwischen den häufigen Standard- und den seltenen Distraktorreizen. Ebenso konnte kein asymmetrischer Transfer bzw. kein Crossover-Effekt als Funktion der Bedingungsabfolge identifiziert werden. Die Ergebnisse unterschiedlicher Lautheitserfahrungen während der drei experimentellen Bedingungen widersprechen damit teilweise den oben erwähnten früheren Befunden von Barber et al. (1964) und Spanos et al. (1974; 1982) und zeigen, dass es neben dem Trancezustand zur Induktion einer Taubheitserfahrung offensichtlich spezifischer Suggestionen bedarf und die Induktion eines unspezifischen hypnotischen Zustandes dafür nicht ausreicht.

Unsere frühere Studie unter Einbeziehung ereigniskorrelierter Potenziale und ihren neuronalen Grundlagen bestätigt (B. Schmidt et al., 2017), dass die Wahrnehmung visueller Reize durch Suggestion eines vor den Augen suggerierten virtuell imaginativen Holzbrettes signifikant beeinträchtigt und neben der Identifikationsleistung für die dargebotenen Reize auch mit einer Reduktion neuronaler Aktivitäten des Gehirns (der sogenannten P3b-Komponente, einer der wichtigsten reizbezogenen, neuro-

nalen elektrischen Gehirnaktivitäten und Signaturen des menschlichen Gehirns für Prozesse der Reizverarbeitung, Näheres siehe unten) und ihrer neuronalen Quellen verbunden war. In unserer Studie von Franz et al. (2020) konnte gezeigt werden, dass Hypnose ein leistungsfähiges Instrument repräsentiert, um auch die Verarbeitung und Wahrnehmung akustischer Reize zu beeinflussen und dabei auch der zeitliche Verlauf ereignisbezogener Potentiale (ERP; N1- und P3b-Amplituden) und die Aktivität kortikaler Quellen der P3b-Komponente stark modifiziert wird. Auch die aktuelle Studie bestätigt diese Wirkung akustischer Suggestionen bei der Wahrnehmung von Tönen und zeigt, dass bei retrospektiver Bewertung die Lautheit der beiden applizierten Töne unter Taubheitssuggestion signifikant weniger stark wahrgenommen wird als in einer entsprechenden Kontrollbedingung. Demgegenüber bewirkt der hypnotische Zustand ohne Taubheitssuggestion keinen vergleichbaren Effekt. Die online gewonnenen hirnelektrischen Daten unterstützen die Ergebnisse der retrospektiv erfassten Tonwahrnehmung. Ähnliches konnten wir auch in einer Vergleichsstudie zur Wirkung hypnotischer Suggestionen bei visuellen Reizen beobachten (B. Schmidt et al. 2017). Unsere Befunde bei akustischer Stimulation widersprechen damit ebenfalls den Ergebnissen der Studien von Barber et al. (1964) und Spanos et al. (1974; 1982), die keinen Unterschied für die Wahrnehmung der applizierten auditorischen Reize während einer Hypnose-, einer Leertrance- und einer Kontrollbedingung feststellen konnten. Im Unterschied zu den Untersuchungen von Barber et al. (1964) und Spanos et al. (1974; 1982) zeigt unsere Studie, dass Suggestionen für eine Verhaltens- und Wahrnehmungsänderung unter Hypnose offensichtlich zwingend sind. Da wir ähnlich wie in den Studien von Barber et al. (1964) und Spanos et al. (1974; 1982) die Wahrnehmung retrospektiv erhoben haben, wissen wir natürlich nicht, wie die Teilnehmer unserer Studie die akustischen Reize während Hypnose und Suggestion von Taubheit tatsächlich erlebt haben und ob die Bewertung der Töne nachträglich nicht durch andere Faktoren determiniert wurde. Die hirnelektrischen Amplituden der N1- und P3b-Komponenten geben hier jedoch Antworten, was während der Verarbeitung von Tönen mit und ohne Taubheitssuggestion perceptuell geschieht. Anhand des Potenzialverlaufs und der Amplitudenstärke der N1-Komponente kann festgehalten werden, dass die Probanden alle drei Reize unter allen drei experimentellen Bedingungen präattentiv ähnlich aufmerksam wahrgenommen haben und unter hypnotischer Taubheit ähnlich wie in Vollnarkose frühe neuronale Vorgänge nicht beeinträchtigt werden. Tatsächlich sind die N1-Amplituden in Reaktion auf den akustischen häufig dargebotenen Standardreiz und den seltenen akustischen Distraktorreiz in der Kontrollbedingung, der Leertrance und während hypnotisch induzierter Taubheitssuggestion jeweils etwa gleich stark, aber in Bezug auf alle drei experimentellen Bedingungen in Reaktion auf die Standardreize insgesamt etwas geringer als in Reaktion auf die seltenen Distraktorreize. Es replizieren sich damit die bekannten N1- und Mismatch Negativity (MMN)-Effekte in Bezug auf Reiztypus im Rahmen sog. Oddball-Experimente, wonach seltene Reize stärkere aufmerksamkeitsbindende neuronale Aktivitäten

