

Aus der Neurologischen Klinik
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. Hans- Peter Hartung

Hypnose und Imagination bei Erwerb und Repräsentation
motorischer Handlungen – eine fMRT Studie

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Katrin Eden

2016

Als Inauguraldissertation gedruckt mit der Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
gez.:

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf

Erstgutachter: Prof. Dr. Seitz

Zweitgutachter: Prof. Dr. rer. nat. Wittsack

Für Papa

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Müller, K., Bacht, K., Schramm, S., Seitz, R.J., (2012). The facilitating effect of clinical hypnosis on motor imagery: an fMRI study. *Behav Brain Res* (231,1), 164-169

Müller, K., Bacht, K., Prochnow, D., Schramm, S., Seitz, R.J., (2013). Activation of thalamus in motor imagery results from gating by hypnosis. *NeuroImage* (66), 361–367

Zusammenfassung

Diese Arbeit basiert auf Ergebnissen aus (sport- und neuropsychologische) Studien, die zeigten, dass mentales Training von motorischen Abläufen eine alternative Strategie beim Erwerb von motorischen Fähigkeiten sein kann. Ausgangspunkt für diese Untersuchung war die Frage wie Patienten nach einem Schlaganfall oder nach einem Schädel-Hirntrauma möglicherweise auf verloren gegangene motorische Fähigkeiten zurückgreifen können. In dieser Arbeit wurde untersucht, ob hypnotische Trance die motorische Vorstellungsfähigkeit verbessern kann und welche Hirnregionen dabei von Bedeutung sind.

Dazu wurden 16 gesunde, rechtshändige Probanden mit der funktionellen Magnetresonanztomographie untersucht. Zunächst wurde die hypnotische Suggestibilität durch den „Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility- Form A“ erfasst. Jeder Proband durchlief zwei Messungen im MRT. Eine Messung im Rahmen einer Kontrollgruppe ohne hypnotische Trance, sowie eine Messung unter Hypnose. Während beider Messungen absolvierten die Teilnehmer eine motorische Fingertapping-Aufgabe, stellten sich diese vor oder hatten eine Ruhephase. Die Bilddaten wurden mittels des statistischen Verarbeitungsprogramms Brain Voyager QX, Version 2.0 (Brain Innovation, Maastricht, Niederlande) ausgewertet.

Die Ergebnisse zeigten für den Haupteffekt der Hypnose Aktivierungen im rechten inferioren, anterioren cingulären Kortex, im linken superioren frontalen Gyrus und im linken Thalamus. Während der motorischen Vorstellung unter Hypnose kam es zu einer signifikanten Aktivierung im linken Thalamus. Führten die Probanden die motorische Aufgabe unter Hypnose durch, kam es zu einer erhöhten neuronalen Aktivität im anterioren cingulären Gyrus. Für den Haupteffekt der motorischen Vorstellung konnte erhöhte Aktivität im linken superioren, frontalen Gyrus (preSMA/SMA), im präzentralen Gyrus, sowie im Ncl. lentiformis und im inferioren parietalen Lappen nachgewiesen werden. Signifikant erhöht waren linkshemisphärisch die Bereiche im mittleren, frontalen Gyrus, im posterioren cingulären Gyrus und im Precuneus/Parietallappen während der motorischen Vorstellung (für beide Gruppen).

Ingesamt weisen die Ergebnisse unserer Studie darauf hin, dass durch hypnotische Trance Hirnareale rekrutiert werden, die zum einen eine große Rolle bei der

Aufmerksamkeitsausrichtung auf bestimmte Aufgaben spielen. Zum anderen lässt sich die signifikante Aktivierung im Thalamus während der motorischen Vorstellung unter Hypnose dahingehend deuten, dass die Hypnose die aufgabenspezifische Rekrutierung höherer kortikale Areale erleichtert.

Abkürzungen

A	anterior
Abb.	Abbildung
ACC	anteriorer cingulärer Cortex
AC-PC	Anteriore Commisur- Posteriore Commisur
BA	Brodman-Areal
BOLD-Effekt	blood oxygenation level dependency effect
CIS	Creativ Imagination Scale
cm	Zentimeter
CURSS	Carleton University Responsiveness to Suggestion Scale
dB	Decibel
EEG	Elektroencephalographie
EPI	echo planar imaging
et al.	und andere
FDR	False Discovery Rate (Fehlerwahrscheinlichkeit)
FIRST	Freiberger Imaginations-, Relaxations- und Suggestibilitätstest
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
FWHM	Full Width at Half Maximum
GLM	Generalisierte lineare Modelle
Hz	Hertz (Frequenz)
HGSHS	Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility
L	links
MEG	Magnetencephalographie
mm	Millimeter
MNR-Klinik	Medizinisch-Neurologisch-Radiologische Klinik
MPRAGE	magnetization prepared rapid gradient-echo
MRT	Magnetresonanztomographie
ms	Millisekunden
MTA	Medizinisch technische Assistentin
Ncl.	Nucleus
P	posterior
PCC	posteriorer cingulärer Cortex

PET	Positronenemissionstomographie
präSMA/SMA	(prä-) supplementär motorische Rinde
R	rechts
rCBF	regional cerebral blood flow
ROI	Region of Interest
SAG	Sagittale Schnittebene
SD	standard deviation (Standartabweichung)
SHSS	Stanford Hypnotic Susceptibility Scale
SMR	supplementär motorische Rinde
SNR	Single Number Rating = einfacher Dämmwert
STS	superiorer, temporaler Sulcus
TE	Echozeit
TMS	Transcraniale Magnet Stimulation
TR	Repetitionenzeit
TRA	Transversale Schnittebene
T & T	Talairach & Tournoux (Talairach und Tournoux, 1988)
t-Test	Hypothesentests mit t-verteilter Testprüfgröße
Vs.	versus

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Theoretischer Hintergrund.....	2
2.1 Hypnose	2
2.1.1 Definition.....	2
2.1.2 Hypnotherapie.....	3
2.1.3. Testverfahren zur Erfassung der hypnotischen Suggestibilität.....	5
2.1.4. Bildgebungsstudien / Hirnforschung: Hypnose.....	6
2.2 Motorische Vorstellung	8
2.2.1. Definition.....	8
2.2.2. Spiegelneurone.....	9
2.2.3 Bildgebungsstudien / Hirnforschung: Motorische Vorstellung.....	11
2.3 Motorische Vorstellung unter Hypnose.....	14
2.4. Zusammenfassung des Theorieteils	16
2.5 Fragestellungen.....	18
2.6 Hypothesen	18
3. Methoden	21
3.1 Versuchspersonen	21
3.2 Testverfahren	22
3.2.1 Edinburgh-Fragebogen zur Erfassung der Händigkeit	22
3.2.2 Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility (HGSHS) – Form A.....	22
3.2.3 Selbsteinschätzung der Trancetiefe	23
3.3 Versuchsaufbau.....	24
3.4 Versuchsdesign	25
3.5 Versuchsdurchführung.....	27
3.6 Statistische Auswertung.....	30
4. Ergebnisse	32
4.1 Hypothese 1 Haupteffekt Hypnose.....	32
4.2 Hypothese 2 Spezifische Effekte unter Hypnose.....	33
4.3 Hypothese 3 Haupteffekt Motorische Vorstellung	35
5. Diskussion.....	39
5.1 Haupteffekt der Hypnose.....	40

5.2 Spezifische Effekte unter Hypnose.....	41
5.3 Haupteffekt der motorischen Vorstellung.....	43
5.4 Spezifische Effekte der motorischen Vorstellung	45
6. Ausblick.....	47
Literaturverzeichnis	49
Anhang.....	59

1. Einleitung

Ausgangspunkt dieser Arbeit war, dass in zahlreichen neurophysiologischen Studien und bildgebenden Untersuchungen gezeigt werden konnte, dass bei der Vorstellung einer motorischen Handlung dieselben kortikalen Areale beteiligt sind wie bei der tatsächlichen Ausführung dieser Bewegung (Binkofski et al., 2000; Guillot et al., 2008; Lehericy et al., 2004; Pascual-Leone et al., 1995; Seitz et al., 1997; Solodkin et al., 2004; Stephan et al., 1995; Takashi et al., 2002). Darüber hinaus geben zahlreiche kognitions-, sport-, und neuropsychologische Studien Hinweise darauf, dass mentales motorisches Lernen eine alternative Strategie beim Erwerb motorischer Fähigkeiten sein kann (Decety et al., 1997; Maxwell et al., 2000; Mulder et al., 2004; Pascual-Leone et al., 1995; White et al., 1979). Dies bezieht sich sowohl auf das Training von gesunden Menschen als auch auf Patienten, die z.B. nach einem Schlaganfall oder Schädelhirntrauma die Möglichkeit nutzen können, durch motorische Vorstellung verloren gegangene motorische Fähigkeiten wieder zu erlangen. Es konnte gezeigt werden, dass Training mit motorischer Vorstellung herkömmlichen Rehabilitationsverfahren wie Ergo- und Physiotherapie und auch realem motorischen Training mindestens ebenbürtig ist (Bütefisch et al., 1995; Müller et al., 2007).

In Studien, die sich mit dem Phänomen der Hypnose beschäftigen, konnte gezeigt werden, dass unter Hypnose der Zugang zu sensorischen Verarbeitungsprozessen verbessert und damit die Bewältigung von Lernprozessen erleichtert ist (Egner et al., 2005; Halsband 2004, 2006; Maquet et al., 1999). Die durch die hypnotische Trance erhöhte Aufmerksamkeit und Konzentration ermöglicht die Fokussierung auf ein inneres Bild.

Die Hypnose in Form der klinischen Hypnose wird in den letzten Jahren zunehmend in der neuropsychologischen Praxis eingesetzt. In Sitzungen, die durch speziell ausgebildete Hypnotherapeuten angeleitet werden, wird unter Hypnose versucht, Eigenschaften, Fähigkeiten und Emotionen des Patienten, die außerhalb seines Bewusstseins liegen, wiederzugewinnen. Neuropsychologen berichten über eine deutliche Verbesserung motorischer Fähigkeiten unter Einsatz hypnotherapeutischer Verfahren bei Patienten mit neurologischen Krankheitsbildern. Ein wissenschaftlicher

Nachweis für die Wirksamkeit motorischen Imaginationstrainings unter Hypnose steht bislang allerdings noch aus.

2. Theoretischer Hintergrund

In dem nachfolgenden Abschnitt sollen zunächst die Begriffe „Hypnose“ und „motorische Vorstellung“ definiert werden, um dann deren Wirkungsweise vorzustellen. Danach wird ausgeführt, wie diese beiden Vorgänge miteinander in Beziehung stehen können.

2.1 Hypnose

2.1.1 Definition

Der Begriff der Hypnose leitet sich vom griechischen Begriff „Hypnos“ ab und bedeutet soviel wie „Schlaf“, da man zu Beginn der Forschung davon ausging, dass sich hypnotisierte Menschen in einem schlafähnlichen Zustand befinden. Mit Hypnose wird eine Art „willenloser Zustand“ assoziiert, der dem Teilnehmer jede Art des willkürlichen Handelns nimmt. Heute ist jedoch bekannt, dass es sich bei der Hypnose nicht um einen Schlafzustand handelt. In Hypnosesitzungen, in denen über viele Stunden EEG-Ableitungen geschrieben wurden, konnte gezeigt werden, dass sich keine typischen Schlafmuster zeigen (Mezan et al., 1964).

Bei der Hypnose handelt es sich vielmehr um einen entspannten Wachzustand, der es einer Person erlaubt, umfassend auf ihre mentalen Ressourcen und Fähigkeiten zurückzugreifen (Halsband, 2009). Spiegel und Spiegel definierten den Begriff der Hypnose beispielsweise als „attentive, receptive concentration“ (Spiegel, H., Spiegel, D., (2004). *Trance and treatment: clinical uses of hypnosis*. American Psychiatric Publishing Inc., Arlington, VA, S. 46., vergleiche auch Raz et al., 2006). Kossak unternimmt unterschiedliche Definitionsversuche. Zum Beispiel beschreibt er die Hypnose als ein Verfahren, durch das „bestimmte Verarbeitungsprozesse bewirkt werden sollen. Nach einer Einleitung folgen die Instruktionen und die Interaktionen zwischen Versuchsperson und Versuchsleiter bzw. zwischen Patient und Therapeut.“ (Überblick in Kossak, 2004, S. 72-73).

Zusammenfassend gehen viele der Definitionen einstimmig davon aus, dass die hypnotisierte Person über ein gesteigertes Maß an Aufmerksamkeit verfügt, das es ihr ermöglicht, auf bereits erworbene Fähigkeiten zurückzugreifen, insgesamt aufmerksamer zu sein und sich besser konzentrieren zu können.

2.1.2 Hypnotherapie

Von dem Begriff „Hypnose“ ist der Begriff „Hypnotherapie“ abzugrenzen. Die Hypnotherapie ist ein psychotherapeutisches Verfahren, das im 20. Jahrhundert durch Milton H. Erickson (geb. 1901, gest. 1980) begründet wurde. Es nutzt hypnotische Trance als einen veränderten Bewusstseinszustand, um z.B. erlerntes Verhalten oder Affekte zu verändern, emotional belastende Ereignisse zu rekonstruieren und psychologische und biochemische Prozesse zu fördern (Revenstorf, 2003). „Die Hypnotherapie kann man als eine elaborierte Anwendung und Weiterentwicklung traditioneller Rituale zur Induktion und zur Nutzung eines veränderten Bewusstseinszustandes verstehen, in denen zur alltäglichen Wirklichkeit alternative Vorstellungen lebensnah rekonstruiert werden.“ (Revenstorf, 2003, S. 6).

Der amerikanische Psychiater Milton H. Erickson gilt als bedeutendster Entwickler, Praktiker und Lehrer der modernen Hypnotherapie. Seine Intention bestand darin, die Persönlichkeitseigenschaften seiner Klienten, ihre Fähigkeiten, Lebenserfahrungen und Erinnerungen als therapeutische Ressourcen in Therapiesitzungen zu aktivieren und so seinen Klienten zur Realisierung ihrer Ziele zu verhelfen (www.meg-hypnose.de).

Durch die Anwendung hypnotherapeutischer Verfahren soll also einer Person geholfen werden, Eigenschaften, Fähigkeiten und Emotionen, die für sie außerhalb der bewussten Kontrolle liegen, wiederzugewinnen.

Konzeptionell unterscheidet sich der physiologische Zustand unter hypnotischer Trance daher vom Schlafzustand, da er mit erhöhter Aufmerksamkeit einhergeht. In der nachfolgenden Tabelle sind unterschiedliche Trancephänomene beschrieben:

Tabelle 1: Übersicht über verschiedene Trancephänomene

<u>Kognitiv</u> - Zeitverzerrung □ - Posthypnotische Suggestion / Reaktion □ - Amnesie □ - Regression	<u>Sensorisch / perzeptiv</u> - Erhöhte Imaginationsfähigkeit □ - Konzentration □ - Halluzination □ - Dissoziation und Assoziation □ - Analgesie / Anästhesie □ - Hyperästhesie
<u>Physiologisch</u> - Blutdruckveränderung □ - Aktivierung des Immunsystems □ - Vegetative Umschaltung (trophotrop) □ - Durchblutungskontrolle	<u>Motorisch</u> - Ideomotorik □ - Katalepsie und Levitation □ - Wächserne Biegsamkeit □ - Motorische Ökonomie

Modifiziert nach Revenstorf, (Hypnotherapie, 2003, S.8)

Um Personen in einen Zustand der Trance zu versetzen, macht die Hypnotherapie Gebrauch von Suggestionstechniken. Der Begriff der Suggestion leitet sich aus dem Lateinischen ab („suggestio“) und bedeutet soviel wie „Eingebung, Einflüsterung“. Dabei wird die Suggestion als „bewusste Beeinflussung eines Menschen beschrieben. Ziel dieser Beeinflussung ist es, die Person zu einer spezifischen Handlung zu bewegen, ohne dass diese sich dessen bewusst ist.“ (Duden, 2007, S. 782, Stichwort: Suggestion). Das Denken, Fühlen und Handeln eines Menschen ist hierbei unter Umgehung seiner kontrollierenden Persönlichkeitsanteile beeinflusst.

In Literatur und Anwendung sind zahlreiche Formen der Suggestion beschrieben, z.B. direktive vs. permissive, spezifische vs. unspezifische und direkte vs. indirekte. Die indirekte Form der Suggestion als Therapiestrategie, bei der das zu erreichende Ziel und der Weg dahin nicht offensichtlich sind, lässt sich auf M. Erickson zurückführen. Mit dieser Technik werden bei den Probanden implizite Verarbeitungsstrategien angeregt. Im Gegensatz dazu ist bei der direkten Suggestion der Inhalt identisch mit dem therapeutischen Ziel und veranlasst den Patienten häufig nur zu einer vorübergehenden Änderung seines Verhaltens. Heutzutage werden fast ausschließlich indirekte Suggestionen benutzt, da sie auf Umwegen und damit auf eine sanftere Art und Weise zum Ziel führen. Dabei kann vor allem die Eigeninitiative des Patienten durch

Techniken der indirekten Suggestion (Metaphorische Umschreibungen, Einstreuung, Implikationen) gefördert werden (Revenstorf, 2003).

2.1.3. Testverfahren zur Erfassung der hypnotischen Suggestibilität

Die Suggestibilität jedes Individuums variiert stark. Grundsätzlich ist jeder Mensch in einem gewissen Maß suggestibel, also durch Suggestion beeinflussbar. Zur Erfassung der Suggestibilität wurden, auch wenn sie schwierig messbar ist, verschiedene Testverfahren entwickelt, von denen an dieser Stelle drei der am häufigsten verwendeten Verfahren vorgestellt werden sollen.

Dabei handelt es sich zum einen um die relativ umfangreiche Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility (HGSHS), die für die Gruppentherapie genutzt wird, sowie die Stanford Hypnotic Susceptibility Scale (SHSS), die in der Einzeltherapie Anwendung findet. Der Freiburger Imaginations-, Relaxations- und Suggestibilitätstest (FIRST) wird in Klinik und Forschung eingesetzt (Scholz, 2002).

Die HGSHS Form A als Testinstrument für Gruppen wurde 1962 von Ronald Shore und Emily Carota Orne, auf der Grundlage des SHSS, Form A von Weitzenhoffer und Hilgard (Weitzenhoffer & Hilgard, 1959) entwickelt. Da dieser Test auch in unserem Experiment Anwendung fand und als Auswahlkriterium für die Teilnahme an unserer Studie galt, wird dieser in Kapitel 3.4.2. ausführlich besprochen.

Das heute am häufigsten genutzte Testverfahren zur Erfassung der Hypnotisierbarkeit bei Einzelverfahren ist der SHSS Form C (Weitzenhoffer & Hilgard, 1962). Dieser entwickelte sich aus der Form A und gilt als valides und reliables Messinstrument zur Erfassung der hypnotischen Suggestibilität. Der Test beginnt mit einer Induktion, die zeitlich variabel ist und mit dem Schließen der Augen endet (Bongartz, 2000). Im Anschluss folgen zwölf definierte Testsuggestionen.

Der FIRST geht auf die Creative Imagination Scale (CIS) zurück, die 1979 von Barber und Wilson als Suggestibilitätstest eingeführt wurde. Er kann sowohl mit einzelnen Personen als auch mit Gruppen durchgeführt werden. Der FIRST besteht aus vier Untertests und beginnt mit der Beurteilung des körperlichen und geistigen Zustandes, die der Proband selbst vornimmt. Mittels einer 34-minütigen CD wird der Proband in einen leichten Trancezustand versetzt, in dem er verschiedene Bilder imaginieren und sich im Anschluss an diese Imagination selbst bewerten soll. Danach findet ein halbstandardisiertes Interview statt (Riegel, 2010).

2.1.4. Bildgebungsstudien / Hirnforschung: Hypnose

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über Hirnforschungsstudien, die Hypnosephänomene mit verschiedenen Fragestellungen untersuchten. Dabei werden sowohl neurophysiologische Aspekte aus Elektroencephalographie (EEG) -Studien als auch Ergebnisse aus Bildgebungsstudien (Positronenemissionstomographie (PET) und funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) genannt. Da sich die PET als geräuscharmes Instrumentarium besser zur Untersuchung von Trancephänomenen eignet, stammt eine überwiegende Anzahl bisheriger Bildgebungsstudien aus diesem Bereich.

In einer EEG Studie, an der hoch- und niedrigsuggestible Probanden teilnahmen, konnten Sabourin et al. (1990) bei hochsuggestiblen Probanden Veränderungen in der Theta-Bandleistung feststellen. Diese zeigten im Gegensatz zu niedrigsuggestiblen Probanden eine Zunahme der Hirnaktivität über frontalen, zentralen und bilateral occipitalen Hirnregionen (Sabourin et al., 1990). In Untersuchungen an Menschen, die sich auf Basis ihres geschichtlichen bzw. religiösen Hintergrundes mit dem Phänomen der Trance beschäftigten, konnten ebenfalls Veränderungen im Spontan-EEG festgestellt werden. In diesem Zusammenhang zeigte sich bei einer Untersuchung an Fakiren, während sich diese in hypnotisch induzierten Trancezuständen befanden, ebenfalls eine erhöhte Theta-Band-Leistung im EEG (Labrig, 1988; Labrig und Miltner 1993).

Hypnotische Trancezustände beeinflussen Bereiche im Gehirn, die für erhöhte Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit verantwortlich sind. So konnte in einer weiteren EEG Studie an acht langjährig praktizierenden Buddhisten und zehn gesunden Studenten gezeigt werden, dass es durch Meditation zu kurz- und langfristigen neuronalen Veränderungen im Gehirn kommt. Bei den Buddhisten fand man über medialfrontalen Elektroden eine erhöhte Gamma-Band-Aktivierung (25-42 Hz) im Vergleich zu der langsameren oszillatorischen Aktivität (4-13 Hz) vor der Meditation. Diese Aktivierung lässt eine erhöhte Konzentrations-, und Lernfähigkeit vermuten (Lutz et al., 2004).

