

**Achtsamkeitsmeditation:  
Aktivierungsmuster und morphologische  
Veränderungen im Gehirn von Meditierenden**

Kumulativ-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften

- Dr. rer. nat. -

der Fakultät für Naturwissenschaften  
der Justus-Liebig-Universität Giessen

vorgelegt von

Britta K. Hölzel

2007

*Dekan*

Prof. Dr. Joachim Clemens Brunstein (Psychologie, Gießen)

*1. Gutachter*

Prof. Dr. Dieter Vaitl (Psychologie, Gießen)

*2. Gutachter*

Prof. Dr. O. Berndt Scholz (Psychologie, Bonn)

Es ist ganz wichtig, nicht aufzuhören zu fragen. Neugier existiert aus ureigensten Gründen. Man kann nicht anders, als zu staunen, wenn man die Geheimnisse der Ewigkeit des Lebens, der grandiosen Struktur der Realität ansieht. Es reicht nicht aus, jeden Tag nur zu verstehen, etwas von diesem Mysterium zu begreifen. Verliere nie deine heilige Neugier!

Albert Einstein

## Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle ganz herzlich bei all denen bedanken, die mich bei der Erstellung meiner Dissertation und auf dem Weg dorthin unterstützt haben.

Zuallererst möchte ich Herrn Professor Dr. Dieter Vaitl danken, der mich als Betreuer meiner Promotion im gesamten Verlauf der Arbeit stets mit seiner großen fachlichen Kompetenz und mit seiner herzlichen Freundlichkeit unterstützt hat. Mein besonderer Dank gilt auch meinem Arbeitsgruppenleiter Herrn Dr. Ulrich Ott für die großartige Unterstützung und das Teilhaben an jeder Phase des Entstehungsprozesses meiner Arbeit. Herr Dr. Ott hat mich in inhaltlichen und organisatorischen Fragen stets mit großer Kompetenz beraten und meine Texte mit seinen kritischen Korrekturvorschlägen bereichert. Herrn Professor Dr. O. Berndt Scholz danke ich dafür, dass er die Zweitbegutachtung dieser Arbeit übernimmt.

Außerdem danke ich meinen Kollegen am Bender Institute of Neuroimaging und der Abteilung Klinische und Physiologische Psychologie für zahlreiche Hilfestellungen in inhaltlichen und methodischen Fragestellungen und fruchtbare Diskussionen sowie für unterhaltsame Kaffeepausen. Meinen Arbeitsgruppen-Kollegen Hannes Hempel und Tim Gard möchte ich für viele interessante Diskussionen danken, die mich in inhaltlicher sowie auch in persönlicher Hinsicht sehr bereichert haben.

Meinen Meditations- und Yogalehrern danke ich dafür, dass sie mein Interesse an Bewusstseinsfragen befruchtet haben und so zur Wahl des Themas dieser Dissertation beigetragen haben.

Ich danke außerdem dem Institut für Grenzgebiete der Psychologie und Psychohygiene in Freiburg, das mich mit einem einjährigen Promotionsstipendium unterstützte und damit zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Und schließlich danke ich ganz besonders meiner Mutter, meinem Vater, meinem Bruder sowie auch meinen Freunden für die konstante Unterstützung, das Vertrauen in mich und das Interesse an meiner Arbeit.

# Inhalt

|   |    |
|---|----|
| Zusammenfassung   | 1  |
| 1 Einleitung  | 2  |
| 2 Meditation  | 3  |
| 3 Achtsamkeit   | 4  |
| 3.1 Techniken zur Kultivierung von Achtsamkeit                                | 5  |
| 3.2 Wirkmechanismen   | 5  |
| 3.3 Anwendung in der Psychotherapie   | 6  |
| 4 Meditationserfahrung, ihre Bedingungen und ihr Einfluss auf die Achtsamkeit | 7  |
| 5 Hirnfunktionelle Korrelate der Meditationspraxis                            | 9  |
| 6 Hirnstrukturelle Korrelate der Meditationspraxis                            | 12 |
| 7 Diskussion und Ausblick   | 15 |
| 8 Literatur   | 19 |
| Anhang  |    |

# Zusammenfassung

Meditation wird seit Jahrhunderten in verschiedenen Kulturkreisen praktiziert und findet in letzter Zeit verstärkt Beachtung durch die Wissenschaft. Vor allem die Achtsamkeitsmeditation, das urteilsfreie Betrachten der Erfahrungen im gegenwärtigen Moment, wird zunehmend im klinischen Kontext eingesetzt. Die vorliegende Dissertation umfasst drei empirische Arbeiten, die mit verschiedenen Methoden die Korrelate der Meditation untersuchen. In der ersten Studie wurde auf konzeptueller Ebene mittels linearer Strukturgleichungsmodelle ein Wirkmodell der Meditation überprüft, welches Zusammenhänge zwischen den latenten Variablen Übungsumfang, Absorptionsfähigkeit, Meditationstiefe und Achtsamkeit im Alltag erarbeitete. Das Modell bildete die empirischen Daten gut ab und veranschaulichte die Notwendigkeit, für ein Verständnis des komplexen Geschehens der Meditation verschiedene Variablen und deren Zusammenhänge simultan zu betrachten. Die zweite Studie untersuchte mittels funktioneller MRT die Hirnaktivierung während der Atemachtsamkeitsmeditation, sowie die Unterschiede in dieser Aktivierung zwischen erfahrenen Meditierenden und Nicht-Meditierenden. Während der Meditation zeigte sich eine Beteiligung des linken inferioren Temporallappens sowie der bilateralen parahippocampalen Region; Areale, die bereits in anderen Studien während der Meditation Aktivierung zeigten. Zudem fand sich eine aufgabenspezifische Beteiligung sensorischer Areale. Im Vergleich zu den Nicht-Meditierenden zeigten die erfahrenen Meditierenden eine höhere Aktivierung des anterioren cingulären Kortex, die vermutlich mit dem Training von Aufmerksamkeitsfunktionen in Zusammenhang steht, sowie eine höhere Aktivierung des medialen präfrontalen Kortex, die eine stärkere Emotionsregulation repräsentieren könnte. Die dritte Studie analysierte mittels Voxel-basierter Morphometrie die Dichte grauer Substanz der MRT Hirnaufnahmen einer Gruppe Achtsamkeits-Meditierender und einer Gruppe Nicht-Meditierender. Es zeigten sich Effekte in Arealen, die während der Meditation aktiviert sind und denen Funktionen zugeschrieben werden, die durch Meditationsübungen kultiviert werden, nämlich in der rechten anterioren Insula, im linken inferioren Temporallappen, im rechten Hippocampus und im medialen orbitofrontalen Kortex. Es wird angenommen, dass die strukturelle Reorganisation durch die wiederholte Aktivierung während der Meditation verursacht wurde. Die drei vorgelegten empirischen Arbeiten liefern einen Beitrag zum Verständnis der psychologischen und neurophysiologischen Mechanismen der Meditation.

# 1 Einleitung

Meditation wird seit Jahrhunderten von Mystikern und Weisen verschiedener Kulturen als Weg zur Selbsterkenntnis, Bewusstseinsweiterung und zur Heilung praktiziert (Engel, 1999). In den letzten Jahrzehnten ist das Interesse an diesen Praktiken zur Entwicklung und Gesundheit des Geistes wieder stark gewachsen (Walsh & Shapiro, 2006). Auch die Psychologie und die Neurowissenschaften nehmen in zunehmendem Maße das Potential der überlieferten Techniken zur Kultivierung des Geistes wahr und wenden sich dabei vor allem den dem asiatischen Kulturraum entstammenden Meditationspraktiken zu. Die Erforschung der Meditation wird als einzigartige Möglichkeit erkannt, Einblick in das menschliche Bewusstsein zu gewinnen und den Zusammenhang zwischen mentalen Zuständen und der Physiologie zu beleuchten (Lutz & Thompson, 2003). In der letzten Zeit zeichnet sich in der Meditationsforschung der Trend ab, Meditationspraktiken als Formen mentalen Trainings mit Auswirkungen auf kognitive und emotionale Fertigkeiten zu verstehen, die sich in nachweisbaren Veränderungen der angesprochenen Hirnfunktionen manifestieren (Barinaga, 2003). Zum einen ist für die Forschung von Interesse, in welchem Ausmaß die spezifischen Meditationsmethoden in der Lage sind, mentale Funktionen wie Kontrolle der Aufmerksamkeit, Emotionsregulation oder Imaginationsfähigkeit zu trainieren. Weiterhin werden die hirnhysiologischen Korrelate der Bewusstseinszustände untersucht, die durch die Anwendung dieser Methoden induziert werden können. Und schließlich interessiert eine längerfristige Restrukturierung des Gehirns, die mit der Meditationspraxis einhergeht.

Die vorliegende Dissertation liefert einen Beitrag, die komplexen Mechanismen der Meditation zu ergründen, indem sie diese physiologisch und konzeptuell untersucht. Auf physiologischer Ebene steht dabei zum einen die Frage im Vordergrund, mit welchen Hirnaktivierungen die Meditation einhergeht. Zum anderen interessieren die funktionellen und strukturellen hirnhysiologischen Besonderheiten von Meditierenden mit langjähriger Übungspraxis. Auf konzeptueller Ebene werden die Antezedenzien und Konsequenzen eines tiefen meditativen Erlebens mit Hilfe einer Fragebogenuntersuchung betrachtet.

Da die Achtsamkeitsmeditation im Mittelpunkt der Arbeit steht, wird nach einer kurzen Einführung in den Begriff der Meditation das Konstrukt der Achtsamkeit ausführlicher dargestellt. Dabei werden Techniken zu deren Kultivierung, angenommene Wirkmechanismen und der Einsatz in der Psychotherapie angesprochen. Darauf folgend wird auf die Bedingungen und Konsequenzen des Meditationserlebens eingegangen, sowie auf Effekte der Meditation auf die Funktion und die Struktur des Gehirns, wobei jeweils der Beitrag der vorgelegten Studien für das jeweilige Forschungsgebiet erläutert wird. Abschließend werden die drei Arbeiten kritisch diskutiert und es wird ein kurzer Ausblick auf mögliche zukünftige Forschungsfragenstellungen gegeben.