### *Suggestierte Taubheit unter Hypnose*

hervorrufen als häufige Reize. Offensichtlich registriert das Gehirn der Probanden den Probabilitätsunterschied der Reize, jedoch haben die Taubheitssuggestion und der suggestionsfreie Trancezustand keine Auswirkung auf diese präattentiven Aufmerksamkeitsfunktionen. Für die visuellen seltenen Reize ergaben sich im Vergleich zu den akustisch seltenen Reizen deutlich kleinere Amplituden mit etwas längerer Latenz als bei den akustischen Reizen, aber ebenfalls keine differenziellen Effekte der drei experimentellen Bedingungen. Auch hier unterscheiden sich die präattentiven Aufmerksamkeitsaktivitäten der Reizverarbeitung nicht voneinander. Der in Abb. 2A negative Peak bei ca. 500 ms nach Reizbeginn (Zeitpunkt 0) widerspiegelt die neuronale Reaktion auf das Abschalten des Tones und manifestiert bereits die Abschwächungen der neuronalen Aktivität, die sich in besonderer Weise anschließend im Bereich der P3b in Abhängigkeit der experimentellen Bedingungen weiter zum Ausdruck bringt. Ebenso manifestiert sich in den unterschiedlichen Rauschaktivitäten der seltenen Distraktorreize im Vergleich zu den häufigen Standardreize die weiter oben bereits erwähnte Bedeutung der Reizanzahl für das Signal-Rausch-Verhältnis und das Ausmaß der Glättung des gemittelten Spannungszeitverlaufs von EKPs. Die Topographie der Aktivitätsverteilung über den gesamten Schädel repliziert das bekannte frontale Maximum der N1-Aktivität in Reaktion auf akustische und visuell Reize (blaue Gebiete in Teil B der Abb. 2). Die Ergebnisse zur N1-Amplitude replizieren eine Reihe früherer Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe zum Einfluss von Leertrance und Hypnosezuständen mit Suggestionen für Taubheit und Blindheit, wonach weder Leertrance noch hypnotische Suggestionen frühe attentive Informationsverarbeitungsprozesse z. B. bzgl. Form, Intensität und anderer physikalischer Eigenschaften von Reizen beeinträchtigen. D. h., die Effekte von Leertrance und Hypnosezuständen mit Suggestionen auf die Reizverarbeitung kann für die verwendeten Oddball-Paradigmen nicht damit erklärt werden, dass die Teilnehmer unter solchen Bedingungen die präsentierten Reize nicht angeschaut oder etwa weggeschaut und/oder ihre Augen geschlossen hatten.

Auch die P3b-Amplitude widerspiegelt signifikante Unterschiede der Verarbeitung der beiden visuellen und akustischen Distraktorreize und des akustischen Standardreizes in Abhängigkeit der drei experimentellen Bedingungen. So geht die Verarbeitung aller drei Reiztypen während der Kontrollbedingung stets mit den stärksten P3b-Amplituden einher, gefolgt von kleineren Amplituden während Leertrance und noch kleineren Amplituden während suggestierter Taubheit. Statistische Paarvergleiche explizieren diese Unterschiede etwas detaillierter und zeigen, dass die deutlichsten Amplitudenunterschiede zwischen Kontrolle und Taubheitssuggestion erzielt wurden und sich die P3b-Amplituden zwischen Kontrolle und Leertrance sowie Leertrance und Taubheitssuggestion nicht signifikant voneinander unterschieden. Aus Abb. 2A geht jedoch auch hervor, dass dieser generelle statistische Haupteffekt im Wesentlichen von den Reaktionen auf die visuellen Distraktorreize determiniert wird und die beiden akustischen Reize kaum zu diesem Effekt beitragen. In allen drei expe-

rimentellen Bedingungen sind die P3b- Amplituden in Reaktion auf die akustischen Reize jeweils hochsignifikant kleiner als jene in Reaktion auf die visuellen Distraktorreize. Abb. 2D expliziert diese Effekte nochmals und Abb. 2B wiederum zeigt die topografische Verteilung der P3b-Aktivität auf der gesamten Kopfoberfläche und bestätigt die bekannten topografischen Maxima für visuelle Reize in parietalen/okzipitalen und für die akustischen Reize in beiden parietotemporalen Hirnregionen. Abb. 4 zur Quellenanalyse der P3b-Amplitude macht zudem deutlich, dass diese Amplitude nicht von einer einzelnen, lokal engumschriebenen Hirnstruktur generiert wird, sondern dass daran mehrere verteilte Quellen beteiligt sind, die entsprechend der bekannten kognitiven Variation der P3B-Aktivität assoziiert mit der Aufmerksamkeit, der Reizen zuteil wird, der Diskrimination von Form und Farbe/Gestalt zwischen Reizen, der Unterscheidung der dargebotenen Reizprobabilität und ihres Aufgabenbezugs zusammenhängen. Da in unserem Oddballparadigma außer einem Probabilitätsunterschied zwischen akustischen Standard- und Distraktorreiz keine spezifischen Aufgaben assoziiert waren und keinem dieser Reize eine besondere Aufmerksamkeit zugewiesen werden musste, wundert es nicht, dass diese verschiedenen Hirnregionen sich zwischen den experimentellen Bedingungen kaum voneinander unterscheiden, sondern ganz klassische Strukturen der Verarbeitung akustischer Reize involviert werden, die man aus vielen vorausgehenden Quellenanalysen als typisch auditiv kennt.