Egner et al. (2005) untersuchten Veränderungen im Frontallappen und kamen zu dem Ergebnis, dass die Unterschiede in der hypnotischen Suggestibilität eines Einzelnen mit

der Effizienz des frontalen Aufmerksamkeitssystems in Zusammenhang steht. Hierbei zeigten hoch suggestible Probanden während der Ausführung einer Stroop Aufgabe erhöhte konflikt-bezogene neuronale Aktivität bei der Lösung der Aufgabe.

Die Veränderung der Plastizität des Gehirns in Trancezuständen, sowie ein veränderter Bewusstseinszustand unter Hypnose konnte durch bildgebende Studien nachgewiesen werden (Crawford et al., 1989; Faymonville et al., 2000; Kosslyn et al., 2000; Maquet et al., 1999; Rainville et al., 1999, 2002; Szechtman et al., 1998). So untersuchten Rainville et al. in einer PET-Studie zehn gesunde Probanden in Bezug auf ihre mentale Relaxations- und Absorptionsfähigkeit zur Bewertung ihrer hypnotischen Trancetiefe. Unter Hypnose gaben die Probanden einen erhöhten Grad an Relaxation und Absorption an. In Regressionsanalysen zwischen dem rCBF (regional cerebral blood flow) und der Selbsteinschätzung der Probanden konnte u.a. eine Beteiligung des anterioren cingulären Kortex (ACC) und des Thalamus unter Hypnose nachgewiesen werden. Diese Veränderungen sowie die relaxations- und absorptionspezifischen Effekte lassen darauf schließen, dass diese Regionen eine wichtige Rolle bei der Bewusstseinkontrolle und der Selbstregulation spielen. Weitere hypnosespezifische Aktivierungen fanden sich bilateral occipital, linksseitig in der Insula sowie im inferioren frontalen und superioren temporalen Gyrus (Rainville et al., 2002).

Einige Studien beschäftigten sich mit der plastischen Veränderung der Hirnfunktion in Zusammenhang mit subjektiven Erlebnissen unter Hypnose. Kosslyn et al. (2000) untersuchten den Effekt von Hypnose auf die Farbwahrnehmung, während sich die Versuchspersonen einen farblichen Stimulus bzw. ein graues Raster farblich vorstellten. Hochsuggestible Personen zeigten Aktivierungen im linksseitigen Gyrus fusiformis, der dem Brodman Areal 19 (BA 19) entspricht und im inferioren temporalen Gyrus (BA 20). Sowohl bei der realen Präsentation eines Farbstimulus als auch unter Hypnose konnten linksseitige Aktivierungen nachgewiesen werden, die im Wachzustand nicht registrierbar waren. Das subjektive Erleben der Farben unter Hypnose wurde bei einer Befragung der Probanden als deutlicher und leuchtender empfunden, als bei der realen Präsentation des Farbstimulus. Aktivierung im fusiformen Gyrus zeigte sich auch in einer PET-Studie von Maquet et al. (1999), die den Einfluss von Hypnose auf das Wiederaufleben schöner autobiographischer Erinnerungen sowie auf die Vorstellung von Farben untersuchte. Alle Probanden berichteten, dass sie sich die gewünschte Farbe erfolgreich vorstellen und sich gut an schöne Erlebnisse erinnern konnten. Einen signifikanten Anstieg im rCBF (regional cerebral blood flow) konnte in vier

Hirnregionen unter Hypnose nachgewiesen werden. Den höchsten Anstieg fand man linksseitig im visuellen Kortex (BA 18, 19, 37), im inferioren parietalen Lappen (BA 40), im präzentralen und prämotorischen Kortex sowie in der Tiefe des ventrolateralen, präfrontalen Kortex (BA 45). Darüber hinaus fand man rechtsseitige Aktivierung im anterioren cingulären Kortex (BA 24, 32) und im linken occipitotemporalen Kortex.

Auf Grundlage der verbesserten Vorstellungskraft unter Hypnose wird vermutet, dass es unter Hypnose zur Erhöhung der bildhaften Lernleistung kommt. In diesem Zusammenhang erforschte Halsband in verschiedenen Studien (2004, 2006) die neuronalen Grundlagen des Lernens von bildhaften Wortpaaren. Untersucht wurden hochsuggestible Versuchspersonen, die in Trance- und Wachzustand Wortpaare erlernten (Lernphase = Enkodierung) und wieder abriefen (Abrufphase). Unterschiede zeigten sich unter Hypnose vor allem in einer zusätzlichen Aktivierung präfrontaler Hirnareale. Halsband interpretierte diesen Befund mit der Annahme, dass es den hochsuggestiblen Probanden besser gelingt, sich das Erlernte als mentales Bild vorzustellen und damit den Lernvorgang zu beschleunigen. Darüber hinaus fanden sich auch in diesen Studien hypnosebezogene Erregungen in occipitalen Rindenfeldern (bilateral) und im anterioren cingulären Kortex.

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse der Studien darauf hin, dass sich Menschen in hypnotischer Trance in einem zerebralen Wachzustand befinden, der es ihnen erleichtert, sich auf ein inneres Bild zu fokussieren. Der Zustand der Hypnose ermöglicht dem Individuum somit offenbar die Rekrutierung aufmerksamkeitsspezifischer Hirnregionen und verbessert so die Fähigkeit zur Konzentration und Aufmerksamkeitslenkung.

2.2 Motorische Vorstellung

2.2.1. Definition

„Imagination“, abgeleitet vom lateinischen Begriff *imago* (= Bild), beschreibt die Fähigkeit eines Menschen, Ideen und Bilder in seinem Inneren zu entwickeln und sich diese vorzustellen.

Imaginationsverfahren sind in der Psychologie vor allem in den psychotherapeutischen Disziplinen etabliert. Die Effekte geistiger Vorstellungskraft auf emotionale und

körperliche Prozesse sind bekannt. Durbach et al. (2007) beschrieben beispielsweise die Fähigkeit des Menschen, zu imaginieren, als eine besondere, kognitive Fähigkeit, die bisher schlecht verstanden ist. Sie wird als Prozess aufgefasst, durch den Langzeitgedächtnisinhalte über das visuelle Erscheinungsbild von Objekten genutzt werden, um kurzzeitige, wahrnehmungsähnliche Bilder zu kreieren (Farath, 1995).

Die Vorstellungsfähigkeit eines Menschen ist nach Kossak (2004) ein wesentlicher Aspekt der Wirkweise von Hypnose. Die individuelle Vorstellungsfähigkeit variiert dadurch stark und kann z.B. durch detaillierte Schilderungen und wahrnehmungsbezogene Aspekte sowie durch die Genauigkeit der Beschreibung einer einzelnen Situation bzw. des Umfelds beeinflusst werden. Auch die Selbstwahrnehmung und Gefühlszustände nehmen Einfluss auf die Fähigkeit, zu imaginieren.

Im Zusammenhang mit der hier durchgeführten Studie spielt vor allem die motorische Imaginationsfähigkeit eine Rolle. Motorische Imagination bedeutet, eine Bewegung „innerlich“ zu simulieren, ohne diese tatsächlich auszuführen. Ein bekanntes oder neu erlerntes/zu erlernendes Bewegungsmuster soll sozusagen vor dem „inneren Auge“ hervorgerufen werden.

Richardson (1967) setzte der motorischen Imagination einer Handlung die Absicht bzw. das Ziel voraus, diese erlernen und verbessern zu wollen. Für einen Außenstehenden ist der Prozess der Imagination nicht sichtbar. Aber auch die ausführende Person erfährt währenddessen keinen sensorischen Input und führt keine willkürlichen oder unwillkürlichen Bewegungen aus.

2.2.2. Spiegelneurone

In Zusammenhang mit der motorischen Vorstellung sollen an dieser Stelle Untersuchungen der so genannten „Spiegelneurone“ als separates Kapitel aufgeführt werden. Mit dem heutigen Wissensstand ist die Ausführung einer motorischen Handlung ohne die Aktivität der Spiegelneurone nicht möglich. Dieses neuronale Netzwerk ermöglicht motorisches Lernen durch Beobachten und Imitation und ist in zahlreiche Prozesse des motorischen Lernens involviert (Di Pellegrino et al., 1992; Gallese et al., 1996; Gastaut et al., 1954; Iacoboni et al., 2005; Jellema et al., 2000; Perett et al., 1990; Rizzolatti et al., 1996, 2004).

In den neunziger Jahren entdeckten die italienischen Wissenschaftler G. Rizzolatti und V. Gallese bei einem Versuch mit einem Makaken spezielle visuell-motorische Neurone im prämotorischen Kortex (Area 5), die heute unter dem Begriff der „Spiegelneurone“ bekannt wurden.

Mittels EEG-Einzelableitung am Kopf des Makaken sollte die Hirnaktivität erfasst werden, während dieser eine bestimmte Bewegung ausführte, z.B. nach einem Futterstück griff. Durch Zufall fanden die beiden Wissenschaftler heraus, dass die gleichen Neuronen aktiv waren, wenn der Affe eine Handlung lediglich beobachtete (Di Pellegrino et al., 1992; Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1996).

Die Aktivierung dieser Neurone, die folglich als „Spiegelneurone“ bezeichnet wurden, erfolgte nur, wenn eine Interaktion zwischen dem Effektor, z.B. der Hand oder dem Mund, und dem Objekt, z.B. dem Futterstück, bestand. Dabei war das neuronale Aktivierungsmuster unabhängig von der Art des Objektes, das heißt es spielt keine Rolle, ob nach einem Stück Futter oder z.B. einem Ball gegriffen wurde. (Rizzolatti et al., 2004). Eine Bewegung ohne ein Ziel bzw. die alleinige Darbietung eines Objektes reichte allerdings nicht aus, um Spiegelneurone zu aktivieren.

In weiteren Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass sich die Lokalisation der Spiegelneurone nicht nur auf den Bereich der Area 5 beschränkte. Man fand sie ebenso in einem Bereich lateral des prämotorischen Kortex, der hauptsächlich für Mundbewegungen zuständig ist (Ferrari et al., 2003).

Außerdem wurde die Aktivierung der Spiegelneurone während bestimmter Bewegungen wie z.B. Beugung des Rumpfes und Drehen des Kopfes in Teilen des superioren, temporalen Sulcus (STS), sowie im rostralen Teil des inferioren Parietallappens beobachtet (Jellema et al., 2000; Perett et al., 1990).

Vermutlich existieren im Affengehirn zwei Hauptregionen, in denen sich Spiegelneurone befinden, zum einem im rostralen, inferioren Parietallappen, zum anderen im ventralen prämotorischen Kortex (Rizzolatti et al., 2004).

Nach der Entdeckung der spezifischen Neurone beim Affen bemühten sich zahlreiche Wissenschaftler um den Nachweis von Spiegelneuronen beim Menschen. So existieren zahlreiche neurophysiologische Experimente und bildgebende Untersuchungen zu diesem Thema, wobei sich ein direkter Beweis menschlicher Spiegelneurone nur durch experimentelle invasive elektrophysiologische Ableitungen führen ließe.

Hinweise auf die Aktivierung des Motokortex allein durch Beobachtung von Bewegungen beim Menschen lieferten die Wissenschaftler Gastaut und Bert (1954)

bereits in den fünfziger Jahren mittels einer EEG-Studie. Sie zeigte spezifischen EEG-Veränderungen an den zentralen Ableitungen nicht nur bei der Ausführung eigener motorischer Aktivität, sondern auch beim Beobachten von anderen, die eine Handlung ausführten (Gastaut und Bert 1954).

Rizzolatti und Craighero (2004) berichteten, dass sich beim Menschen analog zur Area 5 beim Makaken spezifische Hirnaktivität in Area 44 und Area 6 beim Beobachten einer Handlung nachweisen ließ. Rizzolatti folgerte auf Basis seiner Untersuchungsergebnisse, dass den menschlichen „Spiegelneuronen“ keine spezifische funktionelle Aufgabe im menschlichen Hirn zuteil werde. Das Spiegelneuronensystem stelle vielmehr ein komplexes System dar, das das Nachahmen von Handlungen und das Handlungsverständnis mit Sinnesmodalitäten wie Sehen, Hören und Sprechen (Rizzolatti et al., 1998), aber auch mit Fähigkeiten wie Empathie verknüpfe (Carr et al., 2003; Rizzolatti, 2005; Wicker et al. 2003).

Weiterführend konnten Iacoboni et al. in einer Studie aus dem Jahr 2005 zeigen, dass nicht nur das Beobachten des Handlungsablaufes Spiegelneurone im Brodmann-Areal 44 und weitere Anteile des prämotorischen Kortex aktivierte, sondern dass das Beobachten der dahinter stehenden Absicht einer Handlung (z.B. einen Apfel greifen, um ihn zu essen) die Aktivierung auslösen kann. Diese Untersuchungen legten die Annahme nahe, dass das Spiegelneuronensystem nicht nur eine wichtige Rolle beim gesunden Menschen spielt, sondern eine wichtige Funktion beim Wiedererlernen motorischer Fähigkeiten einnehmen dürfte. So weisen Aktivierungen in diesen Arealen bei Patienten nach einem Schlaganfall darauf hin, dass verloren gegangene motorische Fertigkeiten wieder erlernt werden. (Sharma et al., 2006).

2.2.3 Bildgebungsstudien / Hirnforschung: Motorische Vorstellung

In diesem Abschnitt soll ein Überblick über Studien gegeben werden, die die Effektivität von motorischer Vorstellung als Methode zum Erwerb motorischer Fertigkeiten untersuchen.

Zahlreiche neurophysiologische Studien und bildgebende Untersuchungen kamen zu dem gemeinsamen Ergebnis, dass motorische Vorstellung einer Bewegung die gleichen kortikalen Hirnareale aktiviert wie die Ausführung derselben (Binkofski et al., 2000;

Guillot et al., 2008; Lehericy et al., 2004; Pascual-Leone et al., 1995; Seitz et al., 1997; Solodkin et al., 2004; Stephan et al., 1995; Takashi et al., 2002).

Schon Ende der 70iger Jahre wurde postuliert, dass die Kombination von mentalem und manuellem Training zu einem größeren Erfolg führt als nur die motorische Vorstellung der Aufgabe (White et al. 1979). Pascual-Leone et al. (1995) untersuchten vor diesem Hintergrund Probanden mittels transkranieller Magnetstimulation (TMS). Die Probanden wurden drei unterschiedlichen Gruppen zugeteilt, in der eine als Kontrolle fungierte, eine Gruppe eine motorische Fingerbewegungsaufgabe physisch und eine dieselbe Aufgabe nur mental trainierte. Die Ergebnisse zeigten, dass die mentale Übung zu denselben neuronalen Veränderungen des motorischen Kortex führte wie die tatsächliche Ausführung der Aufgabe. Eine fMRT-Studie von Takashi et al. (2002) konnte ebenfalls zeigen, dass es zahlreiche Bereiche im Gehirn gibt, die gleichermaßen bei Ausführung und Vorstellung einer motorischen Fingertapping-Aufgabe aktiviert wurden. Über Aktivierungen im präzentralen und inferioren frontalen Gyrus, im posterioren Cerebellum, im fusiformen Gyrus und Putamen hinaus fanden sich spezifische Aktivierungen bei der mentalen Vorstellung im dorsalen parietalen Kortex/Precuneus, im posterioren, superioren parietalen Kortex/Precuneus sowie im präzentralen Sulcus.

Stephan et al. (1995) fanden einige Jahre zuvor ähnliche Aktivierungen in einer Studie zur Ausführung und Vorstellung einer motorischen Aufgabe, in der eine Übung mit einem Joy-Stick durchgeführt und mittels PET gemessen wurde. Spezifisch im Frontallappen konnte die supplementär motorische Area (SMA) identifiziert werden. Bei der mentalen Vorstellung war überwiegend der rostrale Teil der posterioren SMA aktiviert, während bei der Ausführung überwiegend der caudoventrale Teil aktiviert wurde. Im Bereich des Operculums waren während der Vorstellung rostral präfrontale Areale (BA 44 und 45) aktiviert.

Interessanterweise konnten 2008 in einer fMRT-Studie Unterschiede in der Hirnaktivierung bei der Vorstellung einer sequentiellen Fingerbewegungsaufgabe bei geübten im Vergleich zu ungeübten „Imagers“ gezeigt werden (Guillot et al., 2008). Probanden, die einen hohen „Vorstellungs-Score“ aufwiesen, zeigten spezifische Aktivierungen in parietalen und ventrolateralen prämotorischen Regionen, während ungeübte Personen einen Anstieg des rCBF im Bereich des Cerebellums, des orbitofrontalen und des posterioren cingulären Kortex zeigten. Dies wurde als Kompensationsmechanismus zwischen geübten und ungeübten „Imagers“ gewertet.

Das deutet darauf hin, dass motorische Vorstellung dazu genutzt werden kann, motorische Handlungen zu erlernen. Vor diesem Hintergrund wiesen einige Arbeitsgruppen auf die Möglichkeit hin, dass mentales motorisches Training eine alternative Strategie beim Erwerb motorischer Fähigkeiten sein kann (Decety et al., 1997; Maxwell et al., 2000; Mulder et al., 2004). Zwar gelang es nicht, sich eine vollkommen neue Bewegung mental anzutrainieren, beherrschte man aber einen Teil der Übung, konnte die Fähigkeit durch mentales Training deutlich verbessert werden (Mulder et al. 2004).

In sportphysiologischen Studien konnte der Effekt des mentalen Trainings anhand imaginerter Muskelkontraktionsübungen belegt werden. Der Trainingserfolg war zwar im Vergleich zur isometrischen Muskelkontraktion geringer, jedoch im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Krafttraining signifikant höher (Reiser, 2005; Reiser et al., 2011).

Der Erwerb motorischer Fähigkeiten durch Imagination wurde nicht nur an gesunden Probanden untersucht. Patientengruppen, die Defizite in ihrer Willkürmotorik aufzeigten, z.B. durch einen Schlaganfall oder ein Schädelhirntrauma stellten eine interessante Untersuchungsgruppe dar.

In Untersuchungen an Schlaganfallpatienten mit einer paretischen Hand fand man heraus, dass motorisches Training der Fingerfunktion nicht nur diese, sondern auch die gesamte willkürliche Handfunktion verbesserte (Bütefisch et al. 1995). Dabei zeigte sich auch, dass rein mentales Training dem realen motorischen Training gleichwertig war (Müller et al., 2007). Darüber hinaus gelang der Nachweis, dass mentales Training besser als herkömmliche übende Verfahren war und vor allem zu einer Verbesserung der Kraft führte.

Weitere Studien, die mit Schlaganfallpatienten durchgeführt wurden, sprachen dafür, dass motorische Handlungen durch motorische Imagination wiedererlernt werden können (Page et al. 2001; Sharma et al. 2006; Zimmermann-Schlatter et al., 2008). Beim Training der fingermotorischer Bewegungen bei Patienten nach einem Schlaganfall zeigte der Vergleich zwischen konventioneller Physiotherapie und dem Training durch Imagination, dass die Betroffenen von Letzterem mehr profitieren und ihre Handfunktion deutlich verbessern konnten (Müller et al., 2007). Die Imagination motorischer Handlungen scheint also eine alternative Strategie für den (Wieder-) Erwerb motorischer Willkürbewegungen nach einer fokalen Hirnschädigung zu sein.

Die Ergebnisse der Studien zeigen, dass bei Vorstellung von Bewegung Hirnareale aktiviert werden, die in Zusammenhang mit den Spiegelneuronen stehen und eine große Rolle bei der Ausführung von Willkürmotorik spielen (prämotorischer Kortex, SMA) In Untersuchungen mit hirnverletzten Patienten konnte außerdem gezeigt werden, dass durch Imagination von Bewegungen verloren gegangene Fähigkeiten wieder erlernt werden konnten.

2.3 Motorische Vorstellung unter Hypnose

Vor dem Hintergrund der in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Befunde aus der Forschung zu Hypnose und Imagination wird deutlich, dass Hypnose und Imagination eng miteinander verknüpft sind und dass ihnen vermutlich gemeinsame externe und interne Prozesse zugrunde liegen. Eine Verknüpfung von motorischer Imagination mit Hypnose wurde bisher nur in einigen wenigen Studien untersucht.

In einer Reihe von EEG-Studien konnten spezifische Veränderungen in der elektrischen Hirnaktivität bei gesunden Probanden während der Hypnose bzw. der Imagination nachgewiesen werden (Isaac et al., 1986; Konradt et al., 2005; Marks et al., 1995). Marks und Isaac (1995) fanden in EEG-Untersuchungen z.B. Veränderungen im Alpha-Band bei Personen, die gut imaginieren konnten. Ähnliche Aktivierungsmuster zeigen sich vor allem im Zustand leichter Entspannung bzw. entspannter Wachheit (Marks et al. 1995). Während in der genannten Studie bei visueller Imagination die Alpha-Aktivität des EEG sank, stieg sie bei der motorischen Imagination an.

Im Jahr 2005 führten Konradt et al. eine Studie durch, in der sie den Einfluss von Hypnose während eines mentalen Spaziergangs (nach Decety und Jeannerod, 1995) untersuchten. Während der Imagination unter Hypnose konnten occipital ein Anstieg der Alpha-Aktivität, sowie zentral und frontal ein Anstieg der Theta-Aktivität nachgewiesen werden. Weiter untersuchten Konradt et al. Veränderungen von Reaktionszeiten und die Genauigkeit von motorischer Vorstellung im Wachzustand und unter Hypnose. Die Ergebnisse zeigten, dass die Probanden unter Hypnose mehr Zeit für den imaginierten Spaziergang benötigten und bei der Einschätzung von Distanzen ungenauere Angaben machten.

In einer fMRT-Studie (Gemignani et al., 2004) wurde der Einfluss von Hypnose auf motorische Hirnareale (primär motorischer Kortex, SMA, prämotorischer Kortex) an

unterschiedlich stark suggestiblen Probanden untersucht. Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Unterschied in der sensomotorischen Aktivität zwischen den einzelnen Gruppen, jedoch konnten bei einigen Probanden zusätzliche Aktivierungen im caudalen sensorischen Kortex gefunden werden. Dies offenbart möglicherweise hypnosespezifische Unterschiede in der sensomotorischen Integration (Gemignani et al., 2004).