## 2 Meditation

In der Literatur finden sich verschiedene Definitionen von Meditation (vgl. Engel, 1999; Murphy & Donovan, 1997). Walsh und Shapiro (2006) schlagen eine Definition vor, welche die Schwerpunkte verschiedener Ansätze integriert: „Der Begriff *Meditation* bezieht sich auf eine Ansammlung von Selbstregulations-Praktiken, die das Training von Aufmerksamkeit (attention) und Gewahrsein (awareness) in den Mittelpunkt rücken, um mentale Prozesse unter größere willentliche Kontrolle zu bringen und dabei generelles geistiges Wohlbefinden und geistige Entwicklung sowie spezifische Fähigkeiten wie Ruhe, Klarheit und Konzentration zu fördern.“ (S. 228f; Übersetzung der Autorin). Meditationspraktiken finden sich in fast allen Kulturkreisen und in allen großen Religionen, wie im Christentum (Jäger, 2002), Hinduismus (Satyananda Saraswati, 1983), Buddhismus (Gethin, 1998), Islam (Azeemi, 2005), Judentum (Kaplan, 1982) und im Taoismus (Robinet, 1993). Obwohl die Techniken auch gemeinsame Merkmale aufweisen, gibt es verschiedene Varianten von Meditationsübungen. Ospina et al. (2007) identifizieren fünf Kategorien der Meditationspraxis: Mantrameditation, Achtsamkeitsmeditation, Yoga, Tai Chi und Qi Gong, und weisen auf die Schwierigkeit hin, gemeinsame verbindliche Definitionskriterien festzulegen. Nach Walsh und Shapiro (2006) können Meditationspraktiken nach folgenden Aspekten geordnet werden: a) Art der Aufmerksamkeitsausrichtung, die zum einen kontinuierlich auf ein Objekt gerichtet sein kann (konzentrierte Meditation) oder zum anderen bei weitgestelltem Fokus auf das gerichtet sein kann, was momentan im Erleben auftaucht (Achtsamkeitsmeditation); b) Beziehung zu kognitiven Prozessen, die passiv beobachtet werden können oder willentlich verändert werden; und c) Ziel der Meditation, das von einer Erhöhung des Wohlbefindens oder der Kultivierung spezifischer Qualitäten bis hin zur Verschmelzung mit dem Göttlichen reichen kann.

Empirische Untersuchungen zur Meditation finden sich seit den 50er Jahren (z.B. Das & Gastaut, 1955), wo Studien mit erfahrenen Yogis in Indien durchgeführt wurden. In den 70er Jahren beschäftigten sich die Arbeiten vor allem mit der Transzendentalen Meditation<sup>TM</sup>, die den konzentrierten Meditationstechniken zuzuordnen ist (vgl. Orme-Johnson & Farrow, 1977). Für einen Überblick über die älteren Forschungsarbeiten sei auf Engel (1999), Murphy und Donovan (1997) und West (1990) verwiesen. Eine Reihe von Studien beschäftigte sich mit der Phänomenologie des meditativen Erlebens (vgl. Pekala, 1990), wobei frühe empirische Untersuchungen häufig Mängel hinsichtlich wissenschaftlicher Kriterien aufwiesen. Im Jahr 2001 wurde ein Fragebogen zur Tiefe des meditativen Erlebens von Piron entwickelt und evaluiert, der die empirisch-konzeptuelle Untersuchung der Phänomenologie der Meditation ermöglicht und in Studie 1 der vorliegenden Dissertation eingesetzt wurde (vgl. Kapitel 4). Seit den neunziger Jahren wurde eine kleine Anzahl an Studien publiziert,

die sich mit Hilfe bildgebender Verfahren mit der Neurophysiologie der Meditation beschäftigten. Die diesbezügliche Forschungsliteratur wird in Kapitel 5 ausschnittsweise dargestellt.

### 3 Achtsamkeit

Der Begriff *Achtsamkeit* bezeichnet das Gewahrsein, das entsteht, wenn die Aufmerksamkeit absichtsvoll und nicht-wertend in den gegenwärtigen Moment, zu der sich von Moment zu Moment entfaltenden Erfahrung gebracht wird (Kabat-Zinn, 2003). Zur operationalen Definition von Achtsamkeit schlagen Bishop et al. (2004) ein Zwei-Komponenten-Modell vor. Die erste Komponente ist die Selbstregulation der Aufmerksamkeit, so dass diese auf die unmittelbare Erfahrung im gegenwärtigen Moment gerichtet wird und die sich stetig verändernden Gedanken, Emotionen und Körperempfindungen betrachtet werden. Diese Erfahrung wird häufig als ein Gefühl beschrieben, vollkommen wachsam, gegenwärtig und lebendig im Hier und Jetzt zu sein (Bishop et al., 2004). Die zweite Komponente ist die Orientierung oder innere Haltung, mit der dieser unmittelbaren Erfahrung begegnet wird. Sie ist gekennzeichnet durch Neugierde, Offenheit und Akzeptanz. Dabei wird sämtlichen Erfahrungen gleichermaßen akzeptierend begegnet. Mit dieser zweiten Komponente wird betont, dass Achtsamkeit von einem wesentlichen Gefühlsaspekt durchdrungen ist, der von einer mitfühlenden Qualität, von Offenherzigkeit und von freundlichem Interesse der Gegenwärtigkeit gegenüber geprägt ist (vgl. auch Santorelli, 1999).

Achtsamkeit ist die aufmerksamkeitsbezogene Haltung, die den meditativen Praktiken aller buddhistischen Traditionen, dem Theravada, Mahayana und Vajrayana Buddhismus (Gethin, 1998), zugrunde liegt. Die buddhistischen Traditionen haben Wege zur Kultivierung von Achtsamkeit beschrieben und überliefert. Der historische Buddha hat in seinen Lehrreden, überliefert im Satipatthana Sutra und dem Anapanasati Sutra in der Majjhima Nikaya der Suttapitaka (Zumwinkel, 2001), die Achtsamkeit erläutert und deren Kultivierung gelehrt. Eine achtsame Haltung ist auch in den kontemplativen Traditionen anderer Kulturkreise als wesentliches Kernmerkmal enthalten (z.B. Jäger, 2002; Krishnamurti, 1979; Ramana Maharshi, 2001). Trotz des historischen Ursprungs wird mit der oben vorgestellten Definition deutlich, dass die Achtsamkeit kein religiöses Konzept, sondern ein inhärenter Zustand des menschlichen Geistes ist, der sich in den fundamentalen Aktivitäten des Bewusstseins gründet: Aufmerksamkeit und Bewusstheit (Brown, Ryan & Creswell, in press).

Zur empirischen Untersuchung der Achtsamkeit wurden in den letzten Jahren verschiedene Skalen entwickelt, z.B. der Freiburger Fragebogen zur Achtsamkeit (FFA; Walach, Buchheld, Buttenmüller, Kleinknecht & Schmidt, 2006), die Mindful Attention and Awareness Scale (MAAS; Brown & Ryan, 2003) und das Kentucky Inventory of Mindfulness Skills (KIMS; Baer, Smith & Allen, 2004). Den Skalen liegen verschiedene Faktorenstrukturen zugrunde, die auf

Unterschiede in der jeweiligen Konzeptualisierung bzw. Schwerpunktsetzung zurück gehen (Ströhle, 2006).

### **3.1 Techniken zur Kultivierung von Achtsamkeit**

Gemein ist verschiedenen Traditionen, dass sie lehren, die sich stetig verändernden inneren und/oder äußeren Stimuli wertungsfrei zu betrachten, so wie sie entstehen und wieder vergehen (Hart, 1987; Kabat-Zinn, 1990; Mahasi Sayadaw, 2004). Wenn die Aufmerksamkeit vom Objekt der Übung abschweift, wird sie zum Aufmerksamkeitsobjekt zurück gebracht, sobald der Praktizierende sich dessen bewusst wird. Während manche Schulen die formellen Meditationsübungen immer im Sitzen ausführen (z.B. Hart, 1987), praktizieren andere abwechselnd sitzend und gehend (z.B. Kabat-Zinn, 1990; Mahasi Sayadaw, 2004). Der exakte Fokus der Aufmerksamkeit variiert von Tradition zu Tradition. Zum Beispiel wird in der auf Mahasi Sayadaw zurückgehenden Vipassana Tradition ein Etikettieren, bzw. Labeln der auftretenden Gedanken und Empfindungen gelehrt (Mahasi Sayadaw, 2004), während in der Vipassana Tradition nach U Ba Khin die systematische Empfindungsbeobachtung („body sweeping“; Hart, 1987) gelehrt wird. Ein häufiges Objekt der Aufmerksamkeit ist die Atemempfindung. So wird z.B. für die Anapanasati Praxis, die in der Vipassana Tradition nach S.N. Goenka zur Schulung der Aufmerksamkeit geübt wird (Hart, 1987), die Aufmerksamkeit auf die Empfindungen gerichtet, die im Bereich des Naseneingangs und oberhalb der Oberlippe entstehen.

Obwohl sie zunächst während formeller Meditation geübt wird, ist die Achtsamkeit keineswegs auf die formelle Praxis beschränkt. Im Gegenteil wird mit dem Vorankommen auf dem Weg des Meditationstrainings ihre Integration in den Alltag angestrebt. Sämtliche Traditionen betonen für deren Gelingen jedoch die Wichtigkeit des regelmäßigen Praktizierens der formellen Meditationsübungen. In Studie 1 wird ein Modell vorgeschlagen, das die Stärke verschiedener Einflussfaktoren auf die Achtsamkeit im Alltag ermittelt.