Die funktionelle Interpretation der Spannungszeitdiagramme in Abb. 2A ist zum einen einfach, andererseits aber auch schwierig. Wenn wir uns noch einmal in Erinnerung rufen, so befanden sich die Probanden während der Applikation der drei Reize im Zustand entspannter Wachheit (siehe vierte Spalte von Abb. 2A mit Überschrift Kontrolle), in der Spalte rechts daneben im Zustand der Leertrance und in der Spalte ganz rechts im Zustand der hypnotischen Taubheit, wo ihnen suggeriert wurde, dass sie taub seien und außerstande wären, die Töne zu hören. Während deutliche Unterschiede im Spannungszeitverlauf der visuellen EKPs zwischen den drei experimentellen Bedingungen zu erkennen sind, mit signifikant kleineren P3b-Amplituden unter hypnotischer Taubheitssuggestion als unter Leertrance und Kontrolle, sind die akustischen Spannungszeitdiagramme insgesamt deutlich kleiner und in ihrem Spannungszeitverlauf untereinander außer einem geringeren Signal-Rausch-Verhältnis in Bezug auf den akustischen Distraktorreiz visuell kaum voneinander zu unterscheiden. Die P3b-Amplituden sind extrem klein und indizieren, dass weder der akustische Standardreiz und besonders der akustische Distraktorreiz im Bereich der P3b kaum Aktivität aufweisen. Wir interpretieren dies als einen starken Hinweis darauf, dass die beiden hypnotischen Bedingungen, d. h. Leertrance und hypnotische Suggestion bedingung ähnlich starke Veränderungen der Probabilitätswahrnehmung der Reize bewirkten. Offensichtlich waren die Probanden kaum in der Lage, die Darbietungsunterschiede zwischen beiden auditorischen Standard- und Distraktorreizen zumindest präattentiv zu identifizieren, ganz ähnlich dazu, wie es in hunderten von Studien im Wachzustand und selbst in einigen Studien während der Präsentation des eigenen

### *Suggestierte Taubheit unter Hypnose*

Namens im Schlaf beobachtet wurde. Unterstützt wird diese Beeinflussung präattentiver Verarbeitungsoperation durch die beobachteten Veränderungen der P3b in Reaktion auf den visuellen seltenen Reiz. Für diesen Reiz waren die Probanden instruiert, ihn nicht zu beachten. Er war, wenn man so will, verhaltensirrelevant, weil er analog zu den „vertäubten“ akustischen Reizen weder beachtet noch „verblindet“ werden sollte. Warum aber verhält sich der EKP-Verlauf beider akustischer Reize auch unter der Kontrollbedingung so, als wären die Probanden in Leertrance oder hypnotisch vertäubt? Hierfür liefert u. E. die Untersuchung asymmetrischer Transfers zwischen den drei experimentellen Bedingungen eine nachvollziehbare Erklärung. Bei diesem Phänomen handelt es sich um ein häufiges Artefakt von Messwiederholungsdesigns und der darin realisierten sog. Ausbalancierung der Reihenfolge der untersuchten experimentellen Bedingungen über die Probanden hinweg. Tatsächlich zeigt Abb. 3, dass Probanden, die vor den beiden Hypnosebedingungen zuerst die Kontrollbedingung durchliefen, im Unterschied zu Teilnehmern, die vor der Kontrollbedingung zunächst eine oder gar beide hypnotischen Bedingungen erhielten, während der Kontrollbedingung signifikant größere P3b-Amplituden als die anderen Teilnehmer. Die P3b-Amplituden verhalten sich deutlich asymmetrisch und zeigen für die beiden Versuchsabfolgen (erst die Kontrollbedingung und dann die Hypnosebedingungen und vice versa) eine vollständig inverse Verteilung. D. h., die P3b-Amplitude von Teilnehmern, die zuerst die Kontrollbedingung und dann die Hypnosebedingungen durchliefen, zeigen ohne vorausgehende Leertrance und/oder hypnotische Suggestion signifikant größere Amplituden als während beider Hypnosebedingungen und als Teilnehmer, die zuerst die Hypnosebedingungen durchliefen und danach die Reize in der hypnosefreien Kontrollbedingung hörten. Bei Probanden, die zuerst die Hypnosebedingungen durchliefen, indizieren die Daten, als würde die Hypnosewirkung in die Kontrollbedingung transferiert bzw. über den Zeitraum der Hypnosen (hinaus ?) weiter wirksam sein. Dass dieser Effekt bei den visuellen Reizen nicht auftritt, hängt u. E. mit zwei wesentlichen Unterschieden zu den akustischen Reizen zusammen: a) sie waren nicht Inhalt der hypnotischen Suggestion und auch in Bezug zur Leertrance nicht mit hypnotischen Anforderungen und sog. Demand-Charakteristika assoziiert (Orne, 1962, 1979) und b) ihre Auftretenswahrscheinlichkeit war als seltener Distraktorreize zwar wie der seltene akustische Distraktor gleichartig selten, aber in Relation zur Wahrscheinlichkeit modalitätsspezifischer kategorialer Unterschiede beider Reize waren sie die probabilitätsbezogenen seltensten Reize. Während für alle Reize das Probabilitätsverhältnis 70:15:15% betrug, bestand das Probabilitätsverhältnis zwischen akustischen und visuellen Reizen 85:15%. Weil nach bisherigen Studien die Verarbeitung der Reizprobabilität in aller Regel als präattentiver kognitiver Prozess der Informationsverarbeitung charakterisiert ist, haben die Teilnehmer diesen Unterschied der Probabilitätsverteilung möglicherweise nicht bewusst realisiert, aber dennoch hat ihr Gehirn diesen Unterschied bei visuellen Distraktoren mit größeren P3b-Amplituden quittiert und dazu beigetragen, dass diese Reize kognitiv mit größerer