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen ebenso Carli et al. (2007), die in einer Studie hoch- und niedrigsuggestible Probanden unter Hypnose auf eine Veränderung ihrer Körperhaltung untersuchten, während sich diese mental verschiedene visuelle und taktile Modalitäten vorstellten. Bei den hochsuggestiblen Probanden konnte keine Veränderung der Körperhaltung während der Durchführung der kognitiven Tests gefunden werden. Niedrigsuggestible Probanden schwankten und veränderten ihre Körperhaltung, während ihnen Aufgaben gestellt wurden. Carli et al. interpretierten die Ergebnisse dahingehend, dass hochsuggestible Personen ein verbessertes inneres Bild aufwiesen.

Ausgehend von kognitiven Ansätzen, die eine aufmerksamkeitsgesteuerte selektive Inhibition oder Diskonnektion mentaler Operationen postulieren, untersuchten Cojan et al. (2009) die Hirnaktivität unter hypnotischer Lähmung sowohl bei hypnotisch induzierter Lähmung, bei vorgestellter Lähmung als auch im Wachzustand ohne Lähmung. Trotz der hypnoseinduzierten Lähmung konnten im kontralateralen motorischen Kortex Aktivierungen gefunden werden, was auf einen Erhalt der motorischen Absicht hinweisen könnte. Es zeigten sich weiterhin Aktivierungen im Precuneus, der eine wichtige Rolle bei der Vorstellungsfähigkeit und Selbstwahrnehmung spielt. Zudem war der hypnotische Zustand über alle Untersuchungsbedingungen mit rechtsseitig frontaler Aktivierung assoziiert. Insgesamt deuten die Befunde darauf hin, dass Hypnose eine gesteigerte Selbstüberwachung und die Bildung interner Repräsentationen bewirkte. Diese gehen laut Cojan et al. (2009) auf die verhaltenslenkende Suggestion zurück und nicht auf direkte motorische Hemmprozesse.

Grundlage für eine Studie von Roelofs et al. (2002) bildete die Erkenntnis, dass Patienten mit Konversionsstörungen, die eine Arm- oder Handlähmung zeigten, bei der mentalen Vorstellung einer Rotationsaufgabe Defizite erkennen ließen, wenn die Aufgabe explizit, nicht aber wenn sie implizit gestellt wurde. In diesem Zusammenhang und unter der Annahme, dass zahlreiche Ähnlichkeiten zwischen

Konversionssymptomen und Hypnose existieren, untersuchten sie hoch- und niedrigsuggestible Probanden auf Defizite in der mentalen Vorstellung, während unter Hypnose die Lähmung eines Armes induziert wurde. Dabei zeigte sich, dass es unter Hypnose bei hochsuggestiblen Probanden zu einer Verlangsamung der mentalen Rotationsaufgabe kommt, wenn diese explizit, aber nicht wenn sie implizit gestellt wurde. Die Ergebnisse legen nahe, dass konversionsbezogene motorische Defizite bei hochsuggestiblen Patienten durch Hypnose induziert werden können (Roelofs et al., 2002).

Diese ersten Studien deuten darauf hin, dass bei mentaler Vorstellung unter Hypnose das internale Bild des Probanden verbessert ist, dass Aufmerksamkeit besser fokussiert werden kann und dass die Vorstellungsfähigkeit sowie die Selbstwahrnehmung verbessert sind.

2.4. Zusammenfassung des Theorieteils

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich Hypnose als ein Instrumentarium erwiesen hat, das es dem Teilnehmenden ermöglicht, einen anderen Bewusstseinszustand zu erlangen, sich ein internes Bild vorzustellen und die Aufmerksamkeit nach innen zu lenken.

In EEG-Studien gelang zum einen der Nachweis, dass es sich bei hypnotischer Trance nicht um einen Schlafzustand handelt (Mezan et al., 1964), zum anderen konnten im EEG Unterschiede in der Theta- und Gamma-Band-Aktivierung zwischen hoch- und niedrigsuggestiblen Personen nachgewiesen werden (Sabourin et al., 1990; Labrig, 1988; Labrig und Miltner, 1993; Lutz et al., 2004; Egner et al., 2005). Diese Ergebnisse lassen unter anderem eine erhöhte Konzentrations- und Lernfähigkeit vermuten.

Bildgebende Studien, die die Veränderung des Bewusstseinszustands unter Hypnose nachwiesen (Crawford et al., 1989; Faymonville et al., 2000; Kosslyn et al., 2000; Maquet et al., 1999; Rainville et al., 1999, 2002; Szechtmann et al., 1998), galten als Grundlage für weiterführende Studien, die unter verschiedenen Versuchsbedingungen hypnosespezifische Veränderungen und erhöhte Aktivierungen in unterschiedlichen Hirnregionen unter Hypnose nachweisen konnten.

Als hypnosespezifische Regionen können der anteriore cinguläre Kortex (Rainville et al., 2002; Maquet et al., 1999; Halsband, 2004, 2006), der Thalamus (Rainville et al.,

2002), präfrontale (Maquet et al., 1999; Halsband, 2004, 2006) und temporale Regionen (Rainville et al., 2002, Kosslyn et al., 2000), sowie die Insula (Rainville et al., 2002) und der Gyrus fusiformis (Kosslyn et al., 2000) genannt werden.

Als wichtige Grundlage für die Untersuchungen motorischer Vorstellung beim Menschen gelten die Forschungsergebnisse von Rizzolatti und Gallese, die in den neunziger Jahren das so genannte „Spiegelneuronensystem“ erstmalig beschrieben (Di Pellegrino et al., 1992; Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1996). Studien, die sich sowohl mit der realen Ausführung als auch mit der mentalen Vorstellung einer motorischen Aufgabe befassen, zeigten, dass alleine die mentale Vorstellung den Anteil des Motokortex veränderte, der bei der eigentlichen Bewegung aktiv war (Pascual-Leone et al., 1995).

Darüber hinaus wiesen weitere Studien zusätzliche Hirnaktivierungen während der mentalen Vorstellung nach, in Teilen des parietalen Kortex/Precuneus, im präzentralen Sulcus (Takashi et al., 2002), im rostralen Teil des posterioren SMA, im Operculum sowie in rostralen präfrontalen Arealen nach (Stephan et al., 1995).

In Studien, in denen motorische Vorstellung in der Praxis eingesetzt wurde, zeigten sich positive Effekte bezüglich der Koordinationsfähigkeit (Bütefisch et al. 1995) und Handkraft (Reiser, 2005; Reiser et al., 2011), sowie ein positiver Verlauf von Rehabilitationsmaßnahmen bei Schlaganfallpatienten (Page et al. 2001; Sharma et al. 2006; Müller et al., 2007; Zimmermann-Schlatter et al., 2008).

Interessant sind Studien, die motorische Vorstellung und Hypnose kombinieren. Spezifische Veränderungen der Alpha- und Theta-Wellen im EEG ließen sich unter Hypnose während eines „mentalen Spaziergangs“ ableiten (Konradt et al., 2005). Auch in fMRT-Studien konnten Veränderungen in der Hirnaktivität bei Probanden beobachtet werden. Gemignani et al. (2004) zeigten bei einigen Probanden, bei denen motorische Hirnareale auf den Einfluss von Hypnose untersucht wurden, Aktivierungen des caudalen, sensorischen Kortex, was einen hypnosespezifischen Unterschied in der sensomotorischen Integration vermuten lässt.

In einer weiteren Studie, in der Probanden hypnotisch eine Lähmung suggeriert wurde, zeigte sich erhöhte frontale Aktivierung sowie eine spezifische Aktivierung des Precuneus, was ebenfalls auf erhöhte Vorstellungsfähigkeit und verbesserte Selbstwahrnehmung hindeutet (Cojan et al., 2009).

2.5 Fragestellungen

Aus diesen theoretischen Überlegungen ergeben sich für die vorliegende Arbeit folgende Fragestellungen:

Sind unter hypnotischer Trance im Vergleich zum normalen Wachzustand zusätzliche Hirnregionen aktiv? Spiegeln diese Regionen möglicherweise erhöhte Aufmerksamkeit während hypnotischer Trance wieder?

Des Weiteren sollen die Effekte der motorischen Vorstellung untersucht werden. Zum einen soll überprüft werden, ob im Vergleich zwischen motorischer Ausführung einer Aufgabe und deren Vorstellung zerebrale Aktivität in denselben Hirnregionen zu finden ist.

Zum anderen sollen die Effekte der motorischen Vorstellung unter Hypnose untersucht werden. Gibt es während der mentalen Vorstellung einer motorischen Aufgabe unter Hypnose Aktivität in Hirnregionen, die unter motorischer Vorstellung ohne Trancezustand nicht vorhanden sind?

Außerdem ist es von großem Interesse, ob es gelingt, hypnosespezifische Veränderungen in der Hirnaktivität während der Ausführung einer motorischen Aufgabe nachzuweisen. Schließlich soll der Zusammenhang der subjektiv empfundenen Trancetiefe der Probanden mit den funktionellen Ergebnissen der Untersuchung erfasst werden.

2.6 Hypothesen

Aus den Fragestellungen ergeben sich folgende Hypothesen, die nachfolgend erläutert werden.

- Hypothese 1 Haupteffekt Hypnose
- Hypothese 2 Spezifische Effekte unter Hypnose
Motorische Vorstellung unter Hypnose
- Hypothese 3 Haupteffekt Motorische Vorstellung
Spezifische Effekte der motorischen Vorstellung

Hypothese 1 *Haupteffekt Hypnose*

Hypnotische Trance geht im Vergleich zum Wachzustand mit einer Veränderung des BOLD-Signals (blood oxygenation level dependency) in Hirnregionen einher, die

spezifisch sind für eine verbesserte Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit. Weiter erwarten wir erhöhte zerebrale Aktivität in Hirnregionen, die bei der Bewusstseinskontrolle und bei Lernvorgängen eine Rolle spielen.

Hypothese 1 stützt sich im Wesentlichen auf Befunde von Rainville et al. (2002), Kosslyn et al. (2000), Maquet et al. (1999) und Halsband (2004,2006), die in ihren Untersuchungen u.a. hypnosespezifische Aktivierungen in frontalen Hirnregionen sowie im Thalamus und im ACC nachweisen konnten. Im Rahmen weiterer Analysen soll in diesem Zusammenhang die Hypnosetiefe an Hand eines subjektiv erstellten Trancescores erfasst werden.

Hypothese 2 *Spezifische Effekte unter Hypnose*

Motorische Vorstellung unter Hypnose

Hypnotische Trance kann den Zugang zur mentalen Vorstellung erleichtern. Auf Basis dieser Annahme erwarten wir erhöhte neuronale Aktivität in aufmerksamkeitspezifischen Hirnregionen sowie möglicherweise in subkortikalen Arealen, die im Rahmen der „motorischen Schleife“ funktional in zahlreiche Integrationsvorgänge eingebunden sind.

Gestützt wird die Hypothese durch die Ergebnisse einer Studie, die den Einfluss hypnotischer Trance auf motorische Hirnareale untersuchte (Gemignani et al., 2004). In dieser konnte eine zusätzliche Aktivierung im caudalen sensorischen Kortex nachgewiesen werden. Gemignani et al. interpretierten diese Aktivierung als möglichen hypnosespezifischen Unterschied in der sensomotorischen Integration.

Für erhöhte Aufmerksamkeit während der Hypnose sprechen die im Abschnitt 2.3 des theoretischen Teils dargestellten Ergebnisse der Studie von Carli et al. (2007). Hier zeigte sich während eines Experiments, in dem die Veränderung der Körperhaltung unter Hypnose untersucht wurde, dass sich diese im Gegensatz zu niedrigsuggestiblen Personen bei hochsuggestiblen Probanden nicht veränderte, was auf ein verbessertes internes Bild hindeutet.

Weiter stützt sich die oben genannte Hypothese auf Ergebnisse der Studie von Cojan et al. (2009), die in einem Versuch mit hypnotisch induzierter Lähmung erhöhte zerebrale

Aktivität im Precuneus und in frontalen Hirnarealen nachweisen konnten und diese als Korrelat erhöhter Vorstellungsfähigkeit und Selbstwahrnehmung interpretierten.

Roelofs et al. (2002) nahmen in ihrer Studie Ähnlichkeiten zwischen Patienten mit Konversionsstörungen und hypnotischen Trancephänomen an. Es gelang ihnen, unter impliziter Aufgabenstellung bei hochsuggestiblen Personen eine Verlangsamung der Rotationsaufgabe eines durch Hypnose induzierten gelähmten Arms nachzuweisen, was den Ergebnissen bei Patienten mit Konversionssymptomen entsprach. Dieses Ergebnis deutete ebenso auf eine verbesserte, motorische Vorstellung unter Hypnose hin.

Da in unserem Experiment die Hypnose mit der motorischen Vorstellung kombiniert wurde, erwarteten wir neuronale Aktivierungen in subkortikalen Arealen, wie zum Beispiel den Basalganglien und dem Thalamus. Bereits Rainville et al. (2002) konnten bezogen auf mentale Relaxations-, und Absorptionsfähigkeiten eine hypnosespezifische Aktivierung im Thalamus nachweisen. Der Thalamus und die Basalganglien spielen eine entscheidende Rolle in motorischen Verarbeitungsprozessen.

Hypothese 3 *Haupteffekt Motorische Vorstellung*

Eine Veränderung des BOLD-Signals findet sich bei der Vorstellung einer motorischen Aufgabe im Gegensatz zur Ausführung der Aufgabe in Hirnregionen wie dem motorischem Kortex und der SMA sowie in Arealen des Spiegelneuronensystems.

Diese Annahme stützt sich auf zahlreiche Studien, in denen die Aktivierung präzentraler Hirnregionen und der supplementär motorischen Rinde (SMA) während der Vorstellung einer motorischen Aufgabe nachgewiesen werden konnte (Binkofski et al., 2000; Guillot et al., 2008; Lehericy et al., 2004; Pascual-Leone et al., 1995; Seitz et al., 1997; Solodkin et al., 2004; Stephan et al., 1995; Takashi et al., 2002). Des Weiteren werden Ergebnisse aus Studien herangezogen, die die Aktivität von Spiegelneuronen beim Beobachten einer motorischen Aufgabe untersuchten (Di Pellegrino et al., 1992; Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1996, 1998, 2004, 2005, Gastaut et al. 1954, Carr et al. 2003, Wicker et al. 2003).

Spezifische Effekte der motorischen Vorstellung

Eine fMRT-spezifische Veränderung des zerebralen Blutflusses erwarten wir in Regionen der Aufmerksamkeitslenkung und Konzentration auf Aufgaben während der

Vorstellung einer motorischen Aufgabe in Abgrenzung zur eigentlichen Ausführung derselben.

Die Aussage dieser Hypothese stützt sich auf im Theorieteil beschriebene Studien, in denen es gelang, vorstellungsspezifische Hirnaktivierungen bei Probanden nachzuweisen. Takashi et al. (2002) konnten in ihrer Studie erhöhte zerebrale Aktivität während der mentalen Vorstellung einer motorischen Fingertapping-Aufgabe im Bereich des parietalen Kortex / Precuneus belegen. Weiter fanden Stephan et al. (1995) während einer mentalen Vorstellungsaufgabe mit einem Joy-Stick erhöhte Hirnaktivität in präfrontalen Arealen (BA 44 und 45). Dies wird durch die Ergebnisse von Guillot et al. (2008) bestätigt, die ebenfalls in dieser Region erhöhte zerebrale Aktivität nachweisen konnten. Darüber hinaus beschrieben sie die Aktivierung des cingulären Kortex während der Vorstellung einer sequentiellen Fingerbewegungsaufgabe (Guillot et al., 2008).

Zur Untersuchung dieser Fragestellungen wurde eine fMRT-Untersuchung durchgeführt, in der eine Hypnosegruppe mit einer Kontrollgruppe in drei Versuchsbedingungen nämlich Ruhe, Durchführung einer motorischen Tapping-Aufgabe und internale Vorstellung dieser motorischen Tapping-Aufgabe verglichen wurden.

3. Methoden

3.1 Versuchspersonen

Für die fMRT-Studie wurden mittels eines Aushangs an der Universität Düsseldorf gesunde, rechtshändige Probanden gesucht. Die Teilnahme war freiwillig und mit einer Aufwandsentschädigung von 100 Euro dotiert.

Die Vorauswahl der Probanden erfolgte mit dem Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility (HGSHS), mit dessen Hilfe die Hypnotisierbarkeit einer Person überprüft werden kann (siehe Kapitel 3.2.2).

An der Vorauswahl nahmen zunächst 29 Personen teil. Auf Basis dieser Vorauswahl wurden 18 Personen in die fMRT-Studie aufgenommen, von denen letztlich 16 Personen teilnahmen. Im Vorfeld schieden 9 Probanden wegen eines zu niedrigen

Hypnoscores aus der Studie aus. Zwei Personen konnten wegen Tätowierungen und Metall im Körper nicht an der Studie teilnehmen, so dass insgesamt 16 Personen in die Studie aufgenommen wurden. Somit setzte sich die Stichprobe aus 2 Männern und 14 Frauen mit einem durchschnittlichen Alter von 30.3 Jahren (SD (standard deviation): 10.33) zusammen. Alle Probanden waren Rechtshänder (Edinburgh-Fragebogen zur Erfassung der Händigkeit: 88.84 %) und erfüllten einen durchschnittlichen Hypnoscore von 8,77 ((HGSHS). Die meisten Teilnehmer absolvierten zu diesem Zeitpunkt ein Studium an der Heinrich–Heine Universität Düsseldorf, die weiteren waren in verschiedenen Berufen tätig.

3.2 Testverfahren

3.2.1 Edinburgh-Fragebogen zur Erfassung der Händigkeit

Zur Bestimmung der Händigkeit wurde der „Edinburgh-Fragebogen zur Erfassung der Händigkeit“ (nach Oldfield, 1971) eingesetzt. Probanden schätzen bei vierzehn Handlungen ein, mit welcher Hand sie diese ausführen würden. Der Händigkeitsquotient wurde durch die vorgegebene Formel berechnet: $HQ = (Summe R - Summe L / Summe R + Summe L) \times 100$. Personen mit einem Prozentsatz von 64.28 % oder höher galten als Rechtshänder und waren für die Teilnahme an der Studie geeignet.

3.2.2 Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility (HGSHS) – Form A

Der Test beinhaltet zwölf Übungen (Items) und war innerhalb von 45 Minuten durchführbar. Mit einer Reliabilität von $r = .62$ und einer Kriteriumsvalidität von $r = .57$ besitzt der HGSHS zufrieden stellende Gütekriterien (Bongartz, 1985).

Die Überprüfung der Hypnotisierbarkeit der Versuchspersonen erfolgte in einer Gruppensitzung in Gruppen à 14 -15 Personen durch eine erfahrene Diplomspsychologin und Hypnotherapeutin in ruhiger Atmosphäre. Die Hypnoseinduktion wurde anhand der deutschen Fassung des „Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility – Form A“ (Bongartz, 1985) durchgeführt. Auf die Hypnoseinduktion folgten zwölf Testsuggestionen mit folgendem Inhalt (detaillierte Angaben bei Bongartz, 1985):

1. Kopf fallen lassen
2. Schließen der Augen

3. Senken der linken Hand
4. Unbeweglichkeit des rechten Arms
5. Fingerschluss
6. Armrigidität
7. Bewegung der Hände zueinander
8. Kommunikationsinhibition
9. Wahrnehmung einer Fliege
10. Augenkatalepsie
11. Posthypnotische Suggestion
12. Posthypnotisches Vergessen

Die Beurteilung der Hypnose und des Ansprechens auf die Suggestionen wurde durch die Probanden im Anschluss an die Hypnose selbst vorgenommen. Objektiv einzuschätzen waren die äußeren Reaktionen, d.h. ob ein Betrachter Reaktionen auf die Suggestionen gesehen hätte. Nach einer kurzen Beschreibung der elf (1-11) Suggestionen hatten die Probanden die Möglichkeit, zwischen zwei Antwortmöglichkeiten zu wählen. Daraus ergab sich ein Hypnoscore von 0-11 Punkten. Die Übung 12 posthypnotisches Vergessen ging nicht in die Auswertung mit ein. Ab einer Punktzahl von sechs Punkten wurden die Probanden in die Studie aufgenommen. Bei den sechzehn in die Studie aufgenommenen Teilnehmern ergab sich im Mittel ein Hypnosewert von 8,77 Punkten (SD 1,30).

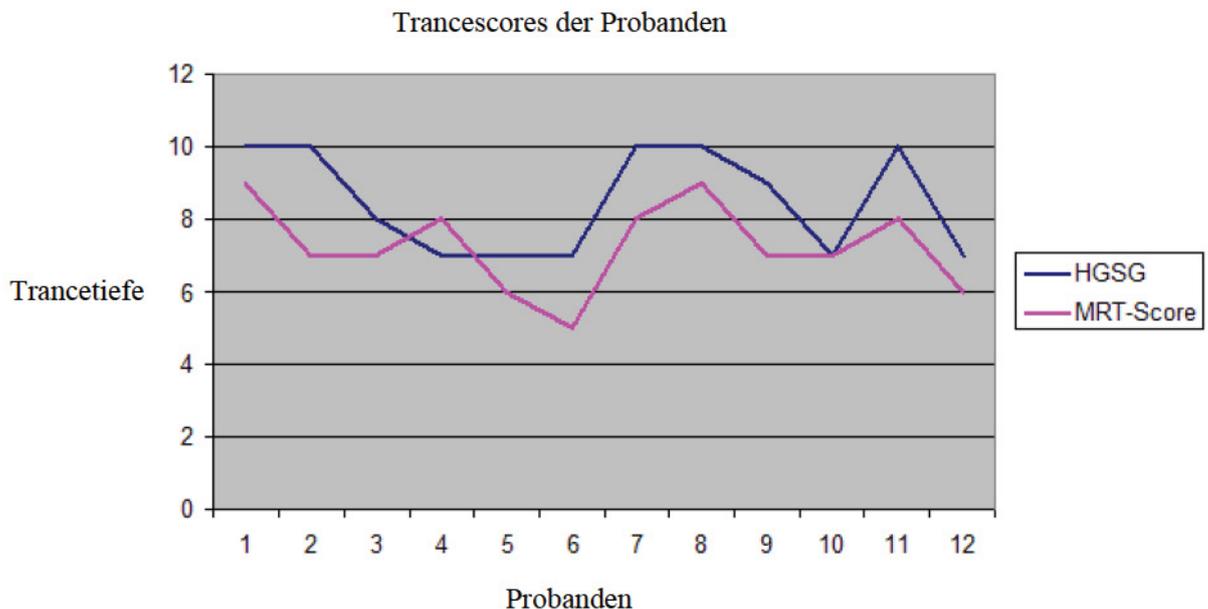
Weiterhin hatten die Probanden die Möglichkeit, frei über ihre subjektiven Erfahrungen zu berichten sowie die Tiefe des Trancezustandes auf einer 10-stufigen Ratingskala zu beurteilen. Diese Angaben dienten lediglich der Orientierung und hatten keinen weiteren Einfluss auf die Auswahl der Probanden (siehe 3.4.3).