### **3.2 Wirkmechanismen**

Zur Beschreibung der Wirkmechanismen der Achtsamkeit schlagen Shapiro, Carlson, Astin und Freedman (2006) ein Modell vor, in welchem sie drei Komponenten benennen, die in einem miteinander verwobenen Prozess wirken: Absicht (intention), Aufmerksamkeit (attention) und die innere Haltung (attitude). Die absichtsvolle Aufmerksamkeit in nicht-wertender Offenheit führt zu einer signifikanten Veränderung der Perspektive. Dieser Meta-Mechanismus der Wirkweise wird nach Shapiro et al. (2006) mit „reperceiving“, neu-wahrnehmen, bezeichnet. Durch den Prozess der Achtsamkeit wird es möglich, sich von der Identifikation mit Bewusstseinsinhalten (z.B. Gedanken und Emotionen) zu lösen. In dem Maße, in dem die Praktizierenden dazu fähig werden, die Inhalte des Bewusstseins zu beobachten, werden sie

nicht länger von ihnen „weggeschwemmt“. Stattdessen können sie erleben, dass die Bewusstseinsinhalte in konstanter Veränderung und somit vergänglich sind. Das, was zuvor Subjekt war, wird nun zum Objekt. Es entsteht gewissermaßen eine Lücke, ein Raum zwischen den Empfindungen und den Reaktionen darauf. Somit wird es den Praktizierenden möglich, reflektiert mit der Situation umzugehen, anstatt reflexiv auf sie zu reagieren (Bishop et al., 2004). Als Resultat können größere Klarheit, Perspektive und Objektivität entstehen. Tatsächlich zeigte eine quasi-experimentelle Studie, dass höhere Achtsamkeitswerte mit besserer Übereinstimmung von expliziten und impliziten Maßen von Wohlbefinden assoziiert sind, d.h. dass achtsamere Individuen eher in Kontakt mit ihren impliziten Emotionen sind und diese in expliziten Selbstauskünften angeben können (Brown & Ryan, 2003).

Das *Reperceiving* umfasst nach Shapiro et al. (2006) vier Mechanismen, die zu den Veränderungen und positiven Effekten der Achtsamkeitsmeditation führen: 1) *Selbstregulation*: auf der Basis einer größeren Menge an zugänglichen Informationen über die gegebene Situation kann ein größeres Repertoire an *coping skills* genutzt werden; 2) *Klärung von Zielen und Werten*: durch die unabhängigere Betrachtung von Werten können diese neu überdacht und aktuell angepasst werden; 3) *kognitive, emotionale und behaviorale Flexibilität*: Handlungen können an die aktuellen Erfordernisse des gegebenen Momentes angepasst werden und werden nicht durch starre, konditionierte Reaktionen gesteuert (vgl. auch Brown et al., in press); sowie 4) *Exposition*: der Praktizierende setzt sich den bestehenden Emotionen aus, anstatt sie zu vermeiden und kann somit von Desensibilisierung und von dem Erkennen profitieren, dass die Emotionen nicht so unerträglich sind, wie zuvor befürchtet. Ähnliche Mechanismen werden auch von Baer (2003) beschrieben. Sie nennt als wesentliche Wirkprinzipien der Achtsamkeit die Exposition, kognitive Veränderung im Sinne einer geringeren Identifizierung mit den Gedanken, verbessertes Selbst-Management, Entspannung und Akzeptanz.

Fragebogenstudien zeigen den Nutzen der Achtsamkeit für das psychische Wohlbefinden. So korreliert der Wert der habituellen Achtsamkeit (erfasst durch die MAAS) positiv mit verschiedenen Maßen des Wohlbefindens, wie positivem Affekt, Lebenszufriedenheit, Selbstwertschätzung, wahrgenommener Autonomie und Kompetenz sowie negativ mit Depression, Ängstlichkeit, Neurotizismus, Feindseligkeit und negativem Affekt (Brown & Ryan, 2003). Bisher ist wenig darüber bekannt, mit welchen hirnelektrischen Korrelaten ein Training der Achtsamkeitsmeditation einhergeht.

### **3.3 Anwendung in der Psychotherapie**

Die Achtsamkeitsmeditation hat in den letzten beiden Jahrzehnten auch im psychotherapeutischen Bereich zunehmende Verbreitung erfahren (Baer, 2003; Germer, Siegel & Fulton, 2005; Heidenreich & Michalak, 2003). Das wohl bekannteste und am weitesten verbreitete

systematische Programm ist die Mindfulness Based Stress Reduction (MBSR) nach Kabat-Zinn (1982, 1990), welche störungsunspezifisch als achtwöchiges Gruppenprogramm eingesetzt wird. Darüber hinaus existieren weitere achtsamkeitsbasierte Psychotherapieverfahren, die auf spezifische Störungsbilder ausgerichtet sind, z.B. die Mindfulness-Based Cognitive Therapy (MBCT) von Segal, Williams und Teasdale (2002) zur Prävention eines Rückfalls in die Depression, die Dialectical Behavior Therapy (DBT) bei Borderlinestörung nach Linehan (1993) und achtsamkeitsbasierte Ansätze in der Behandlung von Abhängigkeit nach Marlatt (1994).

Die Wirksamkeit achtsamkeitsbasierter Programme bei der Behandlung verschiedener psychischer Störungen, wie Angststörungen, Depressionen und chronischem Schmerz, ist in verschiedenen Studien untersucht worden. Die Resultate sind viel versprechend: Metaanalysen fanden mittlere Effektstärken von 0.59 (Baer, 2003) bzw. 0.54 (Grossman, Niemann, Schmidt & Walach, 2004). Jedoch wird auf einen gravierenden Mangel an methodisch gut fundierten Untersuchungen hingewiesen, weshalb derzeit noch keine definitive Aussage zur Wirksamkeit der Meditation zur Gesundheitsverbesserung getroffen werden kann (Ospina et al., 2007). Weiterhin bedarf es der Durchführung von Grundlagenstudien zu physiologischen und psychologischen Veränderungen aufgrund von Meditationstraining, die auch Aufschluss über mögliche Wirkweisen der klinischen Programme geben können.

Bevor auf die physiologischen Korrelate des Meditationstrainings eingegangen wird, wird im folgenden Abschnitt die Meditationserfahrung mit ihren Bedingungen und ihr Einfluss auf die Achtsamkeit im Alltag Gegenstand der Betrachtung sein.

## **4 Meditationserfahrung, ihre Bedingungen und ihr Einfluss auf die Achtsamkeit**

Anhand von Untersuchungen mit Meditierenden verschiedener Traditionen ermittelte Piron (2003), dass Meditationserfahrungen in ihrer Qualität entlang einer Dimension variieren, die als Meditationstiefe bezeichnet und in fünf Tiefebereiche unterteilt werden kann. Diese Tiefebereiche erstrecken sich von Hindernissen während der Meditation über Entspannung, Konzentration und sog. „Essentielle Qualitäten“ (Empfindungen von Liebe, Verbundenheit, Hingabe und Dankbarkeit) bis hin zur Nicht-Dualität, in der das Erleben von kognitiven Prozessen verschwindet und eine allumfassende Einheit erfahren wird. Interessanterweise berichten Meditierende verschiedener Traditionen mit großer Übereinstimmung über ähnliche Meditationserfahrungen und eine vergleichbare Tiefestruktur. In einer Längsschnittstudie zeigte sich, dass die Meditationstiefe mit zunehmendem Übungsausmaß ansteigt (Piron, 2003). Darüber hinaus sind keine Studien veröffentlicht, die die Bedingungsfaktoren für das Erleben tiefer Meditation erfassen. Zur Einsicht in den Prozess des meditativen Erlebens

erscheint es jedoch lohnenswert, die Meditationstiefe als zentrales Konstrukt mit seinen Zusammenhängen zu Antezedenzen und Konsequenzen weiter zu untersuchen. In diesem Sinne beschäftigt sich die erste Studie des Dissertationsprojektes (siehe Anhang A: Hölzel & Ott, 2006) auf konzeptueller Ebene damit, wie die Tiefe des meditativen Erlebens mit potentiellen Einflussfaktoren und möglichen Auswirkungen in Zusammenhang steht. Mit der Methode linearer Strukturgleichungsmodelle wurde ein Modell überprüft, das einen Einfluss der Persönlichkeitseigenschaft Absorptionsfähigkeit und des Übungsumfanges auf die Meditationstiefe vorsieht sowie eine Wirkung der Meditationstiefe auf die Achtsamkeit im Alltag. Ein erweitertes Modell beinhaltete weitere Beziehungen zwischen den Variablen und beide Modelle wurden miteinander verglichen. Fragebögen erfassten die Meditationstiefe (Meditationstiefefragebogen; Piron, 2001, 2003), die Absorptionsfähigkeit (Tellegen Absorption Scale; Tellegen & Atkinson, 1974) und die Achtsamkeit im Alltag (FFA; Walach et al., 2006). Das erweiterte Modell erwies sich in der Untersuchung als überlegen und passte gut auf die empirischen Daten. Es zeigte sich, dass die Persönlichkeitseigenschaft Absorptionsfähigkeit einen stärkeren Einfluss auf die Meditationstiefe ausübte als der Übungsumfang. Die Meditationstiefe übte wiederum einen großen Einfluss auf die Achtsamkeit im Alltag aus und die Absorptionsfähigkeit zeigte einen mäßigen Einfluss auf die Achtsamkeit im Alltag. Interessant ist hier vor allem, dass der Übungsumfang keinen direkten Einfluss auf die Achtsamkeit im Alltag ausübte, sondern nur einen über die beiden anderen Variablen vermittelten. Zudem wirkte sich der Übungsumfang signifikant auf die Absorptionsfähigkeit aus.

Wie aus Studie 1 deutlich wird, ist es für ein besseres Verständnis der Wirkung von Meditation wichtig, die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Variablen in Betracht zu ziehen, die auf die Meditationserfahrung wirken und von ihr beeinflusst werden. Das vorgeschlagene umfassende Modell erwies sich als nützlich, das komplexe Gesamtgeschehen der Meditation abzubilden. Damit wurde erstmals ein Modell der Meditationserfahrung erarbeitet und evaluiert, das die Persönlichkeit der Meditierenden sowie auch deren Übungsumfang simultan als Einflussfaktoren einbezieht. Wie in Studie 1 erläutert (Hölzel & Ott, 2006) erfährt die Untersuchung dadurch eine Einschränkung, dass zwischen verschiedenen Meditationstechniken nicht differenziert wurde.

Während Studie 1 Meditationserfahrungen mit ihren Bedingungen und Folgen auf psychologisch-konzeptueller Ebene über verschiedene Meditationspraktiken hinweg untersuchte, beschäftigten sich Studie 2 und 3 mit den Auswirkungen der Meditationspraxis auf hirnpfysiologische Parameter und beschränkten sich dabei auf die Untersuchung der Achtsamkeitsmeditation.