präattentiver Aufmerksamkeit und mehr Verarbeitungsressourcen bedacht wurden.

Zur Lösung das in der Einleitung beschriebenen Paradoxons, dass den Teilnehmer in den meisten der früheren Studien suggeriert wurde, vollständig taub zu sein, sie andererseits aber aufgefordert wurden, auf die Reize per Knopfdruck oder Zählen etc. zu reagieren, sobald ein definierter Zielreiz wahrgenommen wurde, konnte mit dem in der aktuellen Studie verwendeten Paradigma gelöst werden. Anstelle solcher Verhaltensabfragen dienten hier die hirnelektrische Aktivität der P3b-Amplitude als Indikator für die Wirkung der Taubheitsuggestion, wobei hypostasiert wurde, dass aufgrund der Taubheit Unterschiede der Darbietungshäufigkeit von Standard- und Distraktorreizen nicht korrekt identifiziert werden konnten. So wurden für die P3b-Komponente signifikant kleinere Amplituden unter der Taubheitsbedingung als in der Kontrollbedingung beobachtet, wobei sich dieser P3b-Effekt insbesondere in den seltenen visuellen Reizen widerspiegelte. Funktionell widerspiegelt die hypnotisch bedingte Beeinflussung der Häufigkeitswahrnehmung der Reize kognitive Prozesse der Reizkategorisierung und der Reizrelevanz – letztere bedingt durch modalitätsspezifische Probabilitätsunterschiede.

In Bezug zur Frage, ob die Wirkung hypnotischer Suggestionen bei der Verarbeitung von Reizen ausschließlich auf jene Reizaspekte beschränkt ist, die einen expliziten Bezug zu den Inhalten der Suggestion aufweisen oder aber, ob hypnotische Suggestionen auch die Verarbeitung von Reizen beeinflussen können, die während der Trance zwar dargeboten, nicht aber Inhalt der Suggestion waren (Oakley & Halligan, 2013), zeigen die Ergebnisse der aktuellen Studie, dass offensichtlich Suggestionen von Taubheit nicht nur akustische Reize affektieren, sondern auch die Verarbeitung visueller Reize verändern. Demgegenüber scheint eine reine Leertrance ohne reizspezifische Suggestionen die Wahrnehmung der Reize im Vergleich zu einer hypnose- und suggestionsfreien Kontrollbedingung nicht wesentlich zu verändern. Hypnose scheint damit auf die Reizverarbeitung nur wirksam zu sein, wenn für die Verarbeitung von Reizen während der Verarbeitung spezifische Verhaltens- oder kognitive Anforderungen gestellt werden. Der Zustand von Trance scheint solche spezifischen Wahrnehmungsänderungen nicht automatisch auszulösen.

Insgesamt zeigt die Studie damit, dass die Erfassung hirnelektrischer Vorgänge interessante neue und vor allem ergänzende Erkenntnisse über die Wirkung hypnotischer Suggestionen auf die Wahrnehmung von Reizen erbringen kann und vor allem auch Echtzeiteinblicke in die Verarbeitung von Reizen unter Trancezuständen und während hypnotischer Suggestion ermöglicht, die mit Hilfe reiner Verhaltensbeobachtungen verschlossen bleiben. Aufgrund der Tatsache, dass es zur Nutzung solcher experimenteller Methoden bislang nur wenige Beispiele gibt, sind die Ergebnisse dieser Studie zurzeit dennoch mit Vorsicht zu betrachten. Sie erfordern Replikation und weitere intensive Beforschung.

*Suggestierte Taubheit unter Hypnose*

### **Zusätzliches Online-Material**

Eine Version dieses Beitrags mit farbigen Abbildungen findet sich unter nachfolgendem Link in Band 16 der Hypnose-ZHH:

<https://www.meg-stiftung.de/index.php/de/publikationen/6-hypnose-zhh>.

### **Danksagung**

Wir danken Chiang Kung-Hui, Sarah Gillich und Cerstin Seyboldt für die Hilfe bei der Datenakquisition sowie Holger Hecht für die Programmierung des Paradigmas. Wir danken im Besonderen auch der MEG-Stiftung, die diese Forschung großzügig finanziert und damit erst ermöglicht hat.

### **Interessenkonflikterklärung**

Die Autoren erklären, dass sie keine konkurrierenden Interessen haben.