3.2.3 Selbsteinschätzung der Trancetiefe

Angelehnt an die Bewertung der Testsuggestionen der „Harvard Group Scale“ wurde im Rahmen dieser Studie ein Befragungsbogen entworfen, um die Trancetiefe der Teilnehmer im Anschluss an die fMRT-Messungen zu erfassen. Wie in dem o.g. Testverfahren bewerteten die Probanden die Items auf einer numerischen Skala von 1-10, wobei 1 = „überhaupt nicht“ und 10 = „so sehr wie überhaupt möglich“ bedeutete. Eingeschätzt wurden die Hypnose-Items Trancetiefe, Wärme, Kälte, Kribbeln,

Körpergrenzen, Zeitwahrnehmung, Leichtigkeit und Schwere. Die Scores der Selbsteinschätzung wurden mit den individuellen Scores aus dem HGSHS korreliert (Pearson). Die Scores korrelieren hoch mit $r = 0.7$ ($p < 0.001$) Die Ergebnisse von zwölf Probanden sind in der nachfolgenden Abbildung graphisch dargestellt. Vier Probanden vergaßen den Fragebogen auszufüllen und konnten somit nicht in die Auswertung einfließen.

Abbildung 1: Trancescores der Probanden in Abhängigkeit mit der Trancetiefe



3.3 Versuchsaufbau

Die Messungen fanden im MRT 2 des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums Düsseldorf statt. Die Bild-Daten wurden mittels eines Siemens Magnetom 3T-Trio MR-Scanner (Erlangen, Germany) mit der dazugehörigen Scanner- Software Numaris/4 (syngo MR B 15) aufgezeichnet. Das Gerät befindet sich im Untergeschoss der MNR-Klinik in einem 35 m² großem Raum, der über einen dazugehörigen Kontrollraum gut einsehbar ist. Die Kommunikation während der Messungen war durch eine Gegensprechanlage möglich.

Die Probanden legten sich in Rückenlage auf den Patiententisch, wobei sich der Kopf des Probanden mittig unter der Kopfspule befand. Die korrekte Position des Kopfes wurde durch die MTA (medizinisch technische Assistentin) kontrolliert und ggf.

korrigiert. Auf Grund des Kopfhörers (s.u.), der den Kopf seitlich abstützte und dadurch keinen weiteren Raum für auch nur minimale Bewegungen ließ, wurde auf weitere Fixierung des Kopfes verzichtet. Die MTA bat die Probanden, die Augen zu schließen, um mittels eines Laserstrahls die Mitte der Kopfspule auf Höhe der Augen zu ermitteln und so einen Referenzpunkt zu erhalten. Ein auf der Kopfspule angebrachter Spiegel (12 cm x 8,5 cm, Neigung ca. 45°) ermöglichte den Probanden das Erkennen des auf eine Leinwand (Größe: 107 cm x 87 cm) projizierten Paradigmas. Dieses wurde über einen Projektor, der sich im Vorraum befand, auf die im Scannerraum stehende Leinwand projiziert. Nachdem die Probanden in das Gerät gefahren wurden, wurde die Leinwand unmittelbar am Fuß des Probanden vor dem Patiententisch positioniert und das darauf projizierte Paradigma mit einer Gesamtgröße von ca. 60 cm x 52 cm auf der Leinwand mittig ausgerichtet sowie die Schärfe eingestellt. Um gutes Erkennen zu ermöglichen, wurde während der Messung das Licht im MRT-Raum ausgeschaltet.

Zur Ausführung der motorischen, sequentiellen Tapping-Aufgabe mit der rechten Hand wurde diese auf einem Tapping-Pad positioniert. Dieses bestand aus einer 28x23x2 cm großen Styroporplatte. Jeweils zwei Lichtleiterpaare befanden sich in einem Abstand von je 2 cm am Zeigefinger und am kleinen Finger. Um die Lage der Finger auf der Platte zu optimieren, war diese an den Fingerkuppen vertieft. Zur akustischen Übertragung des Kontroll- und des Hypnosetextes und zur Abschirmung des Lärmpegels im MRT wurden die Probanden mit einem speziellen Kopfhörersystem ausgestattet. Die akustische Übermittlung fand per Luftleitung statt. Das Kopfhörersystem bestand aus einem Kapselgehörschutz (Pro Ears Ultra) mit einem SNR („Single Number Rating = einfacher Dämmwert“) von 28 dB (Decibel) und darin integrierten Ohrstöpseln (Surefire Sonic Defenders EarPro EP3) mit einem SNR von 34 dB. Durch die Kombination des Kopfhörers mit den Ohrstöpseln konnte der Scannerlautstärke von ca. 100 dB auf 38 dB (entspricht der Lautstärke von leiser Musik) gesenkt werden. Um individuell eine optimale Übertragung bei guter Lärmdämmung zu erreichen, wurden Ohrstöpsel in den Größen S (Small) und M (Medium) verwendet.

3.4 Versuchsdesign

Zur Präsentation des Paradigmas wurde die Stimulationssoftware „Presentation“ verwendet. Der Laptop (Betriebssystem Windows XP) befand sich während der

Messung im Kontrollraum und war dort mit einem Projektor mit einem Weitwinkelobjektiv (NEC, Modell: MT 1050) verbunden, über den das Bild in den Scannerraum auf die vor dem Scanner positionierte Leinwand projiziert wurde.

Das Paradigma war als „block design“ angelegt. Dadurch konnten den Versuchsteilnehmern verschiedene Stimuli in alternierenden und zeitlich festgelegten Episoden präsentiert werden. Außerdem ermöglichte dieses Design Aufbau und Messung konstanter Aktivierung innerhalb eines Animationsblocks. Das verwendete Paradigma bestand aus drei unterschiedlichen Bedingungen: Bewegung (B), Vorstellung (V) und Ruhe (+) mit den entsprechenden Stimuli. Die Bedingungen wurden pseudorandomisiert dargeboten, wobei jede Bedingung 8-mal (40 Sekunden / 10 Scans) präsentiert wurde. Die Stimuli (B, V, +) blinkten dabei mit einer Frequenz von 1 Hz (Hertz) und waren in einer durchschnittlichen Größe von etwa 20 x 15 cm auf der Leinwand zu erkennen. Das Blinken diente den Probanden als Orientierungshilfe für die Geschwindigkeit der Ausführung der motorischen Tapping-Aufgabe. Die Trigger-Signale wurden über zwei Lichtleiter und dazugehörige BNC Kabel über einen optoelektrischen Wandler (TTL-LWL-Wandler, Vorlaufer GmbH, Göttingen) auf einen Computer (Betriebssystem Windows 2000) im Kontrollraum übertragen, wo sie registriert wurden und so zur Kontrolle der motorischen Aufgabe dienten.

Messung

Die Messung begann mit einer kurzen Messequenz zur topographischen Planung in sagittaler, koronarer und axialer Orientierung. Der Bildausschnitt wurde so angepasst, dass der frontale, temporale, parietale und occipitale Kortex in ihrer Gesamtheit erfasst wurden. Die Schichtführung orientierte sich hierbei an der AC-PC Linie die als Verbindung zwischen anteriorer und posteriorer Commissur definiert ist.

Das nachfolgende fMRT-Scanning erstreckte sich über einen Zeitraum von 16:54 Minuten in denen insgesamt 250 Messungen durchgeführt wurden. Die Einstellungen wurden wie folgt vorgenommen. Die Größe des „fields of view“ betrug 192 mm bei 44 Schichten pro Messung. Die Orientierung erfolgte transversal. Die Bildmatrix wurde mit 128 x 128 Voxels und die Schichtdicke mit 3 mm voreingestellt. Die Repetitionszeit (TR) betrug 4000 ms und die Echozeit (TE) 40 ms. Im Anschluss an das fMRT-Scanning wurde zur anatomischen Analyse ein hochauflösender, dreidimensionaler Scan (magnetization prepared rapid gradient-echo, MPRAGE) in 192 Schichten mit einer Schichtdicke von 1 mm durchgeführt. Die Messdauer betrug 4:08

Minuten. Das „field of view“ betrug 256 mm und die Bildmatrix 256 x 256 Voxels. Die TR war mit 2300 ms und die TE mit 2:98 ms voreingestellt. Zur genauen zeitlichen Abfolge siehe Kapitel 3.5 (Versuchsdurchführung).

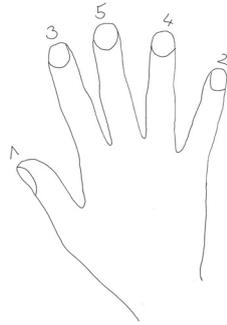
BOLD-Effekt

Die funktionelle Magnetresonanztomographie dient der Darstellung spezifischer Kortexareale mit erhöhter Hirnaktivität. Diese erhöhte Hirnaktivität kann z.B. durch eine während der Messung durchgeführte motorische Aufgabe erreicht werden. Es wird jedoch nicht direkt die neuronale Aktivität gemessen, sondern die Aktivierungszustände werden über eine Änderung des Sauerstoffgehalts des Hämoglobins dargestellt (Ogawa et al., 1990). Gemessen wird das Verhältnis zwischen oxygeniertem (sauerstoffreichen) und desoxygeniertem (sauerstoffarmen) Blut. Eine Erhöhung der neuronalen Aktivität bedingt eine vermehrte Durchblutung. Hierbei wird der angebotene Sauerstoff partiell verbraucht und die Konzentration des desoxygenierten Hämoglobins sinkt. Im Unterschied zu diamagnetischem oxygeniertem Hämoglobin besitzt desoxygeniertes Hämoglobin paramagnetische Eigenschaften. Dieser Paramagnetismus verursacht im Hirngewebe Magnetfeld-Inhomogenitäten. Im Bereich von Gefäßen kommt es so zu einem lokalen Magnetfeldgradienten. Der entstandene BOLD-Effekt kann im Rahmen einer MRT-Messung über eine T2*-gewichtete EPI-Sequenz (Echo Planar Imaging) sichtbar gemacht werden.

3.5 Versuchsdurchführung

Die Versuchsteilnehmer wurden zu abendlichen Terminen in das MRT einbestellt. Zunächst wurden sie in einem Vorraum des MRT über den Versuch aufgeklärt und unterschrieben dann eine Einverständniserklärung. Die Instruktion des Versuchs erfolgte im Anschluss daran zunächst über eine schriftliche Anweisung. Zur Übung der sequentiellen Fingertapping-Aufgabe wurde den Probanden auf einem Laptop ein Video vorgeführt, auf dem sie eine rechte Hand sahen, die die Tapping-Aufgabe in einer Geschwindigkeit von 1 Hz vorführte (Abbildung 2).

Abbildung 2: Reihenfolge der sequentiellen Fingertapping-Aufgabe während der Bewegungsaufgabe und der motorischen Vorstellung



Die Versuchspersonen wurden gebeten, sich die Hand ca. 10 Minuten genau anzusehen und sich Geschwindigkeit und Reihenfolge der Bewegungen gut einzuprägen. Anschließend übten sie sowohl die Bewegung als auch die Imagination der Bewegung, bis sie sich sicher fühlten.

Vor der Messung wurden die Patienten angewiesen, alle metallhaltigen Kleidungs- und Schmuckstücke abzulegen. Um eine vorhandene Sehschwäche auszugleichen, erhielten fehlsichtige Probanden spezielle metallfreie Sehhilfen. Anschließend erhielten sie passende Ohrstöpsel und der Kopfhörer wurde aufgesetzt.

Die Lautstärke der Kopfhörer wurde im Scanner mit 7,5 HDP voreingestellt. Eine individuelle Anpassung der Lautstärke fand durch die Regulation der Lautstärke am im Kontrollraum befindlichen Laptop statt, über den der Text eingespielt wurde. Zunächst wurde eine angenehme Lautstärke ermittelt und im Anschluss bis zu einer gerade noch als angenehm empfundenen Lautstärke hoch reguliert, um den später einsetzenden Scannerlärm zu übertönen.

Die Probanden legten sich in Rückenlage auf den Patiententisch und bekamen in die linke Hand eine Notklingel. Das Tapping-Pad wurde auf dem Bauch der Probanden platziert. Zur optimalen Lagerung wurde der rechte Arm mit Sandkissen unterstützt. Zusätzlich wurde bei der Lagerung darauf geachtet, dass die Teilnehmer über den Spiegel nur die Leinwand und keine Körperteile (z.B. ihre Füße) oder das Tapping-Pad sahen. Nachdem der Proband in das Gerät gefahren wurde, verließen alle anwesenden Personen den Raum, und die Tür wurde geschlossen.

Kontrollbedingung

Alle Probanden unterzogen sich zunächst der Kontrollmessung im MRT. Nachdem die MTA die topographische Messung vorgenommen hatte, wurde dem Versuchsteilnehmer

über die Gegensprechanlage mitgeteilt, dass mit dem Beginn des Textes das Paradigma und die eigentliche fMRT-Messung beginnen würden. Die Präsentation des Textes erfolgte in einem Zeitraum von 25,17 Minuten. Der neutrale Text in Form eines Reiseberichts, der von einer Hypnotherapeutin/Diplompsychologin vorher auf CD gesprochen worden war, wurde den Teilnehmern über das Kopfhörersystem präsentiert. Inhaltlich handelte es sich um einen Reisebericht über die Insel Usedom, in dem ein Paar über seine Erfahrungen und Eindrücke von der Insel berichtet. Der Text wurde mit leichten Modifizierungen übernommen aus einem Reisebericht des Users „bjlghs“ auf der Internetseite reisen.ciao.de. Das Paradigma und die funktionelle Messung endeten nach einer Gesamtmesszeit von 16,54 Minuten. Während der Text noch lief, konnte die anatomische 3D-Messung angefertigt werden. Im Anschluss daran endete die Kontrollmessung im MRT.

Hypnosebedingung

Nachdem alle Vorbereitungen für die Messung unter Hypnose getroffen waren, die Probanden sich in korrekter Position befanden und die topographische Voreinstellung abgeschlossen war, startete über das Kopfhörersystem die Hypnoseinstruktion, die zuvor durch die Hypnotherapeutin/Diplom-Psychologin auf CD gesprochen worden war. Um größtmögliche Entspannung und einen guten Einstieg in die Hypnose zu erreichen, startete die funktionelle Messung zeitlich etwas versetzt. In den ersten 9,30 Minuten hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, sich ohne störende Außengeräusche in hypnotische Trance versetzen zu lassen. Dazu wurde ihnen suggeriert, Stufe um Stufe eine 10stufige Treppe hinabzusteigen und dabei mit jeder Stufe den Zustand der Entspannung zu vertiefen. Zusätzlich wurden die Probanden instruiert, sich auf die Musik und die Stimme zu konzentrieren und Geräusche von außen möglichst auszublenden. Nach 9,30 Minuten startete die funktionelle Messung (Gesamtdauer: 16,54 Min.). In der verbleibenden Zeit der Hypnoseinstruktion (28,48 Min.) konnten die Probanden sich mit Hilfe verschiedener Suggestionen auf ihr Inneres konzentrieren und sich tiefer in die Trance begeben. Inhalte wie die Ausführung der Aufgabe und die Geräusche des Scanners wurden in den Hypnosetext mit eingeflochten (Text im Anhang). Die Hypnosesitzung endete mit dem Hinweis auf einen Wecker und mit einer langsamen Aufwachphase, in der die Probanden die suggerierte Treppe zurück nach oben stiegen und dabei mit jedem Schritt etwas wacher werden sollten. Auch nach der Aufzeichnung der 3D-Messung hatten die Probanden noch ausreichend Gelegenheit,

aus der Trance zu erwachen. Nach insgesamt 33,05 Minuten endete die fMRT-Messung unter Hypnose.

3.6 Statistische Auswertung

Auswertung der fMRT-Daten

Das Programm Brain Voyager QX, Version 2.0 (Brain Innovation, Maastricht, Niederlande) wurde zur Auswertung und Analyse der funktionellen und strukturellen MRT-Daten genutzt. Das Programm ermöglichte eine volumetrische Rekonstruktion der Daten sowie eine Zusammenfassung der funktionellen Einzelmessungen zu einem einheitlichen Datensatz. Strukturelle und funktionelle Scans konnten aufeinander abgestimmt und zeitlich synchronisiert werden. Die Konvertierung der Daten in den standardisierten stereotaktischen Talairach-Raum (Talairach und Tournoux, 1988) gilt als Grundlage für die Durchführung der Gruppenanalyse und der statistischen Bildberechnungen (t-Test, GLM: Generalisiertes lineares Model).

Um eine korrekte Datenauswertung zu gewährleisten, mussten einige vorbereitende Schritte getroffen werden. Hierzu gehörte die Normierung der anatomischen Datensätze. Die Standardisierung der Datensätze in den Talairach-Raum erfolgte mit Hilfe der Brain Voyager Software. Zur Vorbereitung der funktionellen Datensätze („Preprocessing“) wurde eine Bewegungskorrektur („3D motion correction“) durchgeführt, da selbst geringgradige Kopfbewegungen zu Verfälschung des BOLD-Signals führen können, die fälschlicherweise als Aktivierungen gedeutet werden könnten. Um das hochfrequente Rauschen eines einzelnen Voxels zu Gunsten des niederfrequenten Signalanteils zu reduzieren, wurden die Daten räumlich mittels eines Gausschen Filters FWHM= 4 mm gefiltert („spatial smoothing“). Des Weiteren wurden eine Schicht-Scanzeit-Korrektur („slice scan time correction“) sowie eine zeitliche Filterung (high-pass filter = 2) vorgenommen.

Im Anschluss an das Preprocessing fand die Koregistrierung statt, in der die funktionellen Daten mit den 3D-Datensätzen verknüpft wurden. Diese Daten mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung wurden zur weiteren Analyse der Bilddaten mit Brain Voyager genutzt.

Zunächst prüften wir in einem Gesamtvergleich jede der drei Bedingungen gegen die Ruhebedingung auf Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen. Mit einem

Gauss'schen Model der hämodynamischen Antwort (BOLD-Effekt) wurde eine ideale Antwort-Funktion generiert. Diese wurde als unabhängige Variable („Regressor“) in einer Multiplen Regressionsanalyse verwendet und ermöglichte die Identifizierung der aufgabenbezogenen Aktivierungen im Gehirn. Zusätzlich wurde ein GLM für die Bedingungen „Bewegung, Vorstellung und Ruhe“ jeweils mit und ohne hypnotische Tranceinduktion erstellt. Hierbei lieferte jeder Kontrast für jedes Voxel einen t-verteilter Wert. Je höher dieser Wert ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Aktivierung nicht zufällig, sondern durch einen paradigmengestützten Effekt zustande gekommen ist. Bezogen auf unser Experiment wurden alle Bedingungen ohne hypnotische Trance mit allen Bedingungen mit hypnotischer Trance in Hinblick auf einen Haupteffekt innerhalb der Hypnosebedingung miteinander verglichen. Das heißt, dass jede einzelne Bedingung (Ruhe, Bewegung, Vorstellung) unter Hypnose mittels einer Random-Effekt-Analyse mit dem Zustand ohne Hypnose verglichen wurde. Die Datenanalyse wurde mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ durchgeführt und die identifizierten Aktivierungen Cluster ab einer Aktivierung von 50 Voxel (1x1x1 mm) als signifikant betrachtet. Die Erstellung des GLM beruht auf dem Prinzip der Regressionsanalyse. Dies ermöglicht mittels einer Parameterschätzung (Beta-Gewicht) eine indirekte Aussage über den Grad der Aktivierung in einer vordefinierten Region (region of interest). Als Beta-Gewicht bezeichnet man in diesem Zusammenhang den optimalen Gewichtungsfaktor im Hinblick auf den Aktivierungsgrad der einzelnen Variablen (Ruhe, Bewegung, Vorstellung) in einer bestimmten Region. Im GLM identifizierte Regionen, die erhöhte Aktivierung zeigten, wurden als „Regions of Interest“ definiert und die Aktivierungsgrade in diesen Regionen wurden hinsichtlich der Höhe der Betas verglichen.

Zuletzt wurden die signifikanten Regionen über die Talairach-Koordinaten mit Hilfe des Talairach-Dämons (Lancaster, 2000) anatomisch funktionellen Hirnregionen zugeordnet.

Auswertung der Verhaltensdaten

Die Auswertung der individuellen Trancescores sowie die Erstellung deskriptiver Statistiken erfolgten mit Hilfe der SPSS-Version 18.

4. Ergebnisse

Entlang der oben aufgeführten Hypothesen gliedert sich der Ergebnisteil in drei Abschnitte. Den Hypothesen folgt zunächst eine Erläuterung der berechneten Vergleiche/Kontraste von Bedingungen und Gruppen. Die Ergebnisse sind im Folgenden in Tabellen und Abbildungen dargestellt.

4.1 Hypothese 1 Haupteffekt Hypnose

Hypnotische Trance geht im Vergleich zum Wachzustand mit einer Veränderung des BOLD-Signals in Hirnregionen einher, die spezifisch sind für eine verbesserte Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit. Weiter erwarten wir erhöhte zerebrale Aktivität in Hirnregionen, die bei der Bewusstseinskontrolle und bei Lernvorgängen eine Rolle spielen.

Um den Haupteffekt der Hypnose zu berechnen, wurden alle Bedingungen der Hypnosegruppe (Bewegung (B), Vorstellung (V), Ruhe (+)) mit denen der Kontrollgruppe verglichen (Fehlerwahrscheinlichkeit: FDR $p < 0.05$). Erhöhte zerebrale Aktivität konnte im rechten inferioren, anterioren cingulären Kortex, im linken superioren frontalen Gyrus und im linken Thalamus nachgewiesen werden (Tabelle 2, Abbildung 3).