## 5 Hirnfunktionelle Korrelate der Meditationspraxis

Einige empirische Arbeiten haben die Aktivierung des Gehirns während der Meditation untersucht, um die hirnhysiologischen Korrelate des meditativen Bewusstseinszustandes sichtbar zu machen. Die wohl meistbeachtete physiologische Untersuchung berichtete eine außergewöhnlich hohe Amplitude (Oszillation) und Synchronisierung im Gamma-Frequenz-Bereich des EEG bei tibetischen Meditierenden, während diese einen Zustand des liebenden Mitgefühls erzeugten (Lutz, Greischar, Rawlings, Ricard & Davidson, 2004). Die Studie veranschaulicht, dass der meditative Zustand auch hirnhysiologisch mit außergewöhnlichen Aktivierungsmustern einhergehen kann. Es liegt derzeit nur eine kleine Anzahl an Arbeiten vor, die mit Hilfe funktioneller Bildgebung die Hirnaktivierung während der Meditation untersuchten (z.B. Azari et al., 2001; Baerentsen, 2001; Herzog et al., 1990; Lazar et al., 2000, 2003; Lou et al., 1999; Newberg et al., 2001; Newberg, Pourdehnad, Alavi & d'Aquili, 2003; Ritskes, Ritskes-Hoitinga, Stodkilde-Jorgensen, Baerentsen & Hartman, 2003). Für ausführliche Übersichten über die publizierten Arbeiten sei auf Cahn und Polich (2006), Lutz, Dunne und Davidson (2007), sowie Newberg und Iversen (2003) verwiesen. Die zum Teil recht unterschiedlichen Befunde sind zum einen damit zu erklären, dass verschiedene Meditationstechniken untersucht wurden (vgl. Lutz, Dunne & Davidson, 2007). Desweiteren sind die unterschiedliche Expertise der Meditierenden zu beachten (vgl. Brefczynski-Lewis, Lutz, Schaefer, Levinson & Davidson, 2007), sowie die eingesetzten Kontrollbedingungen. Dennoch können über die verschiedenen Studien hinweg Hirnareale ausgemacht werden, in denen sich Aktivierung relativ häufig zeigt, wie der frontale Kortex und der temporale Kortex (vgl. Previc, 2006). Newberg und Iversen (2003) schlagen in ihrem Übersichtsartikel ein Modell der neuro-physiologischen Korrelate der Meditation vor. In diesem wird für Meditationsformen, die durch eine willentliche Aufmerksamkeitslenkung gekennzeichnet sind, eine Beteiligung des präfrontalen Kortex (PFC) sowie des cingulären Kortex erwartet, da diese für das Aufrechterhalten der Aufmerksamkeit (Faw, 2003) bzw. für das Ausblenden von Störreizen (MacDonald, Cohen, Stenger & Carter, 2000; van Veen & Carter, 2002) verantwortlich gemacht werden. Mit dieser Überlegung im Einklang zeigen sich die in vorliegenden Meditationsstudien auftretenden frontalen Aktivierungen vorwiegend im dorsolateralen PFC sowie im anterioren cingulären Kortex (ACC; vgl. Cahn & Polich, 2006). Im Modell wird außerdem die Rolle des Hippocampus für die Meditation hervorgehoben (Newberg & Iversen, 2003), weil er kortikales Arousal bedingt und im Zusammenspiel mit der Amygdala Aufmerksamkeit und Emotion moduliert (Joseph, 1996). Aktivierung in hippocampalen Regionen fand sich in verschiedenen Meditationsstudien (Lazar et al., 2000; Lou et al., 1999).

Bezüglich des Einflusses von regelmäßigem Meditationstraining auf mentale Fertigkeiten hat die Forschung der letzten Jahre Verbesserungen verschiedener kognitiver Funktionen

berichten können. So zeigten erfahrene Meditierende eine verbesserte Fähigkeit, binokulare Rivalität zu kontrollieren (Carter et al., 2005), eine verbesserte Leistung im Aufrechterhalten von Aufmerksamkeit (erfasst mit dem auditorischen Wilkins' counting test; Valentine & Sweet, 1999) und einen verminderten attentional blink Effekt, der mit einem reduzierten Bedarf an Aufmerksamkeitsressourcen für die Bearbeitung präsentierter Reize erklärt wurde (Slagter et al., 2007). Jha, Krompinger und Baime (2007) zeigten, dass Achtsamkeitstraining verbesserte Leistungen in den verschiedenen Subkomponenten der Aufmerksamkeit nach Posner und Petersen (1990) bewirkte. Interessanterweise zeigte sich dort, dass sich regelmäßig Meditierende zum ersten Messzeitpunkt von den anderen Versuchsteilnehmern in der Komponente der exekutiven Aufmerksamkeitskontrolle (conflict monitoring) unterschieden. Dieses System beinhaltet Mechanismen zur Überwachung und Bewältigung von Konflikten zwischen Gedanken, Gefühlen und Verhaltensantworten und ist damit im Kontext der Meditation hochrelevant. Die Komponente der exekutiven Aufmerksamkeit wurde mit der Aktivierung des ACC und des lateralen PFC in Zusammenhang gebracht (Posner & Rothbart, 2007), den Arealen, die auch während der Meditation typischerweise aktiviert sind (s.o.). Neben Effekten der Meditation auf Aufmerksamkeitsfunktionen wird angenommen, dass Meditationspraxis die Regulation der Emotion trainiert (Ekman, Davidson, Ricard & Wallace, 2005; Goleman, 2003). Tatsächlich weisen Achtsamkeitsmeditierende eine schneller abfallende physiologische Reaktion (elektrodermale Aktivität) auf aversive Stimuli sowie eine verminderte Modulation der Startle-Reaktion durch aversive Stimuli auf (Zeidler, 2007), was als Veränderung in der Emotionsregulation zu werten ist. In einer anderen Untersuchung zeigte sich, dass Teilnehmer eines MBSR Trainings nach dem Kurs eine erhöhte linksseitige anteriore Aktivierung im EEG aufwiesen (Davidson et al., 2003); ein Aktivierungsmuster, das zuvor mit dem Erleben von positiven Emotionen in Zusammenhang gebracht wurde (Davidson, 1992). Somit legt auch diese Studie eine Veränderung des emotionalen Erlebens als Folge von Achtsamkeitstraining nahe.

Die zweite Studie des Dissertationsprojektes untersuchte die Hirnaktivierung während der Atemachtsamkeitsmeditation (Anapanasati; s.o.), sowie die Unterschiede in dieser Aktivierung zwischen erfahrenen Meditierenden und Personen ohne vorherige Meditationspraxis (siehe Anhang B: Hölzel et al., 2007). Die Atemachtsamkeitsmeditation stellt eine der grundlegenden Meditationstechniken dar und wird in der Vipassana Tradition als vorbereitende Übung zur Konzentration und Reinigung des Geistes praktiziert (Hart, 1987). Die vorgelegte Studie stellt die erste veröffentlichte Untersuchung dar, die die Hirnaktivierung während der Atemachtsamkeit abbildet. Es wurde erwartet, dass die Meditierenden während der Meditation die Aufmerksamkeit besser bei der Aufgabe halten können als die Nicht-Meditierenden und dass sich diese verbesserte Funktion in einer veränderten Hirnaktivierung in Aufmerksamkeitsarealen zeigt. Da die Meditierenden vermutlich weniger in Gedanken

abschweifen, wurde zudem eine geringere Aktivierung von default-mode Strukturen erwartet. Aktivierung in default-mode Strukturen wird typischerweise mit dem Auftreten selbstgenerierter mentaler Aktivität während eines Ruhezustandes in Zusammenhang gebracht (Gusnard, Akbudak, Shulman & Raichle, 2001).

Während der Atemachtsamkeit zeigte sich in der Gesamtstichprobe Aktivierung bilateral im postzentralen Gyrus, die in der rechten Hemisphäre bis hin zum rolandischen Operculum reichte. Diese Aktivierung ist im Sinne des sensorischen Aspektes der Aufgabe zu interpretieren: die sensorische Repräsentation der Lippen wurde an der Basis des prä- und postzentralen Gyri lokalisiert (Nakamura et al., 1998), das rolandische Operculum zeigt sich aktiv bei sensorischer Stimulation im Mund- und Rachenraum (Cerf-Ducastel, Van de Moortele, MacLeod, Le Bihan & Faurion, 2001). Ferner zeigten sich Aktivierungen im linken inferioren Temporallappen und der parahippocampalen Region beider Hemisphären. Der parahippocampalen Region wird ein wichtiger Beitrag zu Funktionen des emotionalen Gedächtnisses sowie der sensorischen Wahrnehmung (Suzuki, 1996), bzw. der Zuleitung von Sinnesinformationen zu anderen Teilen des limbischen Systems (Trepel, 1999) zugeschrieben und sie zeigte sich bereits früher während der Meditation aktiviert (Lazar et al., 2000). Auch eine erhöhte Aktivierung des Temporallappens während der Meditation wurde bereits in früheren Studien berichtet (Lazar et al., 2000; Lou et al., 1999) und könnte mit Befunden im Zusammenhang gebracht werden, wonach religiöse und mystische Erfahrungen mit starker Aktivierung des Temporallappens einhergehen (Previc, 2006; Saver & Rabin, 1997).

Da die achtsamkeitsspezifische Komponente betrachtet werden sollte, wurde für die Ermittlung des Unterschiedes in den Aktivierungen zwischen Meditierenden und Nicht-Meditierenden der Kontrast zwischen der Atemachtsamkeitsbedingung und einer Aufmerksamkeits-Kontrollbedingung (Kopfrechenaufgaben) betrachtet. Es zeigte sich eine stärkere Aktivierung des bilateralen rostral-ventralen ACC und des bilateralen medialen PFC bei den Meditierenden im Vergleich zu den Kontrollpersonen. In Selbstauskünften zur Atemachtsamkeitsbedingung berichteten die Meditierenden eine stärkere Aufmerksamkeitsfokussierung, tendenziell weniger Schwierigkeiten mit der Aufgabe, mehr Wohlbefinden und Freude sowie signifikant weniger Langeweile als die Kontrollpersonen. Da sich keine stärkere Aktivierung in anderen default-mode Strukturen zeigte, wurde die Aktivierung im medialen PFC nicht im Sinne einer default-Aktivierung interpretiert. Sie lässt hingegen auf eine stärkere Emotionsregulation bei den Meditierenden schließen (Lane et al., 1997; Phan, Wager, Taylor & Liberzon, 2002), was gut mit den Erwartungen (Ekman et al., 2005) sowie den bisherigen empirischen Befunden zur veränderten Emotionsregulation bei Meditierenden (Davidson et al., 2003; Zeidler, 2007) übereinstimmt.