### **Literatur**

- Accardi, M. C., & Milling, L. S. (2009). The effectiveness of hypnosis for reducing procedure-related pain in children and adolescents: a comprehensive methodological review. *Journal of Behavioral Medicine*, 32(4), 328-339. doi:10.1007/s10865-009-9207-6
- Annen, J., Mertel, I., Xu, R., Chatelle, C., Lesenfants, D., Ortner, R., . . . Muller, F. (2020). Auditory and Somatosensory P3 Are Complementary for the Assessment of Patients with Disorders of Consciousness. *Brain Sciences*, 10(10). doi:10.3390/brainsci10100748
- Barber, T. X., & Calverley, D. S. (1964). Experimental studies in hypnotic behavior - Suggested deafness evaluated by delayed auditory feedback. *British Journal of Psychology*, 55(4), 439-446. doi:10.1111/j.2044-8295.1964.tb00930.x
- Bigdely-Shamlo, N., Kreutz-Delgado, K., Kothe, C., & Makeig, S. (2013, 3-7 July 2013). EyeCatch: Data-mining over half a million EEG independent components to construct a fully-automated eye-component detector. Paper presented at the 2013 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC).
- Blum, G. S. (1975). Case study of hypnotically induced tubular vision. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 23(2), 111-119. doi:10.1080/00207147508415935
- Blum, G. S., & Nash, J. K. (1982). Eeg correlates of post-hypnotically controlled degrees of cognitive arousal. *Memory & Cognition*, 10(5), 475-478. doi:10.3758/bf03197650
- Blum, G. S., Porter, M. L., & Geiwitz, P. J. (1978). Temporal parameters of negative visual hallucination. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 26(1), 30-44. doi:10.1080/00207147808414461
- Boehme, S., Miltner, W. H. R., & Straube, T. (2015). Neural correlates of self-focused attention in social anxiety. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(6), 856-862. doi:10.1093/scan/nsu128
- Boehme, S., Ritter, V., Tefikow, S., Stangier, U., Strauss, B., Miltner, W. H. R., & Straube, T. (2015). Neural Correlates of Emotional Interference in Social Anxiety Disorder. *Plos One*, 10(6). doi:10.1371/journal.pone.0128608
- Bongartz, W. (1985). German norms for the Harvard Group Scale of Hypnotic Suggestibility, Form A. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 2, 131-139.
- Braboszcz, C., Brandao-Farinelli, E., & Vuilleumier, P. (2017). Hypnotic analgesia reduces brain responses

- to pain seen in others. *Scientific Reports*, 7. doi:10.1038/s41598-017-10310-4
- Brinkmann, L., Poller, H., Herrmann, M. J., Miltner, W. H. R., & Straube, T. (2017). Initial and sustained brain responses to threat anticipation in blood-injection-injury phobia. *Neuroimage-Clinical*, 13, 320-329. doi:10.1016/j.nicl.2016.12.015
- Bryant, R. A., & Mallard, D. (2003). Seeing is believing: The reality of hypnotic hallucinations. *Consciousness and Cognition*, 12(2), 219-230. doi:10.1016/s1053-8100(03)00003-5
- Bryant, R. A., & Mallard, D. (2004). Reality monitoring in hypnosis: A pilot investigation. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 52(2), 188-197. doi:10.1076/iceh.52.2.188.28095
- Bryant, R. A., & Mallard, D. (2005). Reality monitoring in hypnosis: A real-simulating analysis. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 53(1), 13-25. doi:10.1080/00207140490914216
- Bryant, R. A., & McConkey, K. M. (1989). Hypnotic blindness, awareness, and attribution. *Journal of Abnormal Psychology*, 98(4), 443-447. doi:10.1037/0021-843x.98.4.443
- Catena, A. (1994). Phenomena associated to hypnosis .1. Hypnotic involuntariness, trance logic and perceptual alterations. *Psicologia Conductual*, 2(1), 71-89. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:A1994NQ76100004
- Chang, L., Luo, Q. H., Chai, Y. F., & Shu, H. H. (2019). Accidental awareness while under general anesthesia. *Bioscience Trends*, 13(4), 364-366. doi:10.5582/bst.2019.01237
- Chen, X., Yuan, R., Chen, X., Sun, M., Lin, S., Ye, J., & Chen, C. (2018). Hypnosis intervention for the management of pain perception during cataract surgery. *Journal of Pain Research*, 11, 1921-1926. doi:10.2147/jpr.S174490
- Connors, M. H., Barnier, A. J., Coltheart, M., Cox, R. E., & Langdon, R. (2012). Mirrored-self misidentification in the hypnosis laboratory: Recreating the delusion from its component factors. *Cognitive Neuropsychiatry*, 17(2), 151-176. doi:10.1080/13546805.2011.582287
- Crawford, H. J., Knebel, T., Kaplan, L., Vendemia, J. M. C., Xie, M., Jamison, S., & Pribram, K. H. (1998). Hypnotic analgesia: 1. Somatosensory event-related potential changes to noxious stimuli and 2. Transfer learning to reduce chronic low back pain. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 46(1), 92-132. doi:10.1080/00207149808409992
- Crawford, H. J., Macdonald, H., & Hilgard, E. R. (1979). Hypnotic deafness - Psychophysical study of responses to tone intensity as modified by hypnosis. *American Journal of Psychology*, 92(2), 193-214. doi:10.2307/1421920
- Davison, G. C., & Singleton, L. (1967). Preliminary report of improved vision under hypnosis. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 15(2), 57-62. doi:10.1080/00207146708407509
- De Pascalis, V., Varriale, V., & Cacace, I. (2015). Pain Modulation in Waking and Hypnosis in Women: Event-Related Potentials and Sources of Cortical Activity. *Plos One*, 10(6). doi:10.1371/journal.pone.0128474
- Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods*, 134(1), 9-21. doi:https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009
- Delorme, A., Sejnowski, T., & Makeig, S. (2007). Enhanced detection of artifacts in EEG data using higher-order statistics and independent component analysis. *NeuroImage*, 34(4), 1443-1449. doi:https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.11.004
- Dynes, J. B. (1932). An experimental study in hypnotic anaesthesia. *J. Abnorm. Soc. Psychol.*, 27, 79-88.
- Elkins, G. R., Barabasz, A. F., Council, J. R., & Spiegel, D. (2015). Advancing Research and Practice: The Revised APA Division 30 Definition of Hypnosis. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 63(1), 1-9. doi:10.1080/00207144.2014.961870
- Erickson, M. H. (1938). A study of clinical and experimental findings on hypnotic deafness: II.