Tabelle 2: Haupteffekte der Hypnose gegen Kontrolle für alle Bedingungen

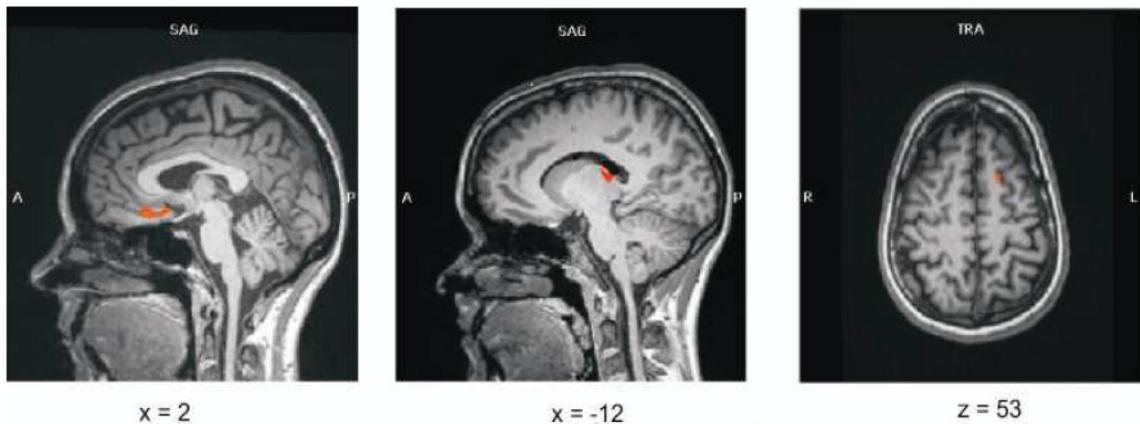
Kontraste aller Hypnosebedingungen (Bewegung, Vorstellung, Ruhe) verglichen mit allen Kontrollbedingungen (Bewegung, Vorstellung, Ruhe), (N = 32)

BA	Hemisphäre	Anatomische Struktur	x	y	z	Voxel
32	R	anteriorer cingulärer Gyrus	2	23	-10	334
6	L	Superior frontaler Gyrus	-19	12	53	173
	L	Thalamus	-12	-28	21	284

Als Signifikanzniveau wurde eine Cluster-Schwelle von 50 Voxeln und $p < 0.05$ (FDR korrigiert) gewählt. Die Größe der Cluster ist in Voxeln angegeben. Die Zahlen entsprechen den Talairach-Koordinaten in x-, y-, und z- Richtung in Millimetern.

BA: Brodmann-Areal, R: rechte Hemisphäre, L: linke Hemisphäre

Abbildung 3: Haupteffekt Hypnose für beide Gruppen (Hypnose und Kontrolle) und alle Bedingungen (Bewegung, Vorstellung, Ruhe)



Die Zahlen entsprechen den Talairach-Koordinaten in x-, y-, und z- Richtung in Millimetern.
SAG: Sagittale Schmittebene, TRA: Transversale Schmittebene, A: anterior, P: posterior, R: rechts, L: links

4.2 Hypothese 2 Spezifische Effekte unter Hypnose

Motorische Vorstellung unter Hypnose

Hypnotische Trance kann den Zugang zur mentalen Vorstellung erleichtern. Auf Basis dieser Annahme erwarten wir erhöhte neuronale Aktivität in aufmerksamspezifischen Hirnregionen, sowie möglicherweise in subkortikalen Arealen, die im Rahmen der „motorischen Schleife“ funktional in zahlreiche Integrationsvorgänge eingebunden sind.

Um die spezifischen Effekte der motorischer Vorstellung unter Hypnose nachzuweisen, kontrastierten wir die Bedingung der motorischen Vorstellung unter Hypnose mit den Bedingungen der motorischen Vorstellung der Kontrollbedingung (FDR $p \leq 0.05$).

Spezifisch für die motorische Vorstellung unter Hypnose zeigte sich Aktivierung im linken Thalamus (Tabelle 3, Abbildung 3, siehe $x = -12$).

Weiterhin ergab sich ein spezifischer Effekt für die Bedingung „Bewegung“ unter Hypnose. Wir kontrastierten hierzu die Bedingung Bewegung unter Hypnose mit der Bedingungen Bewegung unter Kontrolle (FDR $p \leq 0.05$) und erhielten signifikant erhöhte Aktivierung im anterioren, cingulären Gyrus (Tabelle 3, Abbildung 3, siehe $x = 2$).

Tabelle 3: Spezifische Effekte der Hypnose

* Spezifische Aktivierung des Thalamus für die Bedingung Vorstellung unter Hypnose, Kontrastiert wurden die Bedingung motorische Vorstellung unter Hypnose mit der Bedingung motorische Vorstellung der Kontrollgruppe

° Spezifische Aktivierung des anterioren cingulären Gyri für die Bedingung Bewegung unter Hypnos., Kontrastiert wurde die Bedingung Bewegung unter Hypnose mit der Bedingung Bewegung der Kontrollgruppe

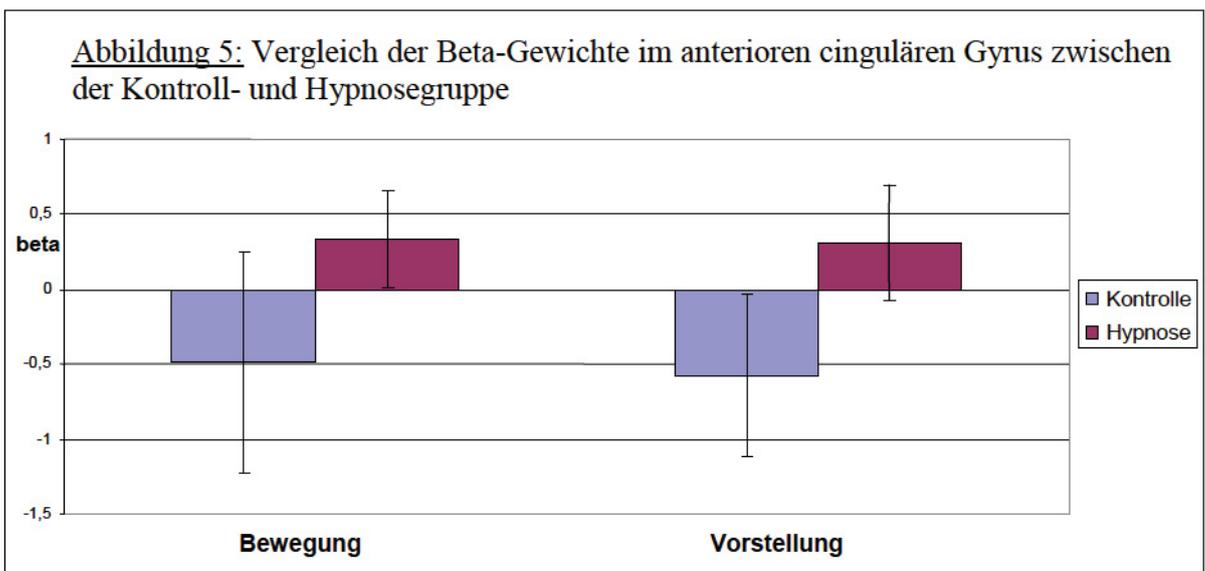
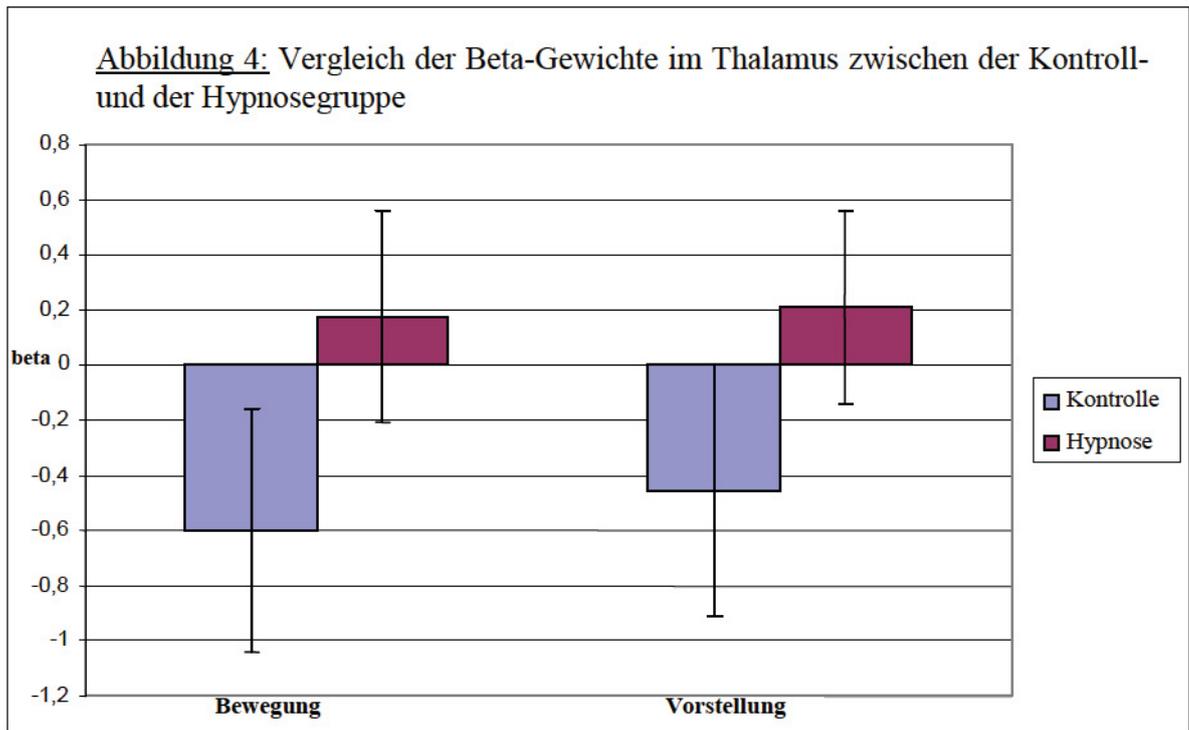
BA	Hemisphäre	Anatomische Struktur	x	y	z	Voxel
32 °	R	anteriorer cingulärer Gyri	2	23	-10	334
*	L	Thalamus	-12	-28	21	284

Als Signifikanzniveau wurde eine Cluster-Schwelle von 50 Voxeln und $p < 0.05$ (FDR korrigiert) gewählt. Die Größe der Cluster ist in Voxeln angegeben. Die Zahlen entsprechen den T & T Koordinaten in x-, y-, und z- Richtung in Millimetern.

BA: Brodmann-Areal, R: rechte Hemisphäre, L: linke Hemisphäre

Um die Zusammenhänge der „Region of Interest (ROI)“ bezogen auf die motorische Vorstellung aufzuzeigen, berechneten wir die regionalen Beta-Gewichte für die Bedingung der motorischen Vorstellung, der Bewegung und der Ruhe für die Kontroll-, und die Hypnosegruppe. Die Berechnung der interregionalen Korrelationen (Spearman Korrelation) erfolgte mit SPSS Version 18. Ausschließlich Korrelationen von $p < 0,01$ wurden als signifikant angesehen.

Dargestellt sind der Vergleich der mittleren Beta-Gewichte im Thalamus zwischen der Kontroll- und der Hypnosegruppe (Abbildung 4) sowie der Vergleich der mittleren Beta-Gewichte im anterioren cingulären Gyri ebenfalls zwischen der Kontroll-, und der Hypnosegruppe (Abbildung 5).



4.3 Hypothese 3 Haupteffekt Motorische Vorstellung

Eine Veränderung des BOLD-Signals findet sich bei der Vorstellung einer motorischen Aufgabe im Gegensatz zur Ausführung der Aufgabe in Hirnregionen wie dem motorischen Kortex und dem SM, sowie in Arealen des Spiegelneuronensystems.

Um den Haupteffekt der motorischen Vorstellung zu errechnen, kontrastierten wir die Bedingung motorische Vorstellung mit der Ruhebedingung für beide Gruppen (Hypnose und Kontrolle) gemeinsam (FDR $p \leq 0.05$).

Wir fanden neuronale Aktivierungen linkshemisphärisch im superioren, frontalen Gyrus (preSMA/SMA), im präzentralen Gyrus, sowie im Putamen / Pallidum (Nucleus lentiformis) und im inferioren parietalen Lappen (Tabelle 4, Abbildung 6).

Tabelle 4: Haupteffekt der motorischen Vorstellung

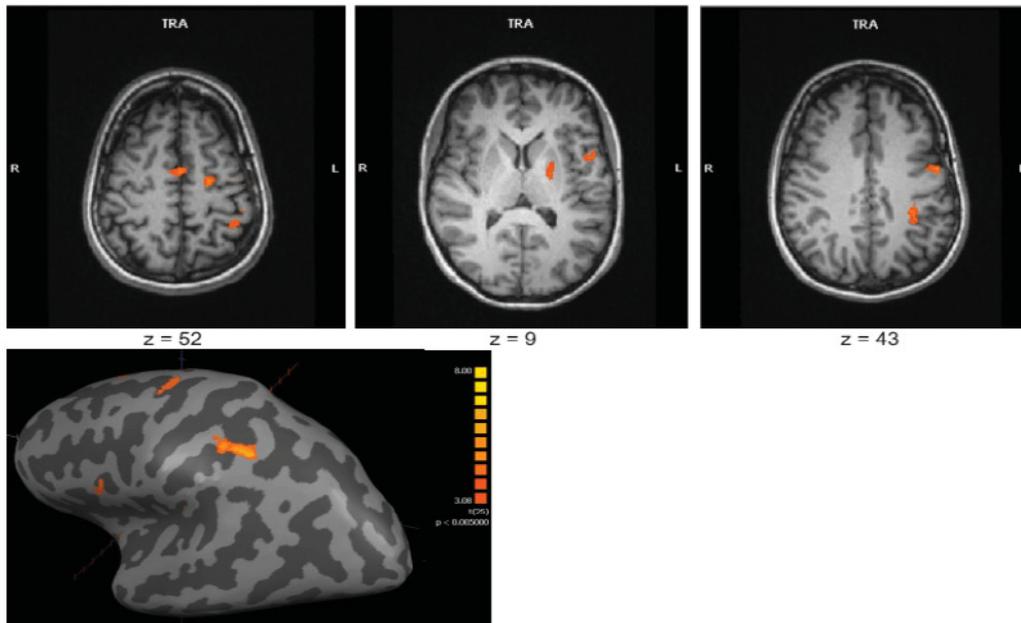
Kontraste der Bedingung Motorische Vorstellung gegen die Ruhebedingung für die Hypnose- und Kontrollgruppe (N=32)

BA	Hemisphäre	Anatomische Struktur	x	y	z	Voxel
6	L	superiorer frontaler Gyrus	-3	-7	59	2583
6	L	präzentraler Gyrus	-25	-10	50	472
6	L	präzentraler Gyrus	-51	-2	36	1031
44	L	präzentraler Gyrus	-50	8	11	756
40	L	inferiorer Parietal-Lappen	-40	-40	44	1693
	L	Nucleus lentiformis	-22	-4	9	620

Als Signifikanzniveau wurde eine Cluster-Schwelle von 50 Voxeln und $p < 0.05$ (FDR korrigiert) gewählt. Die Größe der Cluster ist in Voxeln angegeben. Die Zahlen entsprechen den Talairach-Koordinaten in x-, y-, und z-Richtung in Millimetern.

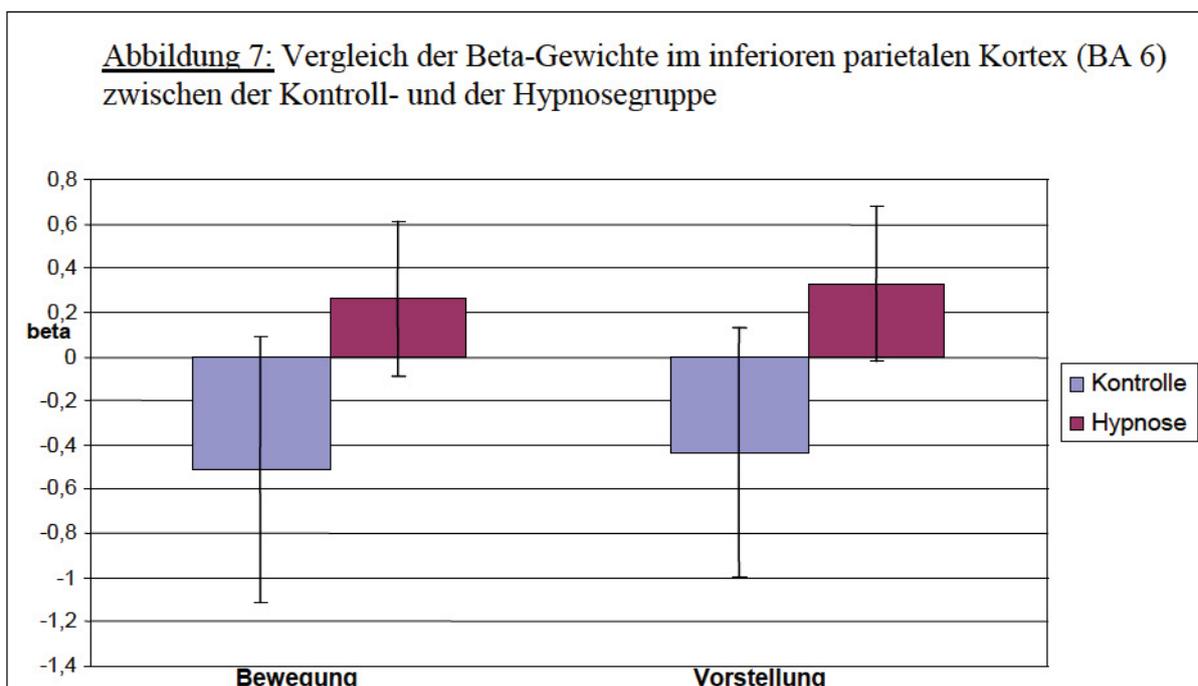
BA: Brodmann-Areal, R: rechte Hemisphäre, L: linke Hemisphäre

Abbildung 6: Haupteffekt Motorische Vorstellung für beide Gruppen (Hypnose und Kontrolle)



Die Zahlen entsprechen den Talairach-Koordinaten in x-, y-, und z- Richtung in Millimetern.
 TRA: Transversale Schnittebene, R: rechts, L: links

Die nachfolgende Abbildung (Abbildung 7) zeigt anhand der mittleren Beta-Gewichte die Unterschiede der Aktivierung im inferioren parietalen Kortex zwischen und Kontroll- und der Hypnosegruppe.



Spezifische Effekte der motorischen Vorstellung

Eine fMRT-spezifische Veränderung des zerebralen Blutflusses erwarten wir in Regionen der Aufmerksamkeitslenkung und Konzentration auf Aufgaben während der Vorstellung einer motorischen Aufgabe in Abgrenzung zur eigentlichen Ausführung derselben.

Verglich man für beide Gruppen (Hypnose und Kontrolle) die Bedingungen motorische Vorstellung und Bewegung (FDR $p < 0.05$), so zeigten sich zusätzliche neuronale Aktivierungen in der linken Hemisphäre im mittleren, frontalen Gyrus, im posterioren cingulären Gyrus und im Precuneus/Parietallappen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Spezifische Effekte der motorischen Vorstellung

Motorische Vorstellung gegen Bewegung für beide Gruppen (Hypnose und Kontrolle)

BA	Hemisphäre	Anatomische Struktur	x	y	z	Voxels
47	L	mittlerer frontaler Gyrus	-41	39	-3	551
31	L	posteriorer cingulärer Gyrus	-1	-38	41	935
31	L	posteriorer cingulärer Gyrus	-2	-58	29	862
19	L	parietaler Kortex, Precuneus	-36	-66	40	1535

Als Signifikanzniveau wurde eine Cluster-Schwelle von 50 Voxeln und $p < 0.05$ (FDR korrigiert) gewählt. Die Größe der Cluster ist in Voxeln angegeben. Die Zahlen entsprechen den Talairach-Koordinaten in x-, y-, und z-Richtung in Millimetern.

BA: Brodmann-Areal, R: rechte Hemisphäre, L: linke Hemisphäre

5. Diskussion

Die vorliegende fMRT-Studie beschäftigte sich mit dem Einfluss hypnotischer Trance auf die motorische Vorstellungskraft. In diesem Zusammenhang untersuchten wir gesunde Probanden in einer Kontroll- und einer Hypnosegruppe während der Vorstellung und Ausführung einer sequentiellen Fingertapping-Aufgabe.

Ziel war es, zerebrale Veränderungen in Hirnarealen zu identifizieren, die spezifisch während der motorischen Vorstellung einer Aufgabe unter Hypnose aktiviert waren und somit auf eine Unterstützung der motorischen Vorstellung unter Hypnose hinwiesen.

In der vorliegenden fMRT-Studie gelang es uns, nachzuweisen, dass bei der motorischen Vorstellung unter Hypnose subkortikale Strukturen aktiviert sind, die sich im Sinne einer verbesserten motorischen Vorstellung unter Hypnose interpretieren lassen. In Abbildung 8 sind die die Ergebnisse schematisch zusammengefasst.