Die stärkere Aktivierung im ACC bei den Meditierenden könnte mit dem Erleben positiverer Emotionen in Zusammenhang stehen (Vogt, Berger & Derbyshire, 2003). Alternativ kann sie als eine stärkere Bearbeitung von Reizen, die mit der auszuführenden Aufgabe in Konflikt stehen, gedeutet werden (Bush, Luu & Posner, 2000). In diesem Sinne scheint es, dass die erfahrenen Meditierenden mehr Ressourcen für die Aufmerksamkeitsregulation aufbringen, als die Nicht-Meditierenden. Die diesbezüglichen Ergebnisse stimmen gut mit den Befunden von Jha et al. (2007) überein, die bei Meditierenden ebenfalls eine verbesserte Leistung in der exekutiven Aufmerksamkeitskomponente fanden.

In einer kürzlich von Brefczynski-Lewis et al. (2007) vorgelegten Studie zeigte sich ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang zwischen der Meditationserfahrung und der Aktivierung von Aufmerksamkeitsarealen, wobei eine Gruppe von Meditierenden mit einer Meditationserfahrung von ~19.000 Stunden im Vergleich zu Meditationsanfängern eine stärkere Aktivierung von Aufmerksamkeitsarealen beim Praktizieren konzentrativer Meditation aufwies, eine Gruppe von Meditierenden mit einem Training von ~44.000 Stunden jedoch eine geringere Aktivierung zeigte. Demnach ist zu vermuten, dass die Aufmerksamkeitsregulation bei sehr hoher Expertise anstrengungslos wird. Mit einer maximalen Meditationserfahrung von 18.000 Stunden gliedern sich die Daten von Studie 2 in das von Brefczynski-Lewis et al. vorgeschlagene Erklärungsmuster ein. Zwar wird in Bezug auf die ACC Aktivierung bei Brefczynski-Lewis et al. lediglich eine höhere Aktivierung für Novizen als für Experten berichtet. Eine möglicherweise darüber hinausgehende ACC Aktivierung für Meditierende mit geringerer Meditationserfahrung kann mit der Streubreite der Meditationsexpertise bei Brefczynski-Lewis et al. jedoch nicht aufgedeckt werden. In sofern könnten sich die Daten der beiden Studien ergänzen, um den umgekehrt U-förmigen Zusammenhang zwischen Meditationsexpertise und ACC Aktivierung sichtbar zu machen.

Zusammenfassend zeigte sich während der Atemachtsamkeitsmeditation eine Beteiligung des linken inferioren Temporallappen sowie der bilateralen parahippocampalen Region; also Arealen, die bereits in anderen Studien während der Meditation Aktivierung zeigten. Zudem fand sich eine aufgabenspezifische Beteiligung sensorischer Areale. Im Kontrast zeigten die erfahrenen Meditierenden eine höhere Aktivierung des ACC, die wahrscheinlich mit dem stärkeren Ausblenden von Störreizen in Zusammenhang steht, und eine höhere Aktivierung des medialen PFC, die eine stärkere Emotionsregulation repräsentieren könnte.

## **6 Hirnstrukturelle Korrelate der Meditationspraxis**

Zuletzt stellte sich die Frage, ob Meditierende eine andere Hirnstruktur aufweisen als Nicht-Meditierende. In den letzten Jahren konnte in verschiedenen Untersuchungen gezeigt werden, dass ein Training bestimmter Fertigkeiten auch im menschlichen Gehirn eine Ver-

änderung der grauen Substanz bewirken kann. So fanden Maguire et al. (2000) bei Londoner Taxifahrern im posterioren Hippocampus, dem eine entscheidende Funktion für das räumliche Gedächtnis zugeschrieben wird (Hock & Bunsey, 1998), eine signifikant höhere Dichte grauer Substanz als bei Kontrollpersonen. Die Zeit des Taxifahrens war zudem positiv mit der Dichte des rechten posterioren Hippocampus korreliert. Mechelli et al. (2004) zeigten, dass bei Personen, die eine zweite Sprache erlernt hatten, die Dichte der grauen Substanz im linken inferioren Parietallappen gegenüber der von Personen ohne Kenntnis einer zweiten Sprache erhöht war. Die Dichte in dieser Region korrelierte positiv mit dem Niveau der Sprachkenntnis sowie negativ mit dem Alter bei Sprachaneignung (Mechelli et al., 2004). Obwohl es möglich wäre, dass Personen mit einer höheren Dichte grauer Substanz in den relevanten Regionen prädisponiert sind, Taxi zu fahren, bzw. eine zweite Sprache zu erlernen, legen die Korrelationen mit dem Ausmaß der Erfahrung bzw. dem Alter bei Spracherwerb (die wahrscheinlich eher sozial als genetisch bedingt sind) nahe, dass es sich bei den Unterschieden um eine Folge des Trainings handelt. Einen klaren Kausalschluss lässt die Studie von Draganski et al. (2004) zu, die in einem kontrollierten prä-post-Design den Effekt von Jonglagentraining auf die graue Substanz untersuchte. Dort zeigte sich, dass das Erlernen einer klassischen 3-Ball-Kaskade innerhalb eines Zeitraums von bis zu drei Monaten zu einer Zunahme der grauen Substanz bilateral in medialen temporalen Bereichen und im linken posterioren intraparietalen Sulcus führt; Effekte, die mit dem Erinnern der Richtung visueller Bewegung (Bisley & Pasternak, 2000) und der Aufmerksamkeitslenkung auf die visuellen Reize (Hopfinger, Buonocore & Mangun, 2000) in Zusammenhang zu stehen scheinen. Das spätere Unterlassen der Jonglier-Übungen führte zu einer Rückkehr der Dichte in denselben Bereichen bis zum Ausgangswert. Mit diesen Befunden wurde die frühere Annahme in Frage gestellt, Lernen wirke sich nur auf die Funktion des Gehirns, nicht jedoch auf seine Struktur aus. Es wird heute davon ausgegangen, dass die wiederholte Aktivierung bestimmter Kortexareale eine Veränderung auf struktureller Ebene bewirkt. Eine Studie von May et al. (2007) zeigt, dass sogar eine Stimulation durch repetitive transkranielle Magnetstimulation kortikale Veränderungen in der grauen Substanz bereits innerhalb von fünf Tagen kontinuierlicher Intervention verursacht.

Bisher wurde nur eine Studie veröffentlicht, die den Effekt eines regelmäßigen Meditationstrainings auf die Hirnstruktur untersucht. Lazar et al. (2005) verglichen die Kortexdicke zwischen 20 Meditierenden und 15 Nicht-Meditierenden und stellten fest, dass die Gruppe der Meditierenden einen dickeren Kortex in der rechten anterioren Insula aufwies. Diese spielt eine wesentliche Rolle für die Aufmerksamkeit auf interozeptive Reize und ihr lokales Volumen korreliert mit der Akkuratheit deren Wahrnehmung (Critchley, Wiens, Rotshtein, Öhman & Dolan, 2004). Weiterhin zeigten die Meditierenden eine höhere Kortexdicke im linken superioren Temporallappen sowie dem rechten mittleren und superioren Frontal-

sulcus. Eine tendenziell erhöhte Dicke fand sich in einer kleinen Region im Fundus des zentralen Sulcus (somatosensorischer Kortex). Lazar et al. (2005) nehmen an, dass regelmäßiges Meditationstraining strukturelle Veränderungen in kortikalen Regionen der Interozeption, Somatosensorik und der Aufmerksamkeitsregulation bewirkt.

Im Gegensatz zur Studie von Lazar wurde in der dritten Studie des vorliegenden Dissertationsprojektes (vgl. Anhang C: Hölzel et al., in press) nicht die Dicke der Kortexschicht untersucht, sondern deren Konzentration, bzw. Dichte. Konkret handelt es sich bei der analysierten Variable um das aus einem Segmentationsalgorithmus hervorgehende Verhältnis der grauen Substanz zu den anderen Hirngewebearten. Die graue Substanz setzt sich aus Nervenzellkörpern, Gliazellen (Astroglia und Oligodendrozyten), Kapillaren und kurzen Nervenzellfortsätzen (Axone und Dendriten) zusammen und erhält ihre bräunlich graue Farbe durch die Kapillaren und Nervenzellkörper. Die anatomischen MRI Aufnahmen einer Gruppe von erfahrenen Meditierenden wurden mit denen von Kontrollpersonen mit dem Verfahren der Voxel-basierten Morphometrie verglichen (Ashburner & Friston, 2000; Good et al., 2001; Mechelli, Price, Friston & Ashburner, 2005). Die Hypothesen der Studie besagten, dass sich eine für die Meditierenden erhöhte Dichte grauer Substanz in Regionen zeigt, die häufig während der Meditation aktiviert sind (ACC, dorsolateraler PFC, Hippocampus, inferiorer Temporallappen sowie postzentraler Gyrus) sowie – aufgrund ihrer Rolle für die Interozeption und des Befundes der vorhergehenden Studie (Lazar et al., 2005) – in der rechten anterioren Insula. Die Ergebnisse zeigten, dass die Dichte der grauen Substanz bei den Meditierenden in verschiedenen Regionen höher war als bei den Kontrollpersonen, während die Kontrollpersonen auf gleichem Signifikanzniveau keine höhere Dichte aufwiesen als die Meditierenden. Die Hypothese, dass Meditierende in der rechten anterioren Insula, dem rechten Hippocampus und dem linken inferioren Temporallappen höhere Dichte grauer Substanz aufweisen, ließ sich stützen. Eine Beteiligung des Hippocampus bei der Meditation wurde bereits im Modell von Newberg und Iversen (2003) vorgeschlagen und erscheint aufgrund dessen wesentlicher Rolle bei emotionalem Lernen (Phelps, 2006; Sotres-Bayon, Cain & LeDoux, 2006) und der Modulation von kortikalem Arousal, die ihm neben der altbekannten Funktion des Gedächtnisses zugeschrieben wird (Joseph, 1996), plausibel. Im linken inferioren Temporallappen zeigte sich insbesondere, dass der Gruppenunterschied in den Regionen lag, die in Studie 2 als während der Meditation aktiviert identifiziert worden waren. Zudem fand sich eine signifikante positive Korrelation der für jeden Meditierenden ermittelten Summe der Stunden Meditationstraining mit dem Mittelwert der Grauwerte für das Cluster im linken inferioren Temporallappen. Es wird somit vermutet, dass die Veränderung der grauen Substanz durch die wiederholte Aktivierung dieses Areals während der Meditation verursacht ist. Eine explorative voxelweise Korrelation mit dem Umfang der Meditationspraxis ergab, dass die Dichte grauer Substanz im orbitofrontalen Kortex (OFC) signifikant mit

der Meditationspraxis korreliert war. Dem OFC wird eine wichtige Rolle bei der Emotionsregulation zugesprochen (Milad et al., 2005; Quirk & Beer, 2006). Die erwarteten Gruppenunterschiede im ACC, dorsolateralen PFC und postzentralen Gyrus konnten mit den Daten der Studie nicht gestützt werden.