### *Suggerierte Taubheit unter Hypnose*

- Experimental findings with a conditioned response technique. *Journal of General Psychology*, 19, 151-167.
- Erickson, M. H. (1939). The induction of colour blindness by a technique of hypnotic suggestion. *Journal of General Psychology*, 20, 61-89.
- Field, P. B. (1965). An inventory scale of hypnotic depth. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 13(4), 238-249. doi:10.1080/00207146508412946
- Franz, M., Schmidt, B., Hecht, H., Naumann, E., & Miltner, W. H. R. (2020). Suggested deafness during hypnosis and simulation of hypnosis compared to a distraction and control condition: A study on subjective experience and cortical brain responses. *Plos One*, 15(10), e0240832. doi:10.1371/journal.pone.0240832
- Friederich, M., Trippe, R. H., Ozcan, M., Weiss, T., Hecht, H., & Miltner, W. H. R. (2001). Laser-evoked potentials to noxious stimulation during hypnotic analgesia and distraction of attention suggest different brain mechanisms of pain control. *Psychophysiology*, 38(5), 768-776.
- Friederich, M., Trippe, R. H., Ozcan, M., Weiss, T., Hecht, H., & Miltner, W. H. R. (2002). Hypnotische Analgesie und Aufmerksamkeitsablenkung: Identische oder unterschiedliche Mechanismen kortikaler Schmerzkontrolle? *Hypnose und Kognition*, 19(1+2), 63-77.
- Glaesmer, H., Geupel, H., & Haak, R. (2015). A controlled trial on the effect of hypnosis on dental anxiety in tooth removal patients. *Patient Education and Counseling*, 98(9), 1112-1115. doi:10.1016/j.pec.2015.05.007
- Harvey, M. A., & Sippelle, C. N. (1978). Color-blindness, perceptual interference, and hypnosis. *American Journal of Clinical Hypnosis*, 20(3), 189-193. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:A1978EQ69300006
- Jasiukaitis, P., Nouriani, B., & Spiegel, D. (1996). Left hemisphere superiority for event-related potential effects of hypnotic obstruction. *Neuropsychologia*, 34(7), 661-668. doi:10.1016/0028-3932(95)00149-2
- Johnson, R. E. (1986). For distinguished early career contribution to psychophysiology - award address, 1985 - a triarchic model of p300 amplitude. *Psychophysiology*, 23(4), 367-384. doi:10.1111/j.1469-8986.1986.tb00649.x
- Johnson, R. E. (1993). On the generators of the P300 component of the event-related potential. *Psychophysiology*, 30(1), 90-97. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:A1993KE69600010
- Kallio, S., & Koivisto, M. (2016). Seeing Blue As Red: A Hypnotic Suggestion Can Alter Visual Awareness of Colors. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 64(3), 261-284. doi:10.1080/00207144.2016.1171088
- Kihlstrom, J. F. (2003). The fox, the hedgehog, and hypnosis. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 51(2), 166-189. doi:10.1076/iceh.51.2.166.14611
- Kiss, G., & Butler, J. (2011). Hypnosis for cataract surgery in an American Society of Anesthesiologists physical status IV patient. *Anaesthesia and Intensive Care*, 39(6), 1139-1141. doi:10.1177/0310057x1103900626
- Kok, A. (2001). On the utility of P3 amplitude as a measure of processing capacity. *Psychophysiology*, 38, 557-577.
- Kolassa, I. T., Kolassa, S., Bergmann, S., Lauche, R., Dilger, S., Miltner, W. H. R., & Musial, F. (2009). Interpretive bias in social phobia: An ERP study with morphed emotional schematic faces. *Cognition & Emotion*, 23(1), 69-95.
- Kolassa, I. T., Kolassa, S., Musial, F., & Miltner, W. H. R. (2007). Event-related potentials to schematic faces in social phobia. *Cognition & Emotion*, 21(8), 1721-1744.
- Kolassa, I. T., Musial, F., Kolassa, S., & Miltner, W. H. R. (2006). Event-related potentials when identifying or color-naming threatening schematic stimuli in spider phobic and non-phobic individuals. *Bmc Psychiatry*, 6. doi:10.1186/1471-244x-6-38
- Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., Costantini-Ferrando, M. F., Alpert, N. M., & Spiegel, D. (2000). Hypnotic visual illusion alters color processing in the brain. *American Journal of Psychiatry*, 157(8),