Abbildung 8: Darstellung der Ergebnisse anhand der Funktionsbeziehung des Thalamus in Zusammenhang mit dem motorischen System

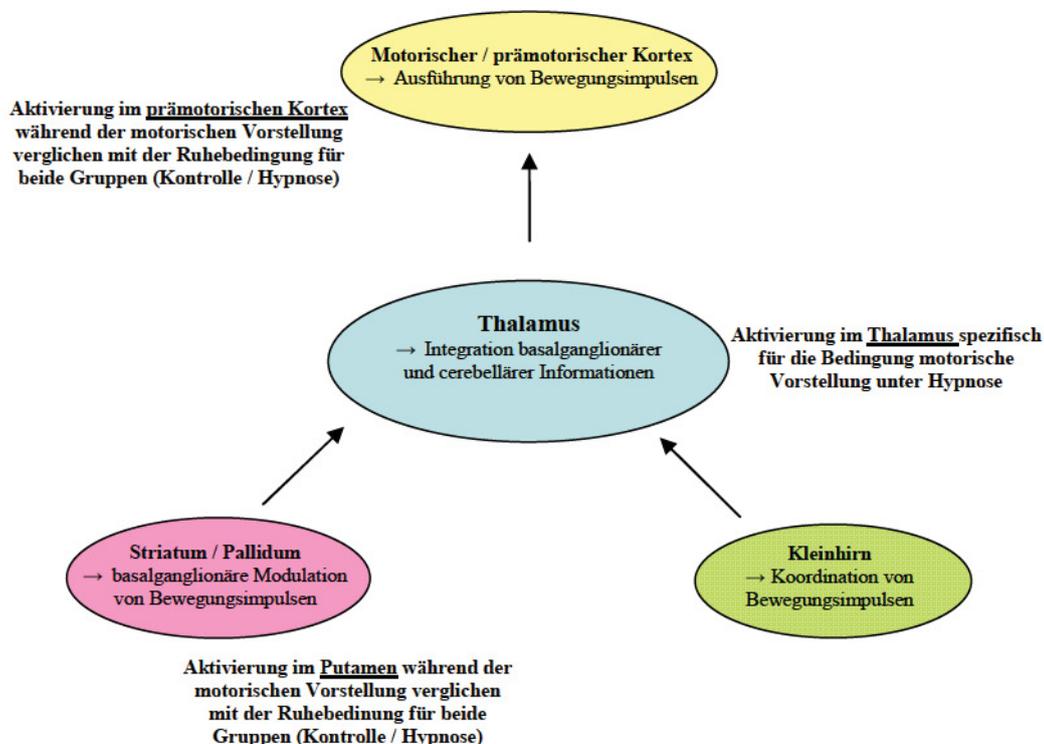


Abbildung modifiziert nach M. Trepel, Neuroanatomie, S. 173

In dem nachfolgenden Abschnitt werden die Ergebnisse unserer fMRT-Messungen diskutiert, wobei sich die Struktur der Diskussion an der Gliederung, die bereits im Methoden- und Ergebnisteil besteht, orientiert.

5.1 Haupteffekt der Hypnose

In der Gruppe, die Fingerbewegungen und motorische Vorstellung unter Hypnose ausgeführt hat, zeigen sich Aktivierungen im anterioren cingulären Kortex, im superioren frontalen Kortex und spezifisch für den Effekt der motorischen Vorstellung unter Hypnose im Thalamus.

Diese Ergebnisse unterstützen die Annahme, dass während der Vorstellung einer motorischen Aufgabe Hirnareale aktiv sind, die eine Vermittlerfunktion zwischen der Bewegungsvorstellung, motorischer Planung und Durchführung einnehmen.

Eine Veränderung des zerebralen Blutflusses unter Hypnose konnten wir in frontalen Hirnregionen nachweisen. Unsere Ergebnisse bestätigen die Resultate vorangegangener Studien (Sabourin et al., 1990, Lutz et al., 2004, Egner et al., 2005), die von einer vermehrten Nutzbarmachung frontaler Anteile im Sinne einer erhöhten Aufmerksamkeitsleistung ausgehen (z.B. Egner et al., 2005). Halsband verwies in diesem Zusammenhang in ihren Studien auf eine verbesserte mentale Vorstellung und somit auf eine erhöhte Effektivität von Lernprozessen (Halsband 2004, 2006). Aktivierungen im Frontallappen wurden in anderen Studien (Erickson 1939, 1995, Spiegel und Vermetten, 1994) im Sinne einer Unterdrückung frontaler Systeme interpretiert, wobei die verminderte Aktivität in frontalen Zentren zur Ausblendung störender Faktoren wie Schmerz oder Lärm führen kann.

Eine weitere interessante Aktivierung zeigte sich im anterioren cingulären Kortex (ACC) und konnte in Übereinstimmung mit anderen Studien als hypnosenspezifischer Effekt nachgewiesen werden (Maquet et al., 1999, Rainville et al., 2002, Halsband, 2004, 2006). Der ACC als Teil des präfrontalen Kortex spielt eine Schlüsselrolle bei der Steuerung sensomotorischer, kognitiver und emotionaler Prozesse beim Menschen. So ist er beispielsweise in Prozesse der Aufmerksamkeitslenkung, der Handlungsselektionen und generell in exekutive Funktionen eingebunden (Maquet et al., 1999). Auch bei der Bewusstseinskontrolle und Selbstregulation scheint der ACC eine übergeordnete Rolle zu spielen (Rainville et al., 2002). Ein weiteres Indiz für die

verbesserte Aufmerksamkeitslenkung bzw. -leistung lieferten Untersuchungen von Lernprozessen unter Hypnose (Halsband, 2004, 2006). Hierbei zeigte sich ebenfalls ein erhöhter rCBF in präfrontalen Hirnregionen, insbesondere im ACC. Die hypnotische Trance erleichterte hierbei womöglich die bildliche Vorstellung des Erlernten. In neuropsychologischen Aufmerksamkeitstest konnte anhand einer Stroop Aufgabe ebenfalls eine Aktivierung in im ACC nachgewiesen werden (Ravnkilde et al., 2002). Darüber hinaus fanden sich ähnliche Ergebnisse in Untersuchungen zur Schmerzverarbeitung unter Hypnose, in denen es zu einer deutlichen Schmerzreduktion unter hypnotischer Trance kam (Faymonville et al., 2006). Eine erhöhte Aktivierung im mittleren ACC wurde hier als wichtiger Bestandteil in der Verarbeitung von sensorischen und affektiven Bestandteilen des Schmerzreizes interpretiert.

Des Weiteren wurden in einigen Hypnosestudien Aktivierungen in occipitalen Rindengebieten (Rainville et al., 1999, Maquet et al., 1999, Halsband, 2004, 2006) und im Gyrus fusiformis (Kosslyn et al. 2000) beschrieben. Vermehrte neuronale Aktivität in sensorischen Hirnzentren sprach dabei möglicherweise für eine erhöhte visuelle Vorstellung unter Hypnose.

Über eine hypnosespezifische Aktivierung im Thalamus konnten bereits Rainville et al. (2002) berichten, während sie Probanden unter Hypnose auf ihre mentale Relaxations-, und Absorptionsfähigkeit untersuchten. Eine Aktivierung im Thalamus zeigte sich in unserer Studie vor allem während der motorischen Vorstellungsaufgaben unter Hypnose. Es handelte sich also hierbei um einen vorstellungsspezifischen Effekt der Hypnose, der im folgenden Abschnitt (5.2) vor dem Hintergrund bisheriger Studien im Detail diskutiert werden soll.

Zusammenfassend deuteten auch diese Ergebnisse auf eine vermehrte Nutzbarmachung aufmerksamkeitspezifischer Hirnregionen unter Hypnose hin.

5.2 Spezifische Effekte unter Hypnose

Spezifisch für die Bedingung motorische Vorstellung unter Hypnose konnte eine signifikante Aktivierung im Bereich des Thalamus nachgewiesen werden.

In der Literatur finden sich wenige Studien, die sich mit den spezifischen Effekten unter Hypnose beschäftigten. Wie schon erwähnt untersuchten Rainville et al. (2002) Probanden auf ihre mentale Relaxations-, und Absorptionsfähigkeit unter Hypnose und

wiesen im Rahmen dieser Studie Aktivierungen im Thalamus nach. Unsere Ergebnisse zeigten eine signifikante Änderung des BOLD-Signals spezifisch für die Bedingung motorische Vorstellung unter Hypnose im Bereich des Thalamus. Der Thalamus ist der zentrale Bestandteil des Diencephalons und stellt eine komplexe Struktur aus unterschiedlichen Kerngebieten dar. In seiner Funktion spielt er unter anderem eine zentrale Rolle in der Integration basalganglionärer und cerebellärer Informationen, denn aus den Basalganglien (Striatum/Pallidum) kommende Bewegungsimpulse werden im Thalamus moduliert und an prämotorische und motorische Kortextareale weitergeleitet (Abb.8). Des Weiteren ziehen afferente und efferente Bahnen der einzelnen Kerngruppen zu spezifischen Kortextarealen. Die unterschiedlichen Impulse werden im Thalamus gefiltert und gelangen in die höheren Zentren wie zum Beispiel zum somatosensiblen Kortex, ins limbische System (Gedächtnisbildung) und zur Hör-, und Sehrinde. Im Gesamten betrachtet gilt der Thalamus als Filter zwischen ankommenden Reizen und der Weiterleitung an den Kortex. Hierdurch gelingt eine verbesserte Aufmerksamkeit auf die zuvor selektierten Reize (Trepel M., 2004). Die hier vorgelegten Ergebnisse belegen weiterhin den Einfluss der Basalganglien, die sich als spezifische Aktivierung im Bereich des Ncl. (Nucleus) lentiformis in der Bedingung der motorischen Vorstellung (gegen Ruhe für beide Gruppen) zeigten. Unsere Ergebnisse deuteten also auf eine erhöhte neuronale Aktivität in dem komplexen Schaltssystem zwischen Basalganglien und Thalamus hin. Auch andere Studien wiesen den Einfluss anderer subkortikaler Strukturen auf das motorische System während der motorischen Vorstellung nach (Lacourse et al., 2005). In Hinblick auf die hier vorgestellten Ergebnisse scheint es nahe liegend, dass der Thalamus als „Tor zum Bewusstsein“ unter Hypnose vermehrt für motorische Lernvorgänge rekrutiert wird. Die zusätzliche Aktivierung im Thalamus während der Hypnose kann in diesem Zusammenhang als maßgebliche Modulation während der Bewegungsvorstellung interpretiert werden.

Interessanterweise zeigten Portas et al. (1991) an Probanden, die sich in einem Zustand niedriger Erregung befanden (hypnoseähnlicher Zustand), dass die thalamische Aktivität im Vergleich zu Erregungszuständen höher war. Bezogen auf dieses Ergebnis konnte die Aktivierung des Thalamus als ein Zustand der konzentrierten Aufmerksamkeit bei geringer Erregung interpretiert werden. Des Weiteren berichteten die teilnehmenden Probanden in niedrigen Erregungszuständen über das Gefühl einer erhöhten mentalen Leistungsfähigkeit (Portas et al.1991). Im Gegensatz zu unseren

Ergebnissen stehen die Ergebnisse aus einer Studie von Cojan et al. (2009). Sie wiesen bezogen auf eine hypnotisch induzierte Lähmung zum einen Aktivierungen im motorischen Kortex und zum anderen Aktivierungen im Precuneus nach. Dieses Hirnareal im Parietallappen spielt eine wichtige Rolle im Hinblick auf die Vorstellungsfähigkeit und Gedächtnisleistung (Cavanna et al. 2006) und könnte ebenso wie die thalamische Aktivierung als hypnosenspezifischer Effekt für motorische Vorstellung interpretiert werden.

Zusammenfassend stellte sich die zusätzliche Aktivierung im Thalamus während der motorischen Vorstellung unter Hypnose als funktionelle Schnittstelle zwischen aufmerksamkeitsspezifischen Hirnarealen und der motorischen Modulation während der Bewegungsvorstellung dar.

5.3 Haupteffekt der motorischen Vorstellung

Spezifisch während der motorischen Vorstellung im Vergleich mit der Ruhebedingung zeigten sich zerebrale Aktivierungen im präzentralen Gyrus, in linksseitigen medial frontalen Arealen und inferior parietalen Bezirken sowie linksseitig in Teilen der Basalganglien (Nukleus lentiformis).

In Übereinstimmung mit Studien, die sich mit dem Phänomen der motorischen Vorstellung beschäftigen, fanden wir Aktivierungen im präzentralen Gyrus. Hierbei konnte gezeigt werden, dass die reine Vorstellung einer motorischen Aufgabe zur Aktivierung des präzentralen Gyrus führte (Takashi et al., 2002, Decety et al., 1997, Guillot et al., 2008). Der präzentrale Gyrus (BA 4) wird auch als primär motorische Rinde oder kurz als Motokortex bezeichnet und spielt eine entscheidende Rolle bei der Steuerung der Willkürmotorik.

Der daran rostral angrenzende prämotorische Kortex entspricht den Arealen 6 und Anteilen der Area 8 und steht in enger funktioneller Verbindung mit dem Motokortex (präzentraler Gyrus). Der prämotorische Kortex projiziert seine Fasern zu den Basalganglien, zum Kleinhirn und zu anderen kortikalen Arealen und ist somit an der Modulation komplexer Bewegungsabläufe beteiligt (Trepel, 2004).

In unserer Studie konnten wir eine Veränderung des BOLD-Signals im Bereich des prämotorischen Kortex nachweisen. Unsere Ergebnisse stimmen mit denen aus anderen Studien überein, die ebenfalls neuronale Veränderungen im Bereich des prämotorischen

Kortex während einer vorgestellten (Hand-)Bewegung nachweisen konnten (Decety et al., 1994, Stephan et al., 1995, Geradin et al., 2000). Interessanterweise gelang es Guillot (2008), zwischen Menschen zu differenzieren, die in der motorischen Vorstellung geübt bzw. ungeübt waren. Nur bei Probanden mit einem hohen Vorstellungsscore ließen sich signifikante Aktivierungen in der prämotorischen Region nachweisen.

Die SMA als Teil motorischer Kortexareale spielt eine wichtige Rolle beim Erlernen von Handlungsabläufen sowie bei der Vorbereitung von Bewegungsmustern (Stephan et al. 1995) und entspricht den Brodmann-Arealen 6. Die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie zeigen in diesem Bereich eine signifikante Veränderung im rCBF und stimmen mit Ergebnissen aus anderen Studien, die den Einfluss einer vorgestellten Bewegung auf dieses Hirnareal untersuchten, überein. In diesem Zusammenhang konnten erhöhte Aktivierungen im rostralen Teil des SMA bei der vorgestellten Bewegung im Gegensatz zu der ausgeführten Bewegung nachgewiesen werden (Geradin et al., 2000, Lotze et al., 1999). In anderen Studien konnte eine Beteiligung der SMA in Hinblick auf das Einfühlungsvermögen nachgewiesen werden. Fan et al. fanden in Untersuchungen zur Empathie heraus, dass unterschiedliche Anteile des SMA und der Inselrinde eine zentrale Rolle bei der Entstehung von Empathie spielen. Hierbei wurden kognitivwertende Formen und gefühlsbedingt-wahrnehmende Formen der Empathie unterschieden (Fan et al., 2011).

Die signifikanten neuronalen Veränderungen im Bereich des inferioren frontalen Gyri, des inferioren parietalen Lappens und der präzentralen Anteile sprechen für eine starke Beteiligung des Spiegelneuronensystems im Zusammenhang mit motorischer Vorstellung. Das Spiegelneuronensystem spielt eine Rolle bei der Planung und Ausführung von Bewegungen, wie auch bei der passiven Beobachtung derselben Bewegung (Rizzolatti et al., 2004). In einer fMRT-Studie, in der sich die Probanden eine rechtshändige Fingerbewegung vorstellten, konnten Binkofski et al. (2000) inferiore frontale Aktivierungen (BA 44) nachweisen.

Der Ncl. lentiformis ist Teil der Basalganglien und setzt sich aus den Strukturen Putamen und Pallidum zusammen. Sie bilden zusammen mit dem Ncl. caudatus, dem Ncl. subthalamicus und der Substantia nigra eine funktionell zusammengehörige Kerngruppe, die dem motorischen System zugeordnet ist und eine zentrale Rolle bei der Bewegungsplanung und bei der Regulation von Motorik spielt (Trepel, 2004). Unterstützt wird unser Ergebnis der signifikanten Aktivierung des Ncl. lentiformis

während der motorischen Vorstellung von vorangegangenen Studien, die ebenfalls von einer Aktivierung des Putamen während der motorischen Vorstellung einer Bewegung berichteten (Lacourse et al., 2005, Takashi et al., 2002). In Studien, die Patienten mit einer Läsion im Bereich des Putamen untersuchten, zeigten sich Defizite in der Bewegungsvorstellung (Li et al., 2000).

Über die Ergebnisse der bildgebenden Studien hinaus konnte der Einfluss der motorischen Vorstellung auch in Studien gezeigt werden, die sich beispielsweise am Trainingserfolg (Mulder et al., 2004) bzw. am Muskelzuwachs einer bestimmten Muskelgruppe (Reiser et al., 2005) orientierten. Die Ergebnisse dieser Studien ließen den Schluss zu, dass mentales Training trotz des Fehlens isometrischer oder isotonischer Muskelkontraktionen auf kortikaler Ebene zur Aktivierung des Motokortex und dessen angrenzender Strukturen (prämotorischer Kortex / SMA) führt.

Zusammenfassend zeigt der Vergleich zwischen der Ruhebedingung mit der Vorstellungsbedingung für beide Gruppen, dass auch bei rein mentalen Leistungen motorische Hirnareale wie der Motokortex, die SMA und das Spiegelneuronensystem rekrutiert werden.

5.4 Spezifische Effekte der motorischen Vorstellung

Beim Vergleich zwischen der Ausführung der sequentiellen Fingerbewegung (Bewegung) mit der Vorstellung dieser Aufgabe (motorische Vorstellung) konnten linkshemisphärisch Areale im mittleren frontalen Gyrus sowie im parietalen Precuneus) und im cingulären Kortex identifiziert werden.

Unsere Ergebnisse zeigten eine signifikante Änderung des BOLD-Signals in frontalen und parietalen Arealen sowie im cingulären Kortex spezifisch für die Bedingung der motorischen Vorstellung im Vergleich zur Motorik.

Die zusätzliche neuronale Aktivierung im Parietallappen während der motorischen Vorstellung im Vergleich zur Ausführung der Aufgabe konnte als eine erhöhte Aktivität im Spiegelneuronensystems (z.B. Sharma et al, 2006, Binkofski et al., 2000, Rizzolatti et al., 1998) interpretiert werden. Bereits im Vergleich der Bedingung der motorischen Vorstellung mit der Ruhebedingung (siehe Abschnitt 5.3) zeigte sich eine erhöhte Aktivität in diesem Bereich. Auch anderen Wissenschaftlern gelang der Nachweis dieser neuronalen Veränderungen im Parietallappen, während sich die Probanden

unterschiedliche Fingerbewegungen vorstellten (Takashi et al., 2002, Guillot et al., 2008).

Interessanterweise zeigten sich auch signifikante Veränderungen im Bereich des Precuneus (Takashi et al., 2002). Der Precuneus, der funktionell zum Parietallappen zählt, zeigte in unserer Studie erhöhte Aktivierung während der Vorstellung der motorischen Aufgabe. Im Gegensatz dazu war er während der Ausführung der motorischen Aufgabe nicht (signifikant) aktiviert. In diesem Sinne wird dem Precuneus eine tragende Rolle bei integrierenden Aufgaben wie z.B. dem visuell-räumlichen Vorstellungsvermögen zugesprochen. Zu ähnlichen Erkenntnissen gelangten auch Fletcher et al. (1995), die in einer PET-Studie ebenfalls signifikante Aktivierungen im Precuneus während einer Gedächtnisaufgabe nachweisen konnten. Die Probanden mussten gut vorstellbare (z.B. Auto/LKW) und schlecht vorstellbare Wortpaare (z.B. kommen/gehen) erlernen und sie dann in einem „cued recall“ wieder abzurufen. Eine Beteiligung des Precuneus zeigte sich nur bei den Wortpaaren, die sich die Teilnehmer gut vorstellen konnten. Der Precuneus scheint somit eine zentrale Rolle bei der bildhaften Vorstellung zu spielen. Darüber hinaus werden ihm höhere kognitive Funktionen sowie eine Beteiligung am Selbstbewusstsein zugeschrieben (Cavanna et al., 2006).

Erhöhte neuronale Aktivität im anterioren cingulären Kortex konnte bereits für die Bedingung der Hypnose gegen Ruhe für beide Gruppen (Kontrolle und Hypnose) nachgewiesen werden und wurde im Sinne einer verbesserten Steuerung sensomotorischer, kognitiver und emotionaler Prozesse diskutiert (Abschnitt 5.1). Die hier nachgewiesene Aktivierung befindet sich im posterioren Bereich des Gyrus cinguli (BA 31), der funktionell zum limbischen System gezählt wird. Durch Verbindungen zu anderen Anteilen des limbischen Systems (z.B. Hippocampus, Amygdala), zum Striatum und zum Assoziationskortex nimmt er Einfluss auf den psychomotorischen und lokomotorischen Antrieb. Auch im Zusammenhang mit Dyslexie-Patienten konnte eine Aktivierung im PCC (posteriorer cingulärer Cortex) nachgewiesen werden. Dieses Ergebnis wurde im Sinne einer erhöhten Aufmerksamkeitsleistung interpretiert (Stoitsis et al., 2008). Im Gegensatz dazu stehen Ergebnisse aus einer Studie von Guillot et al. (2002), die während der Vorstellung einer sequentiellen Fingerbewegungsaufgabe bei ungeübten Probanden erhöhte neuronale Aktivität im PCC nachwies. In einer fMRT-Studie zur Selbstreflektion konnten Johnson et al. (2002) erhöhte Aktivität bei allen Probanden im präfrontalen Kortex und im PCC nachweisen. In diesem Zusammenhang

spielten diese Areale offensichtlich eine übergeordnete Rolle in Bezug auf das eigene Bewusstsein. Auch die erhöhte neuronale Aktivität in frontalen Hirnabschnitten konnte als eine erhöhte Aufmerksamkeitsleistung während der Bewegungsvorstellung interpretiert werden. Diese Aktivierungen wurden bereits in Abschnitt 5.1 ausführlich diskutiert.

Zusammenfassend zeigte sich im Vergleich zwischen der Ausführung einer motorischen Aufgabe und der mentalen Vorstellung derselben für beide Gruppen eine erhöhte Aktivität in Hirnarealen, die an der Konzentration auf eine Aufgabe sowie an der Aufmerksamkeitslenkung beteiligt sind.