Derzeit ist das Korrelat der Veränderungen der grauen Substanz auf histologischer oder zellulärer Ebene unbekannt (May & Gaser, 2006). Somit bleibt unklar, ob die Unterschiede durch eine Veränderung der Zellgröße, dendritischer oder axonaler Verästelungen oder durch ein Wachstum der Dornfortsätze zustande kommen. Hierfür ist der Einsatz anderer methodischer Verfahren, wie mikroskopischer Vermessungen unabdingbar. Direkte Vergleiche anatomischer MRI Daten mit histologischen Daten könnten das Verständnis der Mechanismen struktureller Reorganisation voranbringen.

Zusammenfassend zeigte Studie 3, dass Areale, die während der Meditation aktiviert sind und denen Funktionen zugeschrieben werden, die durch Meditationsübungen kultiviert werden, bei Meditierenden eine höhere Dichte aufweisen, bzw. dass deren Dichte mit der Meditationspraxis ansteigt.

## **7 Diskussion und Ausblick**

Mit der vorliegenden Dissertation wurde ein Beitrag zur Erforschung der Mechanismen und Korrelate der Meditationspraxis auf konzeptueller und hirnebene Ebene geleistet. Dabei verdeutlichte Studie 1, dass es für ein Verständnis des komplexen Gesamtgeschehens der Meditation nützlich ist, verschiedene Variablen simultan in ein Wirkmodell einzubeziehen. Es wurde ein Modell erarbeitet, das eine gute Anpassung an die empirischen Daten zeigte. Folgestudien sollten die Ergebnisse replizieren, zwischen verschiedenen Meditationstechniken differenzieren und die Veränderungen im zeitlichen Verlauf betrachten. Studie 2 bildete erstmals die Hirnaktivierung während der Atemachtsamkeitsmeditation ab und zeigte die funktionellen Unterschiede auf, die dabei zwischen Meditierenden und Nicht-Meditierenden bestehen. Die Daten sind gut mit Überlegungen vereinbar, wonach Meditierende in der exekutiven Aufmerksamkeitskontrolle und der Emotionsregulation trainiert sind. Studie 3 zeigte, dass Meditierende eine höhere Konzentration grauer Substanz in Arealen aufweisen, die typischerweise während der Meditation aktiviert sind bzw. mit Funktionen in Zusammenhang gebracht werden, die durch die Meditation kultiviert werden. Die Daten von Studie 3 reihen sich damit gut in Forschungsarbeiten ein, die nahe legen, dass ein Training spezifischer Fertigkeiten mit einer strukturellen Reorganisation in entsprechenden Hirnarealen einhergeht. Im Folgenden sollen kritisch die Einschränkungen der Studien angesprochen und mögliche zukünftige Forschungsthemen aufgezeigt werden.

Die Meditationsforschung sieht sich häufig dem Problem ausgesetzt, dass Meditierende selbstselektiert sind. Fast sämtliche Meditationsstudien sind Querschnittstudien, die eine Gruppe Meditierender mit einer Gruppe Nicht-Meditierender vergleichen. Gruppenunterschiede sind damit nicht eindeutig kausal mit der Meditationspraxis zu erklären, sondern könnten bereits vorher bestanden und die Meditierenden dazu prädisponiert haben, die Meditationspraxis zu beginnen. Eine randomisierte Zuweisung der Personen zu den Gruppen ist aufgrund des zeitaufwändigen und langen Trainings jedoch kaum möglich. Aus ethischen Gründen ist es auch nicht möglich, einer Gruppe Interessierter die Meditationspraxis über einen langen Zeitraum vorzuenthalten. Diese Schwierigkeit kann umgangen werden, indem kurzfristige Interventionen, wie das MBSR Training, im prä-post-Design untersucht werden. Für die hier vorgelegten Studien wäre eine Replikation der Befunde an Stichproben, die ein MBSR Training durchlaufen, wünschenswert.

Die fMRT-basierte Erforschung der Hirnaktivierung während der Meditation sieht sich verschiedenen Schwierigkeiten ausgesetzt. Es ist erforderlich, Kontrollbedingungen zu entwickeln, die sich von der Meditationsbedingung nur darin unterscheiden, dass keine Meditation stattfindet. Da Meditierende in Phasen ohne weitere kognitive Aufgaben Gefahr laufen, habituell die Meditation zu beginnen, sind reine Ruhebedingungen als Kontrollbedingungen nicht empfehlenswert. Bisher konnte in keiner publizierten Studie dieses Dilemma zufriedenstellend gelöst werden. Weiterhin bringen BOLD-basierte fMRT Untersuchungen die Schwierigkeit mit sich, dass die einzelnen Blocks sehr kurz sein müssen, damit ein ausreichend sensitiver Hochpassfilter eingesetzt werden kann. Ein tiefer meditativer Zustand ist auf diese Weise nicht zu untersuchen, da sich dieser erst nach einiger Zeit der Meditation einstellt. Es besteht folglich die Notwendigkeit, andere Methoden zum Einsatz zu bringen. Arterial spin labeling ermöglicht die Erfassung längerer Blocks (Brown, Clark & Liu, 2007; Weber et al., 2004) und könnte die Methode der Wahl für zukünftige Studien sein.

Literaturübersichten machen deutlich, dass nach wie vor ein großer Bedarf an Studien über die psychologischen und physiologischen Mechanismen der Meditation besteht (Baer, 2003; Cahn & Polich, 2006; Ivanovski & Malhi, 2007; Lutz, Dunne & Davidson, 2007). Aufgrund des steigenden Interesses an der Meditation ist durch die wissenschaftlichen Untersuchungen der nächsten Jahre diesbezüglich ein Erkenntniszuwachs zu erwarten.

Die Ergebnisse von Studie 2 sowie verschiedene andere Arbeiten legen nahe, dass Meditation zu einer Verbesserung der Aufmerksamkeitsregulation führt. Der klinischen Forschung wird die Aufgabe zukommen, die Möglichkeit zum therapeutischen Einsatz der Achtsamkeitsmeditation bei Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHD) auszuloten (vgl. Harrison, Manocha & Rubia, 2004, für eine Studie zur Yogameditation bei ADHD). Ähnliches gilt für die Verbesserung der Emotionsregulation, die der Meditation zugeschrieben wird.

Erfolge im Einsatz von MBSR bzw. MBCT Training bei Angstpatienten und Depressiven stützen diese Erwartung (Ivanovski & Malhi, 2007). Hier ist es interessant, die neurophysiologischen Korrelate der Symptomverbesserungen zu ermitteln. Möglicherweise geht dabei eine stärkere Aktivierung emotionsregulierender Areale, wie dem OFC und medialen PFC, mit einer Hemmung von Arealen einher, denen die Verarbeitung bedrohlicher Reize zugeschrieben wird (z.B. Amygdala, dorsales ACC). Ähnliche Mechanismen wurden von Creswell, Eisenberger und Lieberman (in press; vgl. Brown et al., in press) für Personen mit hoher dispositioneller Achtsamkeit im Vergleich zu Personen mit niedriger Achtsamkeit gefunden, wenn diese auf eine soziale Bedrohung reagierten. Werden vergleichbare Mechanismen durch ein MBSR Training bei psychisch Kranken gestärkt?

Die Aufgabe zukünftiger Meditationsforschungsprojekte wird es sein, die Verbesserungen kognitiver Fertigkeiten und der Emotionsregulation differenzierter zu untersuchen. Hier wird es erforderlich sein, ausführlichere Erfahrungsberichte zu erheben und diese direkt mit den physiologischen Befunden in Zusammenhang zu bringen. Des Weiteren sollten verschiedene Meditationstechniken deutlicher voneinander abgegrenzt und deren Besonderheiten für die Regulation mentaler Fertigkeiten herausgestellt werden. Dunne schlägt ein Klassifikationssystem zur exakten Beschreibung der Meditationspraxis auf verschiedenen Ebenen vor (vgl. Lutz, Dunne & Davidson, 2007), das als Anhaltspunkt für weitere Arbeiten dienen kann.

Da geübte Meditierende die Fähigkeit besitzen, mentale Vorgänge differenziert wahrzunehmen und zu berichten, können sie in sogenannten first-person Ansätzen präzise Auskünfte über ihr inneres Erleben geben (Lutz & Thompson, 2003). Dies kann in der Grundlagenforschung genutzt werden, um die Erfahrungsberichte mit physiologischen Maßen in Zusammenhang zu bringen. Im klinischen Bereich könnte mit der Integration der Achtsamkeit ein substanzieller Zuwachs für die Psychotherapie durch ein Herangehen gewonnen werden, das stärker an Akzeptanz und Desidentifizierung orientiert ist, anstatt an Veränderung (Heidenreich & Michalak, 2003). Und letztendlich besteht die Hoffnung, dass mit stärkerer Verbreitung der Meditation in der Gesamtbevölkerung die Menschen zu mehr psychischem Wohlbefinden und zu Selbstkenntnis kommen.