- 1279-1284. doi:10.1176/appi.ajp.157.8.1279
- Kotchoubey, B., Lang, S., Winter, S., & Birbaumer, N. (2003). Cognitive processing in completely paralyzed patients with amyotrophic lateral sclerosis. *European Journal of Neurology*, 10(5), 551-558. doi:10.1046/j.1468-1331.2003.00647.x
- Kujala, T., & Naatanen, R. (2010). The adaptive brain: A neurophysiological perspective. *Progress in Neurobiology*, 91(1), 55-67. doi:10.1016/j.pneurobio.2010.01.006
- Larbig, W. (2015). Psychophysiologie exzessiver Schmerzrituale, Feierlaufen, Fakirpraktiken. In G. Mayer, M. Schetsche, I. Schmied-Knittel, & D. Vaitl (Eds.), *An den Grenzen der Erkenntnis. Handbuch der wissenschaftlichen Anomalistik* (pp. 279-288). Stuttgart: Schattauer.
- Lipka, J., Miltner, W. H. R., & Straube, T. (2011). Vigilance for Threat Interacts with Amygdala Responses to Subliminal Threat Cues in Specific Phobia. *Biological Psychiatry*, 70, 472-478.
- Luck, S. J. (2014). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique* (2 ed.). Cambridge, USA: Bradford.
- Luck, S. J., & Kappenman, E. S. (Eds.). (2012). *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*. New York: Oxford University Press.
- Lynn, S. J., Green, J. P., Kirsch, I., Capafons, A., Lilienfeld, S. O., Laurence, J. R., & Montgomery, G. H. (2015). Grounding Hypnosis in Science: The "New" APA Division 30 Definition of Hypnosis as a Step Backward. *American Journal of Clinical Hypnosis*, 57(4), 390-401. doi:10.1080/00029157.2015.1011472
- Lynn, S. J., Kirsch, I., & Hallquist, M. M. (2008). Social cognitive theories of hypnosis. In M. Nash & R. A. Bryant (Eds.), *The Oxford Handbook of Hypnosis. Theory, Research and Practice* (pp. 111-139). Oxford: Oxford University Press.
- Mallard, D., & Bryant, R. A. (2001). Hypnotic color blindness and performance on the stroop test. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 49(4), 330-338. doi:10.1080/00207140108410082
- Miltner, W. H. R., Braun, C., & Revenstorf, D. (1993). Nociception ist nicht gleich Schmerz. Eine Studie ueber schmerzreizkorrelierte hirnelektrische Potentiale unter Hypnose (Nociception is not equivalent to pain. A study on pain-related brain electrical potentials while hypnotized). *Hypnose und Kognition*, 10(2), 22-34.
- Miltner, W. H. R., Johnson, R. E., Braun, C., & Larbig, W. (1989). Somatosensory event-related potentials to painful and non-painful stimuli - Effects of attention. *Pain*, 38(3), 303-312.
- Miltner, W. H. R., Krieschel, S., Hecht, H., Trippe, R. H., & Weiss, T. (2004). Eye movements and behavioral responses to threatening and nonthreatening stimuli during visual search in phobic and nonphobic subjects. *Emotion*, 4(4), 323-339.
- Miltner, W. H. R., Straube, T., & Weiss, T. (2006). Neural foundations of threat processing in phobic subjects. In Jing, Q., Rosenzweig, R., M., D'Ydewalle, G. et al. (Ed.itors), *Progress in Psychological Science around the World*. Hove, New York : Psychology Press, Taylor & Francis Group.
- Miltner, W. H. R., & Weiss, T. (2007). Cortical mechanisms of hypnotic pain control. In G. A. Jamieson (Ed.), *Hypnosis and conscious states: The cognitive neuroscience perspective* (pp. 51-66). Oxford: Oxford University Press.
- Montenegro, G., Alves, L., Zaninotto, A. L., Falcao, D. P., & Batista de Amorim, R. F. (2017). Hypnosis as a Valuable Tool for Surgical Procedures in the Oral and Maxillofacial Area. *American Journal of Clinical Hypnosis*, 59(4), 414-421. doi:10.1080/00029157.2016.1172057
- Morlet, D., & Fischer, C. (2014). MMN and Novelty P3 in Coma and Other Altered States of Consciousness: A Review. *Brain Topography*, 27(4), 467-479. doi:10.1007/s10548-013-0335-5
- Oakley, D. A., & Halligan, P. W. (2013). Hypnotic suggestion: opportunities for cognitive neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(8), 565-576. doi:10.1038/nrn3538
- Orne, M. T. (1962). On the social-psychology of the psychological experiment - with particular reference