6. Ausblick

In dieser fMRT-Studie wurde nachgewiesen, dass unter der Hypnosebedingung vorwiegend Hirnstrukturen aktiviert waren, die im Zusammenhang mit erhöhter Aufmerksamkeitsleistung und erhöhter Konzentrationsfähigkeit stehen und auf ein verbessertes „inneres Bild“ hindeuteten. Eine verbesserte Aufmerksamkeitsleistung konnte auch im Vergleich zwischen der Ausführung und Vorstellung einer Bewegung gezeigt werden. Von besonderer Bedeutung war der Nachweis erhöhter neuronaler Aktivität im Thalamus, der sich als spezifisch für die motorische Vorstellung unter Hypnose erwies. Ihm dürfte eine übergeordnete Funktion bezogen auf die Integration motorischer Kortexareale und deren funktional zugehörige Strukturen (Basalganglien) mit aufmerksamkeitsspezifischen Hirnregionen (frontaler Kortex, ACC) zugeschrieben werden. Möglicherweise ist der Thalamus somit die zentrale Schaltstelle, die den Zugang zur motorischen Vorstellung erleichtert.

Die Ergebnisse dieser MRT-Studie zeigen viele Übereinstimmungen mit Studien, die sich sowohl mit der motorischen Vorstellung als auch mit der Hypnose an sich beschäftigen. Die hier vorgestellten Ergebnisse unterstützen die Annahme, dass hypnotische Trance den Zugang zur motorischen Vorstellung erleichtert. In Hinblick darauf wäre es sinnvoll, weitere Untersuchungen durchzuführen, die den Einfluss von Hypnose auf motorische Leistungen beleuchten. Ausschlaggebend wäre in diesem Zusammenhang, ob eine Übertragung der Ergebnisse auf eine andere Personengruppe gelingen würde. Ist eine Übertragung in ein klinisches Setting möglich? Sind Patienten,

die einen Schlaganfall oder ein Schädel-Hirntrauma erlitten haben und Defizite sowohl in ihrer motorischen Leistung als auch in ihrem Vorstellungsvermögen aufweisen, in der Lage, sich in hypnotische Trance zu versetzen? Und wenn ja, können die hypnotische Trance und damit die verbesserte motorische Vorstellungskraft tatsächlich zu einer Verbesserung der motorischen Leistung, z.B. des plegischen Armes führen?

Die Beantwortung dieser Fragen und die Weiterführung von Studien zu diesem Thema stellen die Grundlage zur Anerkennung der klinischen Hypnose als Therapiestrategie für Patienten mit Defiziten in ihrem motorischen Vorstellungsvermögen dar.

Literaturverzeichnis

Binkofski, F., Amunts, K., Stephan K. M., Posse, S., Schormann, T., Zilles, K., Freund, H.J., Seitz, R.J. (2000). Broca's area subserves imagery of motion: a combined cytoarchitectonic and MRI study. *Hum Brain Mapp*, 1, 273-285.

bjlghs, Usedom – im April fahren – in Ruhe genießen, reisen.ciao.de/Usedom__Test_2894484, (zuletzt zugegriffen am 27.06.2015).

Bongartz W. (1985). German Norms for the Harvard Group Scale of Hypnotic susceptibility, Form A, erschienen in: *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 33(2), 131-139.

Bongartz W. (2000). Deutsche Normen für die Stanford Hypnotic Susceptibility Scale: Form C (SHSS: C), erschienen in *Experimentelle und klinische Hypnose*, 16 (2), 123-133.

Bütefisch, C. M., Hummelsheim, H., Denzler, P. & Mauritz, K. H. (1995). Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand. *J Neurol Sci*, 130, 59-68.

Carli, G., Cavallaro, F.I., Rendo C.A., Santarcangelo E.L.(2007). Imagery of different sensory modalities: hypnotizability and body sway. *Exp Brain Res*. 179:147–154.

Carr L., Iacoboni M., Dubeau M.C., Mazziotta J.C., Lenzi G.L. (2003). Neural mechanisms of empathy in humans: a relay from neural systems for imitation to limbic areas. *Proc Natl Acad Sci,USA* 100:5497–5502.

Cavanna, A., Trimble, R. (2006). The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. *Brain*, 129, 564–583.

Cojan, Y., Waber, L., Schwartz, S., Rossier, L., Forster, A., Vuilleumier, P. (2009). The Brain under Self-Control: Modulation of Inhibitory and Monitoring Cortical networks during Hypnotic Paralysis. *Neuron*, 62, 862-875.

Crawford H.J. (1989). Cognitive and physiological flexibility: multiple pathway to hypnotic responsiveness. In: Georghui, V.A.; Netter, P.; Eysenek, H.J.; Rosenthal, R. (Eds.) Suggestion and suggestibility: theorie and research. Berlin, Heidelberg: Springer (155-168).

Decety J., Perani D., Jeannerod M., Bettinardi V., Tadary B., Woods R., Mazziotta J.C., Fazio, F. (1994). Mapping motor representations with positron emission tomography. *Nature*. 371(6498):600-602.

Decety, J., Jeannerod, M. (1995). Mentally simulated movements in virtual reality: does Fitt's law hold in motor imagery? *Behav Brain Rev*. 14;72 (1-2): 127-34.

Decety, J., Grezes, J., & Costes, N. (1997). Brain activity during observation of actions. Influence of action content and subject's strategy. *Brain*, 120, 1763-1777.

Di Pellegrino G., Fadiga L., Fogassi L., Gallese V., Rizzolatti G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Exp Brain Res*. 91:176-80.

Duden – das große Fremdwörterbuch (2007). Kraif, U. (Red.) Mannheim: Dudenredaktion (Hrsg.), 6. Auflage, S. 782.

Durbach D., Benarroch E.E., Mateen F.J. (2007). Imagination: its definition, purposes and neurobiology. *Nature Reviews of Neuroscience*, 45(6):353-8.

Egner, T., Jamieson, G., Gruzelier, J. (2005). Hypnosis decouples cognitive control from conflict monitoring processes of the frontal lobe. *Neuroimage* 27, 969-978.

Erickson, M.H. (1939/1995). Eine hypnotische Technik für Patienten mit Widerstand: Der Patient, die Technik, die Grundlagen und Feldexperimente. In: Rossi, E.L. (Hrsg.): *Gesammelte Schriften von Milton H. Erickson* (Band 1, Kap. 13, 416-461). Carl Auer, Heidelberg.

Fan Y., Duncan N.W., de Greck M., Northoff G. (2011). Is there a core neural network in empathy? An fMRI based quantitative meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*, 35(3), 903-911.

Farah M.J. (1995). Current issues in the neuropsychology of image generation. *Neuropsychologia*, Vol 33, No. 11, pp. 1455-1471.

- Faymonville ME., Laureys S., Degueldre C., DelFiore G., Luxen A., Franck G., Lamy M., Maquet P. (2000). Neural mechanisms of antinociceptive effects of hypnosis. *Anesthesiology*, 92(5):1257-67.
- Faymonville M., Boldy M., Laureys S. (2006). Functional neuroanatomy of the hypnotic state. *J Physiol Paris*. 99: 463-9.
- Ferrari PF., Gallese V., Rizzolatti G., Fogassi L. (2003). Mirror neurons responding to the observation of ingestive and communicative mouth actions in the monkey ventral premotor cortex. *Eur J Neurosci*, 17:1703–14.
- Fletcher PC., Frith CD., Baker SC., Shallice T., Frackowiak RS., Dolan RJ. (1995). The mind's eye-precuneus activation in memory-related imagery. *Neuroimage*. 2(3):195-200.
- Gallese V., Fadiga L., Fogassi L., Rizzolatti G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain* 119:593–609.
- Gastaut HJ., Bert J. (1954). EEG changes during cinematographic presentation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 6:433–44.
- Gemignani A., Tosetti M., Montanaro D., Biagi L., Ghelarducci B., Guazzelli M., Santarcangelo EL. (2004). Sensory-motor cortex activity modulation by hypnotic susceptibility and hypnosis during finger movement. *Arch Ital Biol*.142(2):77-85.
- Gerardin, E., Sirigu, A., Lehericy, S., Poline, J-P., Gaymard B., Marsault, C., Agid, Y., Le Bihan, D. (2000). Partially overlapping neural networks for real and imagined hand movements. *Cerebral Cortex*, 10:1093-1104; 1047-3211.
- Guillot, A., Collet, C., Nguyen, V.A., Malouin, F., Richards, C., Doyon, J. (2008). Functional neuroanatomical networks associated with expertise in motor imagery ability. *NeuroImage*, 41: 1471-1483.
- Halsband U. (2004). Mechanismus des Lernens in Trance: Funktionelle Bildgebung und Neuropsychologie. *HyKog*; 21(1-2):11-38.
- Halsband U. (2006). Learning in trance: functional brain imaging studies and neuropsychology. *Journal of Physiology, Paris*; 99(4-6): 470-82.

- Halsband, U. (2009). Hypnose und Meditation. In: G. Schiepek, Neurobiologie der Psychotherapie, 2. Auflage, Schattauer Verlag, 1-29
- Iacoboni M., Molnar-Szakacs I., Gallese V., Buccino G., Mazziotta JC., Rizzolatti G. (2005). Grasping the Intentions of Others with One's Own Mirror Neuron System. *Plos Biology*, 3, 529–535.
- Isaac, A.R., Marks, D.F., Russell, D.G. (1986). An instrument for assessing imagery of movement: the vividness of movement imagery questionnaire. *Journal of Mental Imagery*, 10, 23-30.
- Jellema T., Baker CI., Wicker B., Perrett DI. (2000). Neural representation for the perception of the intentionality of actions. *Brain Cogn* 442, 280–302.
- Johnson SC., Baxter LC., Wilder LS., Pipe JG., Heiserman JE., Prigatano GP. (2002). Neural correlates of self-reflection. *Brain*, 125, 1808-14.
- Konradt, B. Deeb, S. & Scholz, O.B. (2005). Motor Imagery in Hypnosis: Accuracy and Duration of Motor Imagery in Waking and Hypnotic State. *Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 53 (2), 148-169.
- Kossak, H.-C. (2004). Hypnose, Lehrbuch für Therapeuten und Ärzte. Beltz Verlag, Weinheim, 4. Auflage, 72-73.
- Kosslyn SM., Thompson WL., Costantini-Ferrando MF., Alpert NM., Spiegel D. (2000). Hypnotic visual illusion alters color processing in the brain. *American Journal of Psychiatry*, 157(8):1279-84.
- Larbig, W. (1988). Transkulturelle und laborexperimentelle Untersuchung zur zentralnervösen Schmerzverarbeitung: Empirische Befunde und klinische Konsequenzen. In Miltner, W., Larbig, W., Brengelmann, J.C. (Hrsg.), *Therapieforschung for die Praxis 8. Psychologische Schmerzbehandlung*, 1-18, München. Röttger Verlag.
- Lacourse, M.G., Orr, E.L.R., Cramer, S.C. and Cohen, M.J. (2005). Brain activation during execution and motor imagery of novel and skilled sequential hand movements. *NeuroImage*, 27: 505 – 519.

Lancaster JL., Woldorff MG., Parsons LM., Liotti M., Freitas CS., Rainey L., Kochunov PV., Nickerson D., Mikiten SA., Fox PT. (2000). Automated Talairach atlas labels for functional brain mapping. Research Imaging Center, University of Texas Health Science Center at San Antonio, 782-84, USA.

Lehèricy S., Ducros M., Van de Moortele P-F., Francois C., Thivard L., Poupon C., Swindal N., Ugurbil K., Kim, D-S. (2004). Diffusion tensor fiber tracking shows distinct corticostriatal circuits in humans. Center for Magnetic Resonance Research, University of Minnesota Medical School, Minneapolis, MN, USA. *Ann Neurol* 55, 522-9.

Li, C.S., Padoa-Schioppa, C., Bizzi, E. (2002). Neuronal correlates of motor performance and motor learning in the primary motor cortex of monkeys adapting to an external force field. *Neuron* 30: 593–607.

Lotze M., Montoya P., Erb M., Hülsmann E., Flor H., Klose U., Birbaumer N., Grodd W. (1999). Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: an fMRI study. *J Cogn Neurosci*, 11(5), 491-501.

Lutz A., Greischar LL., Rawlings NB., Ricard M, Davidson RJ. (2004). Long-term mediators self-induce high gamma synchrony during mental practice. *Proceedings of the national academy of sciences*, 101(46), 16369-16373.

Maquet P., Faymonville M.E., Degueldre C., Delfiore G., Franck G., Luxen A., Lamy M. (1999). Functional neuroanatomy of hypnotic state. *Biological Psychiatry*, 45(3): 327-33.

Marks DF., Isaac AR. (1995). Topographical distribution of EEG activity accompanying visual and motor imagery in vivid and non-vivid imagers. *Br J Psychol* PT 2, 271-82.

Maxwell, J. P., Masters, R.S. & Eves, F. F. (2000). From novice to no know-how: a longitudinal study of implicit motor learning. *J Sports Sci*, 18(2), 111-120.

Mezan IP., Atanasson A. (1964). The EEG in hypnosis. *Electroencephalography Clin Neurophysiol*, 17, 709.

- Miltner, W., Larbig, W. (1993). Hirnelektrische Grundlagen der Hypnose. In D. Revensdorf (Hrsg.) *Klinische Hypnose*, 105-121. Berlin. Springer Verlag.
- Milton H. Erickson Gesellschaft für Klinische Hypnose e.V. Milton H. Erickson, <http://www.meg-hypnose.de/ueber-uns/milton-h-erickson.html> (zuletzt zugegriffen am 25.05.2015).
- Müller, K., Bütefisch, C.M., Seitz, R.J., Hömberg, V. (2007). Mental practice improves hand function after hemiparetic stroke. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 25, 501-511.
- Mulder T., Zijlstra S., Zijlstra W., Hostenbach J. (2004) The role of motor imagery in learning a totally novel movement. *Exp Brain Res*, 154, 211-217.
- Ogawa, S., Lee, T.M., Kay, A.R., Tank, D.W. (1990). Brain magnetic resonance imaging with contrast depend on blood oxygenation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 87, 9868-9872.
- Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, Vol. 9, 97-113.
- Page, S. J., Levine, P., Sisto, S.A. & Johnston, M.W. (2001). A randomized efficiency and feasibility study of imagery in acute stroke. *Clin Rehabil*, 15, 233-240.
- Pascual-Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L.G., Brasil, J.P. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *Journal of Neurophysiology*, 74, 1037-1045.
- Portas, C.M., Rees, G., Howseman, A.M., Josephs, O., Turner, R., Frith, C.D. (1991). A Specific Role for the Thalamus in Mediating the Interaction of Attention and Arousal in Humans. *The Journal of Neuroscience*, 11(21), 8979–8989.
- Perrett D.I., Mistlin A.J., Harries M.H., Chitty A.J. (1990). Understanding the visual appearance and consequence of hand actions. In *Vision and Action: The Control of Grasping*, M. Goodale, Stanford, 163-180.

- Rainville P., Hofbauer RK., Paus T., Duncan GH., Bushnell MC., Price DD. (1999). Cerebral mechanisms of hypnotic induction and suggestion. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(1),110-25.
- Rainville P., Hofbauer RK., Bushnell MC., Duncan GH., Price DD. (2002) Hypnosis modulates activity in brain structures involved in regulation of consciousness. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(6), 887-901.
- Ravnkilde B., Videbech P., Rosenberg R., Gjedde A., Gade A. (2002). Putative tests of frontal lobe function: a PET- study of brain activation during Stroops tests und verbal fluency. *J Clin Exp Neuropsychiol.* 24, 534-47.
- Raz, A., Shapiro, T., Fan, J. & Posner, MI. (2002). Hypnotic Suggestion and the Modulation of Stroop Interference. *Arch Gen Psychiatry*, 59, 1155-1161.
- Raz, A., Fan, J., Posner, MI. (2006). Neuroimaging and genetic associations of attentional and hypnotic processes. *Journal of Physiology-Paris*, 99, 4-6, 484.
- Reiser M. (2005). Kraftgewinne durch Vorstellung maximaler Muskelkontraktion, *Zeitschrift für Sportphysiologie*, 12 (1), 11-21.
- Reiser M., Büsch D., Munzert J. (2011). Strength gains by motor imagery with different ratios of physical to mental practice. *Frontiers in Psychologie*, Volume 2, 194, S. 1-8.
- Revenstorf, D. (2003). Expertise zur Beurteilung der wissenschaftlichen Evidenz des Psychotherapieverfahrens: Hypnotherapie, 8, 14-16.
- Richardson, A. (1967). Mental practice: a review and discussion. II. *Res Q*, 38(2), 263-273.
- Riegel B. (2010). Einführung in die Hypnotherapie, Wissenschaftliche Fundierung und praktische Anwendung, Skript, S. 38.
- Rizzolatti G. (2005). The mirror neuron system and its function in humans. *Anat Embryol*, 210, 419-421.

- Rizzolatti, G., Luppino, G., Matelli, M. (1998). The organization of the cortical motor system: new concepts. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 106, 283-296.
- Rizzolatti G., Craighero L. (2004) The Mirror- Neuron System. *Annu. Rev. Neuroscience* 27, 169-92.
- Rizzolatti G., Fadiga L., Fogassi L., Gallese V. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cogn. Brain Res.* 3, 131–41.
- Roelofs K., Hoogduin, K. A. L., Keijser, K. P. J. (2002). Motor imagery during arm paralysis in high and low hypnotizable subjects. *The International journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, Vol. 50, No.1, 51-66.
- Sabourin, MF., Cutcomb, SD., Crawford, HJ., Pribram, K. (1990). EEG correlates of hypnotic susceptibility and hypnotic trance: spectral analysis and coherence. *Int J Psychophysiol*, 10(2),125-42.
- Scholz, O.B. (2002). *Freiberger Imaginations-, Relaxations- und Suggestibilitätstest, FIRST*, Eschborn: Klotz.
- Seitz, R. J., Canavan, A. G., Yaguez, L., Herzog, H., Tellmann, L., Knorr, U., Huang, Y., Hömberg, V. (1997). Representations of graphomotor trajectories in the human parietal cortex: evidence for controlled processing and automatic performance. *Eur J Neurosci*, 9(2), 378-389.
- Sharma, N., Pomeroy, V.M. & Baron, J. C. (2006). Motor imagery: a backdoor to the motor system after stroke. *Stroke*, 37(7), 1941-1952.
- Solodkin, A., Hlustik, A., Chen, E. E. & Small, S.L. (2004). Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cereb Cortex*, 14(11), 1246-1255.
- Spiegel, H., Spiegel, D., (2004). *Trance and treatment: clinical uses of hypnosis*. American Psychiatric Publishing Inc., Arlington, VA, 46.

- Spiegel, D., & Vermutten E. (1994). Physiological correlates of hypnosis and dissociation. In: D Spiegel (ed) *Dissociation: Culture, Mind and Body*. Washington: American Psychiatric Press, Chapter 8, 185-209.
- Stephan, K.M., Fink, G.R. & Passingham, R.E. (1995). Functional anatomy of the mental representation of upper extremity movements in healthy subjects. *J Neurophysiol*, 73, 373-386.
- Stoitsis J., Giannakakis G.A., Papageorgiou C., Nikita KS., Rabavilas A., Anagnostopoulos D. (2008). Evidence of a posterior cingulate involvement (Brodmann area 31) in dyslexia: a study based on source localization algorithm of event-related potentials. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 1; 32(3), 733-8.
- Szechtman H., Woddy E., Bowers K.S., Nahmias C. (1998). Where the imaginal appears real: A positron emission tomography study of auditory hallucinations. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* Vol. 95, 1956–1960.
- Takashi H., Immisch I., Keiichiro T., Dimyan M., van Gelderen P., Hallett M. (2002). Functional properties of Brain Area with motor Execution and Imagery. *Journal of Neurophysiologie*, 89, 989-1002.
- Talaraich J., Tournoux P. (1988). *Co-planar stereotaxic atlas of the human brain*. Stuttgart: Thieme.
- Trepel, M. (2004). *Neuroanatomie, Strukturen und Funktion*. 3. Auflage, Urban & Fischer, S. 170-173; 213; 216-217; 192; 207.
- Weitzenhoffer, AM., Hilgard, ER. (1959). *Stanford Hypnotic Susceptibility Scale, Form A & B*. Palo Alto, California: Consulting Psychologists Press.
- Weitzenhoffer, AM., Hilgard, ER. (1962). *Stanford Hypnotic Susceptibility Scale, Form C*. Palo Alto, California: Consulting Psychologists Press.
- White C.A., Ashton R., Lewis (1979). Learning a complex skill: effects of mental practice, physical practice and imagery ability. *Int. J. Sports Psychol.*, 10, 71-78.

Wicker B., Keysers C., Plailly J., Royet JP., Gallese V., Rizzolatti G. (2003). Both of us disgusted in my insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*,40, 655–664.

Zimmermann-Schlatter A., Schuster C., Puhan MA., Siekierka E., Steurer J. (2008). Efficacy of motor imagery in post- stroke rehabilitation: a systematic review. *Journal of Neuro-Engineering and Rehabilitation*, 5:8, 1-10.

Anhang

- Einverständniserklärung
- Instruktion zur „Finger- Tapping Aufgabe“ und zum Ablauf der MRT Messung
- Selbstbeurteilungsbogen nach der Hypnose Messung im MRT
- Text der Hypnose- Sitzung

Einverständniserklärung der Versuchsperson

Name:

Vorname:

Geburtsdatum:

Hiermit erkläre ich mich einverstanden, an der fMRT / MEG- Studie

Hypnose und Imagination von motorischen Handlungen

teilzunehmen.

Ich bin aufgeklärt worden über ihr Ziel, die praktische Durchführung, den zu erwartenden Nutzen, die möglichen Risiken und die mit ihr verbundenen Belastungen.

Ich bin berechtigt, jederzeit ohne Nachteile aus der Studie auszusteigen.

Ich bin mit der Verwendung anonymisierter Daten für wissenschaftliche Zwecke einverstanden.

Die Vergütung erfolgt, wenn alle Termine wahrgenommen wurden am Ende der Studie.

Ich habe keine weiteren Fragen mehr.

Düsseldorf, den

Unterschrift des Probanden:

Unterschrift des Versuchsleiters:

Liebe Probanden,
nachfolgend erhalten Sie unter Punkt 1 die Instruktionen zur „Finger-Tapping-Aufgabe“ und unter Punkt 2 den Ablauf der fMRT und der MEG Messungen.