Du kannst nur lernen, dass du das, was du suchst, schon selber bist. Alles Lernen ist das  
Erinnern an etwas, das längst da ist und nur auf Entdeckung wartet. Alles Lernen ist nur das  
Wegräumen von Ballast, bis so etwas übrig bleibt wie eine leuchtende innere Stille. Bis du  
merkst, dass du selbst der Ursprung von Frieden und Liebe bist. Sokrates

## 8 Literatur

- Ashburner, J., & Friston, K. J. (2000). Voxel-based morphometry: The methods. *Neuroimage* 11, 805–821.
- Azari, N. P., Nickel, J., Wunderlich, G., Niedeggen, M., Hefter, H., Tellmann, L., et al. (2001). Neural correlates of religious experience. *European Journal of Neuroscience*, 13, 1649–1652.
- Azeemi, K. S. (2005). *Muraqaba: The Art and Science of Sufi Meditation*. Houston, TX: Plato Publishing.
- Baer, R. A. (2003). Mindfulness training as a clinical intervention: A conceptual and empirical review. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 10, 125–143.
- Baer, R. A., Smith, G. T., & Allen, K. B. (2004). Assessment of mindfulness by self-report: The Kentucky Inventory of Mindfulness Skills. *Assessment*, 11, 191–206.
- Baerentsen, K. B. (2001). Onset of meditation explored with fMRI. *Neuroimage*, 13 (Suppl.), S297.
- Barinaga, M. (2003). Studying the well-trained mind. *Science*, 302, 44–46.
- Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S., Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J., et al. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 11, 230–241.
- Bisley, J. W., & Pasternak, T. (2000). The multiple roles of visual cortical areas MT/MST in remembering the direction of visual motion. *Cerebral Cortex*, 10, 1053–1065.
- Brefczynski-Lewis, J. A., Lutz, A., Schaefer, H. S., Levinson, D. B., & Davidson, R. J. (2007). Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 104, 11483–11488.
- Brown, G. G., Clark, C., & Liu, T. T. (2007). Measurement of cerebral perfusion with arterial spin labeling: Part 2. Applications. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13, 526–538.
- Brown, K. W., & Ryan, R. M. (2003). The benefits of being present: Mindfulness and its role in psychological well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84, 822–848.
- Brown, K. W., Ryan, R. M., & Creswell, J. D. (in press). Mindfulness: Theoretical foundations and evidence for its salutary effects. *Psychological Inquiry*.
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 215–222.
- Cahn, B. R., & Polich, J. (2006). Meditation states and traits: EEG, ERP, and neuroimaging studies. *Psychological Bulletin*, 132, 180–211.
- Carter, O. L., Presti, D. E., Callistemon, C., Ungerer, Y., Liu, G. B., & Pettigrew, J. D. (2005). Meditation alters perceptual rivalry in Tibetan Buddhist monks. *Current Biology*, 15, R 412–R 413.
- Cerf-Ducastel, B., Van de Moortele, P.-F., MacLeod, P., Le Bihan, D., & Faurion, A. (2001). Interaction of gustatory and lingual somatosensory perception at the cortical level in the human: a functional magnetic resonance imaging study. *Chemical Senses*, 26, 371–383.
- Critchley, H. D., Wiens, S., Rotshtein, P., Öhman, A., & Dolan, R. J. (2004). Neural systems supporting interoceptive awareness. *Nature neuroscience*, 7, 189–195.

- Davidson, R. J. (1992). Emotion and affective style: hemispheric substrates. *Psychological Science*, 3, 39–43.
- Davidson, R. J., Kabat-Zinn, J., Schumacher, J., Rosenkranz, M., Muller, D., Santorelli, S.F. et al. (2003). Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation. *Psychosomatic Medicine*, 65, 564–570.
- Das, N. N., & Gastaut, H. C. (1955). Variations de l'activité électrique du cerveau, du cœur et des muscles squelettiques au cours de la méditation et de l'extase yogique [Variations in the electrical activity of the brain, heart, and skeletal muscles during yogic meditation and trance]. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 6 (Suppl.), 211–219.
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U., & May, A. (2004). Changes in gray matter induced by training. *Nature*, 427, 311–312.
- Ekman, P., Davidson, R. J., Ricard, M., & Wallace, B. A. (2005). Buddhist and psychological perspectives on emotions and well-being. *Current Directions in Psychological Science*, 14, 59–63.
- Engel, K. (1999). *Meditation: Geschichte, Systematik, Forschung, Theorie*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Faw, B. (2003). Pre-frontal executive committee for perception, working memory, attention, long-term memory, motor control, and thinking: A tutorial review. *Consciousness and Cognition*, 12, 83–139.
- Germer, C. K., Siegel, R. D., & Fulton, P. R. (2005). *Mindfulness and psychotherapy*. New York: Guilford Press.
- Gethin, R. (1998). *The foundations of Buddhism*. New York: Oxford University Press.
- Goleman, D. J. (2003). *Destructive emotions: How can we overcome them? A scientific dialogue with the Dalai Lama*. New York: Bantam Books.
- Good, C. D., Johnsrude, I. S., Ashburner, J., Henson, R. N. A., Friston, K. J., & Frackowiak, R. S. J. (2001). A voxel-based morphometric study of ageing in 465 normal adult human brains. *Neuroimage*, 14, 21–36.
- Grossman, P., Niemann, L., Schmidt, S., & Walach, H. (2004). Mindfulness-based stress reduction and health benefits: A meta-analysis. *Journal of Psychosomatic Research*, 57, 35–43.
- Gusnard, D. A., Akbudak, E., Shulman, G. L., & Raichle, M. E. (2001). Medial prefrontal cortex and self-referential mental activity: relation to a default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 98, 4259–4264.
- Harrison, L. J., Manocha, R., & Rubia, K. (2004). Sahaja yoga meditation as a family treatment programme for children with attention deficit-hyperactivity disorder. *Clinical Child Psychology and Psychiatry*, 9, 479–497.
- Hart, W. (1987). *The Art of Living: Vipassana-Meditation as Taught by S.N. Goenka*. San Francisco: Harper and Row.
- Heidenreich, T., & Michalak, J. (2003). Achtsamkeit („Mindfulness“) als Therapieprinzip in Verhaltenstherapie und Verhaltensmedizin. *Verhaltenstherapie*, 13, 264–274.
- Herzog, H., Lele, V. R., Kuwert, T., Langen, K. J., Kops, E. R., & Feinendegen, L. E. (1990). Changed pattern of regional glucose metabolism during Yoga meditative relaxation. *Neuropsychobiology*, 23, 182–187.
- Hock, B. J., & Bunsey, M. D. (1998). Differential effects of dorsal and ventral hippocampal lesions. *The Journal of Neuroscience*, 18, 7027–7032.

- Hölzel, B., & Ott, U. (2006). Relationships between meditation depth, absorption, meditation practice, and mindfulness: A latent variable approach. *Journal of Transpersonal Psychology, 38*, 179–199.
- Hölzel, B., Ott, U., Hempel, H., Hackl, A., Wolf, K., Stark, R., & Vaitl, D. (2007). Differential engagement of anterior cingulate and adjacent medial frontal cortex in adept meditators and non-meditators. *Neuroscience Letters, 421*, 16–21.
- Hölzel, B., Ott, U., Gard, T., Hempel, H., Weygandt, M., Morgen, K., & Vaitl, D. (in press). Investigation of mindfulness meditation practitioners with voxel-based morphometry. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*.
- Hopfinger, J. B., Buonocore, M. H., & Mangun, G. R. (2000). The neural mechanisms of topdown attentional control. *Nature neuroscience, 3*, 284–291.
- Ivanovski, B., & Malhi, G. S. (2007). The psychological and neurophysiological concomitants of mindfulness forms of meditation. *Acta Neuropsychiatrica, 19*, 76–91.
- Jäger, W. (2002). *Kontemplation*. Freiburg i.Br., Germany: Herder.
- Jha, A. P., Krompinger, J., & Baime, M. (2007). Mindfulness training modifies subsystems of attention. *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience, 7*, 109–119.
- Joseph, R. (1996). *Neuropsychology, neuropsychiatry, and behavioral neurology*. New York: Williams & Wilkins.
- Kabat-Zinn, J. (1982). An outpatient program in behavioural medicine for chronic pain patients based on the practice of mindfulness meditation: Theoretical considerations and preliminary results. *General Hospital Psychiatry, 4*, 33–47.
- Kabat-Zinn, J. (1990). *Full catastrophe living: Using the wisdom of your body and mind to face stress, pain, and illness*. New York: Delacorte.
- Kabat-Zinn, J. (2003). Mindfulness-based interventions in context: Past, present, and future. Commentaries. *Clinical Psychology: Science and Practice, 10*, 144–156.
- Kaplan, A. (1982). *Meditation and Kabbalah*. York Beach, ME: Samuel Weiser.
- Krishnamurti, J. (1979). *Exploration into insight*. Pondicherry: All India Press.
- Lane, R. D., Reiman, E. M., Bradley, M. M., Lang, P. J., Ahern, G. L., Davidson, R. J. et al. (1997). Neuroanatomical correlates of pleasant and unpleasant emotion. *Neuropsychologia, 35*, 1437–1444.
- Lazar, S. W., Bush, G., Gollub, R. L., Fricchione, G. L., Khalsa, G., & Benson, H. (2000). Functional brain mapping of the relaxation response and meditation. *Neuroreport, 11*, 1581–1585.
- Lazar, S. W., Kerr, C. E., Wasserman, R. H., Gray, J. R., Greve, D. N., Treadway, M. T. et al. (2005). Meditation experience is associated with increased cortical thickness. *Neuroreport, 16*, 1893–1897.
- Lazar, S. W., Rosman, I. S., Vangel, M., Rao, V., Dusek, H., Benson, H., et al. (2003, November). *Functional brain imaging of mindfulness and mantra-based meditation*. Paper presented at the Society for Neuroscience, New Orleans, LA.
- Linehan, M. M. (1993). *Cognitive-behavioral treatment of borderline personality disorder*. New York: Guilford.
- Lutz, A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2007). Meditation and the neuroscience of consciousness: An introduction. In P. Zelazo, M. Moscovitch, E. Thompson (Eds.), *Cambridge Handbook of Consciousness* (pp. 499–554). Cambridge University Press.
- Lutz, A., Greischar, L. L., Rawlings, N. B., Ricard, M., & Davidson, R. J. (2004). Long-term meditators self-induce high-amplitude gamma synchrony during mental practice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 101*, 16369–16373.