### *Suggerierte Taubheit unter Hypnose*

- to demand characteristics and their implications. *American Psychologist*, 17(11), 776-783. doi:10.1037/h0043424
- Orne, M. T. (1979). Citation classic - social-psychology of the psychological experiment - with particular reference to demand characteristics and their implications. *Current Contents/Social & Behavioral Sciences*(13), 26-26. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:A1979HZ25700001
- Parris, B. A., Dienes, Z., & Hodgson, T. L. (2012). Temporal Constraints of the Word Blindness Posthypnotic Suggestion on Stroop Task Performance. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance*, 38(4), 833-837. doi:10.1037/a0028131
- Perrin, F., Garcia-Larrea, L., Mauguiere, F., & Bastuji, H. (1999). A differential brain response to the subject's own name persists during sleep. *Clinical Neurophysiology*, 110(12), 2153-2164. doi:10.1016/s1388-2457(99)00177-7
- Polich, J. (2007). Updating p300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118(10), 2128-2148. doi:10.1016/j.clinph.2007.04.019
- Polich, J., & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of p300 - an integrative review. *Biological Psychology*, 41(2), 103-146. doi:10.1016/0301-0511(95)05130-9
- R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Raz, A., Shapiro, T., Fan, J., & Posner, M. I. (2002). Hypnotic suggestion and the modulation of Stroop interference. *Archives of General Psychiatry*, 59(12), 1155-1161. doi:10.1001/archpsyc.59.12.1155
- Riegel, B., Isernhagen, J., Torlopp, C., & Ritterbusch, M. (2018). Messung der Trancetiefe mit der deutschen Version der Inventory Scale of Hypnotic Depth. *Verhaltenstherapie*, 28, 4-46.
- Scheibe, K. E., Gray, A. L., & Keim, C. S. (1968). Hypnotically induced deafness and delayed auditory feedback - Comparison of real and simulating subjects. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 16(3), 158-164. doi:10.1080/00207146808410587
- Schmidt, B., Hecht, H., Naumann, E., & Miltner, W. H. R. (2017). The Power of mind: Blocking visual perception by hypnosis. *Sci Rep*, 7(1), 4889. doi:10.1038/s41598-017-05195-2
- Schmidt, S., Miltner, W. H. R., & Straube, T. (2009). Neural correlates of emotional stroop interference in patients suffering from social phobia. *Psychophysiology*, 46, S126-S126. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000269744700712
- Schuler, G., Braun, C., Miltner, W. H. R., & Revenstorf, D. (1996). Evozierte Potentiale unter hypnotischer Analgesie und Ablenkung bei Schmerz. *Hypnose & Kognition*, 13(2), 79-98
- Schwender, D., Klasing, S., Daunderer, M., Madler, C., Poppel, E., & Peter, K. (1995). Awareness during general-anesthesia - definition, incidence, clinical relevance, causes, avoidance and medicolegal aspects. *Anaesthesist*, 44(11), 743-754. doi:10.1007/s001010050209
- Shadish, T. D., Cook, D. T., & Campbell, W. R. (2002). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Boston: Houghton Mifflin.
- Shor, R. E., & Orne, E. C. (1962). *Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility, Form A*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- Spanos, N. P., & Barber, T. X. (1974). Toward a convergence in hypnosis research. *American Psychologist*, 29(7), 500-511. doi:10.1037/h0036795
- Spanos, N. P., Burgess, C. A., Cross, P. A., & Macleod, G. (1992). Hypnosis, reporting bias, and suggested negative hallucinations. *Journal of Abnormal Psychology*, 101(1), 192-199. doi:10.1037/0021-843x.101.1.192
- Spanos, N. P., Jones, B., & Malfara, A. (1982). Hypnotic deafness - Now you hear it - Now you still hear it. *Journal of Abnormal Psychology*, 91(1), 75-77. doi:10.1037/0021-843x.91.1.75
- Straube, T., Sauer, A., & Miltner, W. H. R. (2011). Brain activation during direct and indirect processing of positive and negative words. *Behavioural Brain Research*, 222(1), 66-72. doi:10.1016/j.bbr.

2011.03.037

- Tateuchi, T., Itoh, K., & Nakada, T. (2012). Neural mechanisms underlying the orienting response to subject's own name: An event-related potential study. *Psychophysiology*, 49(6), 786-791. doi:10.1111/j.1469-8986.2012.01363.x
- Trippe, R. H., Weiss, T., & Miltner, W. H. R. (2004). Hypnotically induced analgesia-mechanisms. *Anesthesiologie & Intensivmedizin*, 45(11), 642-647.
- Verleger, R. (2020). Effects of relevance and response frequency on P3b amplitudes: Review of findings and comparison of hypotheses about the process reflected by P3b. *Psychophysiology*, 00:e13542 1-22.
- Willford, A. C. (2018). Thaipusam in Malaysia: A hindu festival in the Tamil diaspora. *Pacific Affairs*, 91(3), 644-646. Retrieved from <Go to ISI>://WOS:000444003300050
- World Medical Association, W. (2013). WMA Deklaration von Helsinki - Ethische Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen.
- Zhu, J. J., Yang, Y. F., Zhou, W., Lin, Y. J., Shen, Z. Y., Mou, X. T., . . . Di, H. B. (2019). Clinical Research: Auditory Stimulation in the Disorders of Consciousness. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13. doi:10.3389/fnhum.2019.00324