Punkt 1:

Sie sehen nun vor sich auf dem Bildschirm eine Hand, die bestimmte Bewegungen in einer bestimmten Reihenfolge und mit einer Frequenz von 1 Hertz ausführt.

Die Versuchshand ist die rechte Hand. Bitte legen Sie ihre Hand locker auf und heben und senken Sie die Finger in der Reihenfolge beginnend mit dem Daumen, dann den kleinen Finger, dann Zeige-, und dann Ringfinger. Zum Schluss heben und senken Sie bitte den Mittelfinger – so, wie sie es auf dem Bildschirm vor sich beobachten können.

Bitte üben Sie dies ca. 10 Minuten, so dass sie die Bewegung sicher und automatisch durchführen können.

Als nächstes beobachten Sie bitte weiterhin die Hand auf dem Bildschirm und stellen sich dabei ihre eigene Bewegung nur vor. Machen Sie dies so lange, bis Sie selber den Eindruck haben, dass sie sich die Bewegungen gut vorstellen können.

Als letztes werde ich Sie bitten, die Augen zu schließen und sich wieder die gelernte Bewegung nur vorzustellen, ohne die Bewegung auszuführen. Bitte stellen Sie sich dann genau die gelernte Abfolge und, wenn möglich, auch die vorgegebene Geschwindigkeit vor.

Zur Überprüfung werden wir Sie zwischendurch anhalten und Sie dann bitten, uns den Finger zu nennen, den sie gerade/zuletzt gedanklich bewegt haben.

Punkt 2:

Sie werden an je zwei Messungen im fMRT und im MEG teilnehmen.

Bei der ersten Sitzung werden Sie nicht hypnotisiert. Während der Messung werden Sie über ein Kopfhörersystem einen Urlaubsbericht mit unterlegter Musik hören.

Bitte halten Sie während der Messung die Augen geöffnet, damit Sie den Bildschirm beobachten können, der die ganze Zeit mit 1Hz flimmert (Geschwindigkeit der Bewegungen) und Ihnen folgende Instruktionen vermittelt:

B → **Bewegung:** Hier führen Sie bitte die gelernte Bewegungsabfolge in etwa der Blinkfrequenz aus

V → **Vorstellung:** Hier stellen Sie sich bitte die Ausführung der gelernten Bewegungsabfolge nur vor

+ → **Ruhe:** Hier lassen Sie bitte die Hand locker und entspannt auf der Unterlage ruhen, ohne ihre Position zu verändern

Bei den jeweils zweiten Sitzungen erhalten Sie Tranceinduktionen über das Kopfhörersystem, die Ihnen ermöglichen sollen, in Hypnose zu kommen. Auch hier lassen Sie bitte die Augen geöffnet, damit Sie den Bildschirm mit den Instruktionen beobachten können.

Die Messungen einschließlich Vorbereitungen dauern je zwischen 30 - 45 Minuten.

Wir bedanken uns im Voraus für Ihr Vertrauen und freuen uns, dass Sie an unserer Studie teilnehmen.

Dr. Katharina Müller und Katrin Bacht

Selbstbeurteilungsbogen nach der Hypnosesitzung

Name:

Beurteilen Sie bitte anhand der Skalen folgende Fragen zur Hypnose:

Die Skalen reichen von 1 bis 10, dabei bedeutet:

1= überhaupt nicht

10= so sehr wie überhaupt möglich

Kreuzen Sie bitte für jede Testaufgabe die Zahl zwischen 1 und 10 an, die Ihrem Empfinden am ehesten entspricht. Lassen Sie bitte keine Frage aus und kreuzen Sie jeweils nur eine Zahl pro Frage an:

A. Wie würden Sie die Tiefe der Trance während der MRT- Messung einschätzen?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

B. Inwieweit konnten Sie folgende Körpersensationen wahrnehmen?

1. Wärme

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2. Kälte

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3. Kribbeln

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4. Verschwimmen der Körpergrenzen

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5. Veränderte Zeitwahrnehmung

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6. Leichtigkeit

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

7. Schwere

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Beschreiben Sie nun bitte noch kurz in Stichworten, was Ihnen aus der Hypnose in Erinnerung geblieben ist:

einleitung

Und du kannst dir erlauben dich erst einmal bequem einzurichten, so wie das jetzt im Moment möglich ist in dieser Position und die position deines körpers zu spüren und vielleicht kleine fast unmerkliche korrektoren vorzunehmen und dich vielleicht mehr innerlich als äußerlich so einzurichten, wie das im Moment möglich ist um bequem liegen zu können.

Und dann ganz entspannt und ruhig nach außen vielleicht sogar regungs- und bewegungslos in dieser position sich einzurichten und innerlich durchaus in bewegung zu bleiben.

Und du kannst neugierig sein, wie das sein wird, diese neue erfahrung und gespannt sein, wie der unterschied sein wird zu der ersten hypnose-übung und wie es sein wird, mit geöffneten augen eine solche erfahrung zu machen und die sinne nach außen, hören, sehen, fühlen, vielleicht auch riechen oder schmecken und die ungewohnte situation mit allen sinnen aufzunehmen und sich mehr und mehr zu erlauben, das äußere in den hintergrund treten zu lassen, die konzentration mehr und mehr nach innen und sich zu erlauben, zu genießen, diese auszeit am hellichten tag und mehr und mehr, schritt um schritt die konzentration nach innen, und gleichzeitig die augen geöffnet und die konzentration nach innen.

Und diese erfahrung, ganz entspannt und gleichzeitig hochkonzentriert, tief entspannt und ruhig und hoch konzentriert auf die anstehenden aufgaben, aber ganz leicht und wie im traum, traumwandlerisch sicher und wie im tagtraum mit geöffneten augen...

und ich weiß nicht, wann du dir das letzte mal erlaubt hast, so einem tagtraum nachzugehen, mit geöffneten augen, anwesend und doch ganz woanders und sich zu erlauben in gedanken etwas ganz anderes zu tun und den gedanken zu erlauben, abzuschweifen und sich an einen angenehmen ort zu begeben und sich mehr und mehr zu erlauben sich innerlich an einen angenehmen ort zu begeben, und meine stimme zu hören und doch nicht zu hören. Und mehr und mehr sich zu erlauben, sich innerlich an einen angenehmen ort zu begeben und die musik zu nutzen um sich tragen zu lassen im rhythmus, im ganz eigenen rhythmus an einen angenehmen inneren ort. Und vor dem inneren auge mehr und mehr entstehen zu lassen während die äußeren augen ganz mühelos einfach so weiter geöffnet bleiben und mehr und mehr die äußeren augen ganz ruhig und entspannt und wie von selbst geöffnet und die inneren augen schon längst mit ganz anderen dingen beschäftigt...

vertiefung/ treppenstufen

und ich werde gleich von 10 auf 1 rückwärts zählen und du kannst dir erlauben, mit jeder zahl, mehr und mehr vom außen nach innen zu kommen, geöffnete augen im außen, innerlich mehr und mehr, tiefer und tiefer zu entspannen, mit jeder zahl, die ich von 10 an rückwärts zähle mehr und mehr sich zu entspannen und bei 1 dann ganz tief und angenehm entspannt, voll konzentriert, absolut entspannt, in einer angenehmen trance und vielleicht magst du dir vorstellen, wie du mit jeder zahl eine treppenstufe hinabsteigst zu dem ort deiner tiefsten entspannung, - 10 - stufe um stufe, schritt für schritt, konzentrierte entspannung, - 9 - entspannte konzentriertheit eine stufe nach der anderen, in deinem tempo, in deinem rhythmus - 8 - und welche beschaffenheit haben deine stufen, aus welchem material sind sie, wie groß sind die abstände, - 7 - gibt es einen handlauf der dich geleitet oder ist deine treppe eher freischwebend angenehm - 6 - wie fühlt sich jeder einzelne schritt beim auftreten an und während du stufe um stufe deinem angenehm entspannten konzentrierten trance-zustand entgegen schreitest, was siehst du von dieser treppe aus - 5- tiefer und tiefer - 4 geöffnete

augen im außen, angenehme, tiefe entspannung und ruhe im innen – 3 - mehr und mehr sich auf sich konzentrieren, alles andere unwichtig werden lassen, weit weg – mit der 2 sich von überhaupt nichts mehr stören zu lassen und dann gleich bei - 1 – absolut tief, angenehm, entspannt und sich mehr und mehr zu erlauben in diesem angenehmen zustand meine stimme zu hören und doch nicht zu hören, die musik zu hören und doch nicht zu hören, alle anderen geräusche zu hören und doch nicht zu hören. Meine Stimme, die Musik, die anderen geräusche sich zu einem klangteppich weben können und einzelne fäden am anfang klar und deutlich getrennt jeder faden für sich, jeder eine eigene farbe und dicke und dann mehr und mehr sich das bild zu einem ganzen zusammen setzt. Mit jedem geräusch, wie die schritte auf der treppe, mehr und mehr zu entspannen... und mehr und mehr zu entspannen, sich tragen zu lassen...

9,30 Minuten

weitere vertiefung/ instruktion

Und gleichzeitig die aufgaben auf dem bildschirm, wenn der bildschirm startet... und einfach so den anweisungen zu folgen, einfach den anweisungen folgen je nach art der bedingung. Und Das blinkende kreuz für die ruhepause, und sich mehr und mehr in dieser phase zu entspannen. und das b für die bewegung und ganz automatisch zu beginnen die übung auszuführen. Und im außen die hand die bewegung ausführen zu lassen und bei erscheinen des v auf dem bildschirm ganz automatisch und wie von selbst, wie von selbst die äußere bewegung in eine innere zu wandeln. Und im außen nicht sichtbar im innen die bewegung ganz deutlich in der vorstellung auszuführen. Und während du ganz wie von selbst den anweisungen auf dem bildschirm folge leisten kannst... Ganz wie von selbst, einfach so... Gleichzeitig mehr und mehr dir zu erlauben, deinen tagtraum zu genießen und dem außen zu funktionieren, die aufgaben wahrzunehmen... ruhe, bewegung, vorstellung... und im innen noch ganz andere dinge.

Und ganz neugierig zu sein, auf die dinge, die im innen und außen sich zusammensetzen zu einem ganz neuen bild und dieser klang-teppich, die fäden verwebt, das muster des teppichs, die das muster des teppichs ergeben und nicht mehr deutlich erkennen zu können wo genau die einzelnen fäden von vorher und das gesamtbild angenehm und schön anzusehen und dich tragen zu lassen von deinem klangteppich. Und manchmal doch der ein oder andere faden im teppich deutlich wieder erkennen zu können. Kleine webknoten, die dazugehören und dann wieder der einzelfaden im gesamtbild verschwindet... Und mehr und mehr das bild sich zusammensetzten zu lassen, zu hören und doch nicht zu hören und sich zu erlauben mit jedem geräusch mehr und mehr, schritt für schritt, mit jedem geräusch, mehr und mehr, tiefer und angenehmer zu entspannen im innen und im außen, die geöffneten augen und alles wahrzunehmen und wie automatisch, ganz von selbst, den aufgaben zu folgen...

Und manchmal neue muster, die entstehen in einem teppich, und nicht immer das, was vorher bewusst geplant ist. manchmal ganz neue, die sich abheben und neugierig zu sein, welche neuen muster erkennbar werden und den rhythmus zu spüren, und gleichzeitig dem eigenen rhythmus nachzugehen und wie im tagtraum vielleicht wie afrikanische trommeln, und für das ungeübte ohr manchmal unrhythmisch klingend und mehr und mehr, mehr und mehr je mehr man sich an das fremde und neue gewöhnen kann, eine ganz eigene schönheit, die sich entwickelt, ein ganz eigener rhythmus und zu spüren, zu hören und ganz angenehm entspannt, deinen ganz persönlichen erfahrungen nachzugehen. Und gleichzeitig wie von selbst das blinkende kreuz, das b und das v und

die ruhe, die bewegung, die vorstellung und innerlich den ganz persönlichen erfahrungen nachzugehen.

Und ist es nicht schön am hellichten tag mit geöffneten augen und von außen gar nicht wahrnehmbar, sich innerlich einfach so eine solche auszeit gönnen zu können... und manchmal wie im tagtraum kurze momente aufmerksamkeit nach außen - ruhe, bewegung, vorstellung - und dann wieder sich zu erlauben mehr und mehr, mehr und mehr die konzentration nach innen zu richten. Und mehr und mehr zu lernen diese wechsel zu nutzen, aufmerksamkeit nach außen, nach innen, außen und innen, innen und außen, und diese wechsel mehr und mehr nutzen zu können, um sich noch angenehmer, noch entspannter fühlen zu können.

Und ist es nicht interessant zu beobachten wie ganz automatisch ein teil von dir all die aufgaben... das v und das b und das blinkende kreuz und die vorstellung und die bewegung und die ruhepausen und ein teil ganz automatisch und absolut zielsicher und korrekt die aufgaben ganz leicht und wie von selbst ausführen. Traumwandlerisch sicher, dem außen und dem innen. Während ein anderer teil, es sich einfach nur gut gehen lässt und sich erlaubt zu genießen während der andere wie von selbst die aufgaben ausführt, ganz entspannt zu genießen... und ein teil und der andere ganz automatisch wie von selbst, das v und das b und das blinkende kreuz und gleichzeitig mehr und mehr angenehm entspannt zu sein.

Und ich weiß nicht, wann du dir das letzte mal erlaubt hast, so am hellichten tag einem tagtraum nach zu gehen... und vielleicht so wie früher häufig in der schule, als kind, äußerlich anwesend im klassenzimmer, aber innerlich schon längst beschäftigt mit ganz anderen dingen und die aufgaben im außen wahrzunehmen und auszuführen und gleichzeitig sich zu erlauben in diesem angenehmen entspannten inneren zustand noch ganz andere dinge zu tun.

Und vielleicht so wie früher manchmal in der schule... mit dem körper anwesend im klassenzimmer aber innerlich schon längst beschäftigt mit ganz anderen dingen und manchmal die gedanken in die vergangenheit und schöne erinnerungen die auftauchen an angenehme situationen, angenehme situationen in die man sich hineinräumt, angenehme erinnerungen, vielleicht urlaube oder momente in denen es einem so richtig rund um gut geht, rund um gut, angenehm..... und manchmal auch die gedanken nach vorne, vorfreude auf bestehende, bevorstehende angenehme situationen... und gleichzeitig der körper weiter im hier und jetzt, die augen geöffnet, und jederzeit, wenn im außen etwas wichtiges ist, ganz automatisch zu reagieren während weiter das innere auge und weiter das innere auge... ganz andere dinge sieht und der körper einfach nur genießen kann, diese auszeit zu nehmen... und gleichzeitig die geräusche zu hören mit jedem geräusch angenehmer, tiefer, und entspannter sich einrichten zu können. Immer wieder... und immer wieder den wechsel zu nutzen...

Und ist es nicht interessant zu beobachten wie gleichzeitig ein teil von dir ganz automatisch all die aufgaben ausführt... und das b für die bewegung, das v für die vorstellung und das blinkende kreuz für die ruhepausen und wie ein teil ganz automatisch und absolut sicher die aufgaben ausführt ganz leicht und wie von selbst. Während ein anderer teil, es sich einfach nur gut gehen lässt und sich erlaubt zu genießen. Und ein teil sich einfach erlaubt zu genießen, während der andere ganz automatisch wie von selbst der aufgabenstellung folgt. Und einerseits die aufmerksamkeit im außen wie früher in der schule und andererseits wie im tagtraum, innerlich, mit den inneren augen, ganz andere dinge zu sehen, andere dinge zu spüren und angenehm innerlich sich einzurichten und das zu tun, was für dich im moment angenehm ist. Und gleichzeitig sich tragen zu lassen von diesem

eigenen rhythmus, dem inneren eigenen rhythmus, dem äußeren um zu beobachten wie innerer und äußerer rhythmus einen klangteppich ergeben können oder schon längst ergeben haben. Und das muster zu beobachten, das immer neu sich zusammen setzen kann und die webknoten im teppich und geräusche und kleine muster, die im ersten moment nicht richtig zu passen scheinen ins gesamtbild, bis sie ihre bedeutung finden im weiterweben und sich dann im gesamt des teppich verlieren...einen platz finden, den eigenen platz zu finden, den eigenen platz, die eigene bedeutung, jeder für sich. Und die geräusche, die einzelnen fäden, das muster des teppichs und manchmal fast so, im tagtraum, sich wegträumen in der schule, im teppich und in diesen ganzen anderen situationen, und manchmal fast so als würde ein wecker schrillen, wie morgens, wenn man noch tief schläft, ganz tief, noch ganz tief schläft und der wecker klingelt und im ersten moment fast schon erschrocken und diesen ersten moment braucht, um sich zu orientieren aus dem tiefen schlaf und sich zu orientieren und das geräusch einzuordnen und dann diese momente, in denen man feststellt, eigentlich hätte der wecker aus sein sollen, es ist einer der tage, an denen man ausschlafen kann. Und dann den wecker zu hören und doch nicht zu hören und diese stille innerliche freude, einfach noch einen moment weiterschlafen zu können, sich noch einmal unter der decke einkuscheln zu können und gleich einfach wieder die stille zu genießen, wenn der wecker aus ist und manchmal etwas zeit die man braucht, bis man den wecker ausgeschaltet hat, an ihn ranzukommen, auszuschalten und dann diese angenehme stille noch mehr als vorher einfach genießen zu können und sich vielleicht von dem klangteppich im hintergrund, dem eigenen inneren, sich tragen zu lassen in ganz neue träume, tagträume.... Und für einen Moment sich jetzt noch zu gönnen, wie morgens wenn der wecker geklingelt hat und dann man noch einen moment liegen bleiben kann... sich einfach zu gönnen dieses angenehme gefühl zu genießen.

28,48 Minuten

Reorientierung

Und einfach so für einen moment noch zu genießen und dann langsam und schritt für schritt gleich wenn ich von 0 auf 10 zähle, für dich in deinem tempo wie morgens, wenn man merkt wacher zu werden, lust auf den tag zu bekommen, wie morgens wach zu werden, so wie wenn man dann endgültig aufsteht. Und dann gleich frisch und erfrischt wach zu werden. So wie wenn man morgens die sonnenstrahlen zur begrüßung sieht und voller energie endgültig aufstehen möchte aber sich für einen moment noch gönnt dieses angenehme gefühl einfach zu genießen.

Und dann gleich wenn ich von 0 auf 10 zähle, mit jeder zahl schritt um schritt ganz langsam und in deinem tempo, dich zurück zu orientieren, zurück zu kommen, deinen tagtraum für den moment hinter dir zu lassen und die sinne von innen langsam wieder nach außen zu richten mit der 0 – und mehr und mehr in deinem tempo, wie morgens, wenn man noch ein paar minuten liegen bleibt und langsam beginnt wach zu werden – 1 – stufe um stufe so wie der weg in die entspannung von 10 auf 1, den selben weg zurück zu wählen, die treppe stufe um stufe sich zu reorientieren – 2 – und langsam und sicher wieder wacher zu werden mit der 3 – und schritt für schritt, stufe um stufe die treppe wieder hinaufzusteigen - 4 - und sich um zu schauen, zu sehen, im außen wieder zu hören, den körper zu spüren – 5 – und mehr und mehr, schritt um schritt mit der 6 – wacher, frischer und mehr und mehr sich zurückorientieren, den körper spüren, geräusche zu hören – 7 – um dann gleich wieder – 8 – voll im hier und jetzt wieder angekommen zu sein, die stufen nach oben geschritten, stufe um stufe mit der 9 – und dann gleich wieder oben angekommen, vollkommen wach und erfrischt, so als hättest du kurz und tief geschlafen. Und mit der 10 wieder vollkommen hier zu sein.

Und für einen moment noch liegen zu bleiben ganz wach, so wie wenn man morgens wach geworden ist und sich ganz frisch und erfrischt fühlt und so lange liegen zu bleiben noch für einen moment, bis du gesagt bekommst, dass die messung vorbei ist und es wird noch einen kleinen moment dauern, und dann auf die weiteren anweisungen zu warten.

33,05 Minuten

Danksagung

Ich möchte mich bei einigen Menschen bedanken, die an dieser Doktorarbeit auf Ihre ganz eigene Art und Weise mitgewirkt haben.

Besonders möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Rüdiger J. Seitz bedanken. Ich danke ihm sehr für die enge Zusammenarbeit und seine Zeit, die er in meine Arbeit investiert hat, sowie für seine konstruktive Kritik und seine wertvollen Anregungen. Mein Dank gilt zudem Herrn Prof. Dr. rer. nat. Hans- Jörg Wittsack für seine Mühe und Interesse bei der Mitbegutachtung dieser Arbeit, sowie für die zügige Erstellung des Zweitgutachtens.

Ein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Dr. Dipl.-Psych. Katharina Müller, die mich in dieses Projekt aufnahm und mir so die Chance gab, über ein sehr spannendes Thema meine Arbeit zu schreiben. Ich danke ihr für die enge und freundschaftliche Zusammenarbeit während der letzten Jahre. Sie brachte mir viel Geduld entgegen, motivierte mich und stand mit Rat und Tat an meiner Seite. Des Weiteren möchte ich meiner engen Freundin und damaligen Kollegin Dr. Dipl.-Psych. Denise Potthoff danken, ohne deren Ratschläge und Wissen ich nie ans Ziel gelangt wäre.

Es gibt viele Menschen, die zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben. Aus diesem Anlass gilt mein besonderer Dank Dipl.-Psych. Stefanie Schramm, die als Hypnotherapeutin tolle Arbeit geleistet und unsere Probanden sanft in hypnotische Trance geleitet hat. Des Weiteren möchte ich allen Probanden danken, die an der Studie teilgenommen haben, sowie den zuständigen MTAs, insbesondere Erika Rädisch und der guten Seele der neurologischen Klinik, Frau Monika Koch, für alles Organisatorische.

Für die seelische Unterstützung, ihren Zuspruch, ihre Ratschläge und für das Korrekturlesen meiner Arbeit danke ich meiner Familie, meinen Freunden und insbesondere meinem Mann Dr. Eike Eden.

Vielen Dank Ihnen/Euch allen, die diese Dissertation ermöglicht haben.

Katrin Eden

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

Datum:

(KatrIn Eden)