- Lutz, A., & Thompson, E. (2003). Neurophenomenology: Integrating subjective experience and brain dynamics in the neuroscience of consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 10, 31–52.
- Lou, H. C., Kjaer, T. W., Friberg, L., Wildschiodtz, G., Holm, S., & Nowak, M. (1999). A O-H<sub>2</sub>O PET study of meditation and the resting state of normal consciousness. *Human Brain Mapping*, 7, 98–105.
- MacDonald, A. W., Cohen, J. D., Stenger, V. A., & Carter, C. S. (2000). Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and the anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science*, 288, 1835–1838.
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J. et al. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 97, 4398–4403.
- Mahasi Sayadaw (2004). *Der Weg zum Nibbana: Drei Abhandlungen über Vipassana-Meditation*. Berlin: Michael Zeh Verlag.
- Marlatt, G. A. (1994). Addiction, mindfulness, and acceptance. In S. C. Hayes, N. S. Jacobson, V. M. Follette, & M. J. Dougher (Eds.), *Acceptance and change: Content and context in psychotherapy* (pp.175–197). Reno, NV: Context Press.
- May, A., & Gaser, C. (2006). Magnetic resonance-based morphometry: A window into structural plasticity of the brain. *Current Opinion in Neurology*, 19, 407–411.
- May, A., Hajak, G., Gänßbauer, S., Steffens, T., Langguth, B., Kleinjung, T. et al. (2007). Structural brain alterations following 5 days of intervention: Dynamic aspects of neuroplasticity. *Cerebral Cortex*, 17, 205–210.
- Mechelli, A., Crinion, J. T., Noppeney, U., O’Doherty, J., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. et al. (2004). Structural plasticity in the bilingual brain. *Nature*, 431, 757.
- Mechelli, A., Price, C. J., Friston, K. J., & Ashburner, J. (2005). Voxel-based morphometry of the human brain: Methods and applications. *Current Medical Imaging Reviews*, 1, 105–113.
- Milad, M. R., Quinn, B. T., Pitman, R. K., Orr, S. P., Fischl, B., & Rauch, S. L. (2005). Thickness of ventromedial prefrontal cortex in humans is correlated with extinction memory. *Proceedings of the National Academy of the Sciences of the USA*, 102,10706–10711.
- Murphy, M., & Donovan, S. (1997). *The physical and psychological effects of meditation*. Sausalito, CA: Institute of Noetic Sciences.
- Nakamura, A., Yamada, T., Goto, A., Kato, T., Ito, K., Abe, Y. et al. (1998). Somatosensory homunculus as drawn by MEG. *Neuroimage*, 7, 377–386.
- Newberg, A. B., Alavi, A., Baime, M., Pourdehnad, M., Santanna, J., & d’Aquili, E. (2001). The measurement of regional cerebral blood flow during the complex cognitive task of meditation: A preliminary SPECT study. *Psychiatry Research*, 106, 113–122.
- Newberg, A. B., & Iversen, J. (2003). The neural basis of the complex mental task of meditation: neurotransmitter and neurochemical considerations. *Medical Hypotheses*, 61, 282–291.
- Newberg, A., Pourdehnad, M., Alavi, A., & d’Aquili, E. G. (2003). Cerebral blood flow during meditative prayer: Preliminary findings and methodological issues. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 625–630.
- Orme-Johnson, D. W., & Farrow, J. T. (1977). *Scientific research on the Transcendental Meditation Program: Collected Papers*. Vol. I. New York: M.E.R.U. Press.

- Ospina, M. B., Bond, T. K., Karkhaneh, M., Tjosvold, L., Vandermeer, B., Liang, Y. et al. (2007). *Meditation Practices for Health: State of the Research. Evidence Report/Technology Assessment No. 155*. Rockville, MD: Agency for Healthcare Research and Quality.
- Pekala, R. J. (1990). The phenomenology of meditation. In M. West (Ed.), *The psychology of meditation* (pp. 59–80). New York: Oxford University Press.
- Phan, K. L., Wager, T., Taylor, S. F., & Liberzon, I. (2002). Functional neuroanatomy of emotion: A meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage*, *16*, 331–348.
- Phelps, E. A. (2006). Emotion and cognition: Insights from studies of the human amygdala. *Annual Review of Psychology*, *57*, 27–53.
- Piron, H. (2001). The Meditation Depth Index (MEDI) and the Meditation Depth Questionnaire (MEDEQ). *Journal for Meditation and Meditation Research*, *1*, 69–92.
- Piron, H. (2003). *Meditation und ihre Bedeutung für die seelische Gesundheit*. (Transpersonale Studien, Band 7). Oldenburg: BIS-Verlag.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, *13*, 25–42.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual Review of Psychology*, *58*, 1–23.
- Previc, F. H. (2006). The role of the extrapersonal brain systems in religious activity. *Consciousness and Cognition*, *15*, 500–539.
- Quirk, G. J., & Beer, J. S. (2006). Prefrontal involvement in the regulation of emotion: Convergence of rat and human studies. *Current Opinion in Neurobiology*, *16*, 723–727.
- Ramana Maharshi (2001). *Sei, was du bist!* München: O. W. Barth.
- Ritskes, R., Ritskes-Hoitinga, M., Stodkilde-Jorgensen, H., Baerentsen, K., & Hartman, T. (2003). MRI scanning during Zen meditation: The picture of enlightenment? *Constructivism in the Human Sciences*, *8*, 85–90.
- Robinet, I. (1993). *Taoist meditation: The Mao-Shan tradition of great purity*. State University of New York Press.
- Santorelli, S. (1999). *Heal thy self: Lessons on mindfulness in medicine*. New York: Random House.
- Satyananda Saraswati, S. (1983). *Meditations from the tantras*. Munger, India: Yoga Publications Trust.
- Saver, J. L., & Rabin, J. (1997). The neural substrates of religious experience. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, *9*, 498–510.
- Segal, Z., Williams, M., & Teasdale, J. (2002). *Mindfulness-based cognitive therapy for depression: A new approach to preventing relapse*. New York: Guilford.
- Shapiro, S. L., Carlson, L. E., Astin, J. A., & Freedman, B. (2006). Mechanisms of mindfulness. *Journal of Clinical Psychology*, *62*, 373–386.
- Slagter, H. A., Lutz, A., Greischar, L. L., Francis, A. D., Nieuwenhuis, S., Davis, J. M. et al. (2007). Mental training affects distribution of limited brain resources. *PLoS Biology*, *5*, e 138.
- Sotres-Bayon, F., Cain, C. K., & LeDoux, J. E. (2006). Brain mechanisms of fear extinction: Historical perspectives on the contribution of prefrontal cortex. *Biological Psychiatry*, *60*, 329–336.

- Ströhle, G. (2006). *Empirische Erfassung der Achtsamkeit: ein Vergleich der deutschsprachigen Achtsamkeitsskalen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Institut für Psychologie der Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- Suzuki, W. A. (1996). The anatomy, physiology and functions of the perirhinal cortex. *Current Opinion in Neurobiology*, 6, 179–186.
- Trepel, M. (1999). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion*. München: Urban & Fischer.
- Tellegen, A., & Atkinson, G. (1974). Openness to absorbing and self-altering experiences (“absorption”), a trait related to hypnotic susceptibility. *Journal of Abnormal Psychology*, 83, 268–277.
- Valentine, E. R., & Sweet, P. L. G. (1999). Meditation and attention: A comparison of the effects of concentrative and mindfulness meditation on sustained attention. *Mental Health, Religion and Culture*, 2, 59–70.
- van Veen, V., & Carter, C. S. (2002). The anterior cingulate as a conflict monitor: fMRI and ERP studies. *Physiology & Behavior*, 77, 477–482.
- Vogt, B. A., Berger, G. R., & Derbyshire, S. W. G. (2003). Structural and functional dichotomy of human midcingulate cortex. *European Journal of Neuroscience*, 18, 3134–3144.
- Walach, H., Buchheld, N., Buttenmüller, V., Kleinknecht, N., & Schmidt, S. (2006). Measuring mindfulness: The Freiburg Mindfulness Inventory (FMI). *Personality and Individual Differences*, 40, 1543–1555.
- Walsh, R., & Shapiro, S. L. (2006). The meeting of meditative disciplines and western psychology: A mutually enriching dialogue. *American Psychologist*, 61, 227–239.
- Weber, M.-A., Kroll, A., Günther, M., Delorme, S., Debus, J., Giesel, F. L. et al. (2004). Nichtinvasive Messung des relativen zerebralen Blutflusses mit der MR-Blutbolusmarkierungstechnik (arterial-spin-labeling): Physikalische Grundlagen und klinische Anwendungen. *Radiologe*, 44, 164–173.
- West, M. (1990). *The psychology of meditation*. New York: Oxford University Press.
- Zeidler, W. (2007). *Unterschiede in der Emotionsverarbeitung bei Achtsamkeitsmeditierenden und Nichtmeditierenden – eine Startle-Studie*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft der Technischen Universität Berlin.
- Zumwinkel, K. (Übers.) (2001). *Majjhima Nikaya. Die Reden des Buddha aus der Mittleren Sammlung*. Uttenbühl: Jhana.

# Anhang

## Anhang A:

Hölzel, B., & Ott, U. (2006). Relationships between meditation depth, absorption, meditation practice, and mindfulness: A latent variable approach. *Journal of Transpersonal Psychology, 38*, 179–199.

## Anhang B:

Hölzel, B., Ott, U., Hempel, H., Hackl, A., Wolf, K., Stark, R., & Vaitl, D. (2007). Differential engagement of anterior cingulate and adjacent medial frontal cortex in adept meditators and non-meditators. *Neuroscience Letters, 421*, 16–21.

## Anhang C:

Hölzel, B., Ott, U., Gard, T., Hempel, H., Weygandt, M., Morgen, K., & Vaitl, D. (in press). Investigation of mindfulness meditation practitioners with voxel-based morphometry. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*.

Reprints können bei Britta Hölzel angefordert werden: [britta@nmr.mgh.harvard.edu](mailto:britta@nmr.mgh.harvard.edu)

## **Anhang A**

Hölzel, B., & Ott, U. (2006). Relationships between meditation depth, absorption, meditation practice, and mindfulness: A latent variable approach. *Journal of Transpersonal Psychology, 38*, 179–199.

## **Anhang B**

Hölzel, B., Ott, U., Hempel, H., Hackl, A., Wolf, K., Stark, R., & Vaitl, D. (2007). Differential engagement of anterior cingulate and adjacent medial frontal cortex in adept meditators and non-meditators. *Neuroscience Letters*, *421*, 16–21.

## **Anhang C**

Hölzel, B., Ott, U., Gard, T., Hempel, H., Weygandt, M., Morgen, K., & Vaitl, D. (in press).  
Investigation of mindfulness meditation practitioners with voxel-based morphometry.  
*Social Cognitive and Affective Neuroscience*.

## **Erklärung**

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Britta K. Hölzel