Bitte beachten Sie auch das Erratum am Ende

Diplomarbeit

Effekte eines zehnwöchigen Yoga-Kurses: autonome Regulation, Absorptionsfähigkeit und Gesundheit

Institut für Psychologie

Ernst-Moritz-Arndt Universität

Greifswald

Vorgelegt von

Hannes Hempel*

Betreuung

Dr. Ulrich Ott, Universität Gießen

Gutachter

1. **Prof. Dr. Harald Schupp, Universität Konstanz**
2. **Dr. Ulrich Ott, Universität Gießen**

Greifswald, den 23. Dezember 2003

*Hannes Hempel, Ernst-Thälmann-Ring 62, D-17491 Greifswald
Email: traveling.hannes@gmx.de

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG 1

1.1 YOGA 2

1.1.1 Das traditionelle Yoga-System 3

Jñāna-Yoga 3

Bhakti-Yoga 4

Karma-Yoga 5

Rāja-Yoga 5

Haṭha-Yoga 7

1.1.2 Verbreitung des Yoga in Deutschland 9

Historischer Überblick 9

Die gegenwärtige deutsche Yogalandschaft 11

1.1.3 Gesundheitsrelevante Aspekte der Yoga-Praxis 13

1.2 AUTONOME REGULATION 14

1.2.1 Aufgaben des vegetativen Nervensystems 15

Homöostase 15

Aufbau des vegetativen Nervensystems 16

Funktionsweise des vegetativen Nervensystems 17

Stress und Erholung 18

1.2.2 Regulationsmechanismen des Herzkreislauf-Systems 19

Die Atmung 20

Der Blutdruck 22

Die Herztätigkeit 24

Der Baroreflex 26

Die respiratorische Sinusarrhythmie 27

1.2.3 Flexibilität der Herzkreislaufregulation und Gesundheit 29

1.3 DIE ABSORPTIONSFÄHIGKEIT 31

1.3.1 Reagibilität des Herzkreislauf-Systems und Absorptionsfähigkeit 34

1.3.2 Absorptionsfähigkeit und veränderte Bewusstseinszustände 36

1.4 YOGA-ATMUNG, MEDITATION UND HERZKREISLAUF-SYSTEM 37

1.4.1 Effekte der Yoga-Vollatmung 38

1.4.2 Meditation und Synchronisation des Herzkreislauf-Systems 39

1.4.3 Yoga, Meditation und die Absorptionsfähigkeit 41

1.5 FRAGESTELLUNGEN UND HYPOTHESEN 42

2 METHODE 46

2.1 VERSUCHSTEILNEHMER 46

2.2 VERSUCHSMATERIAL 47

2.2.1 Konzeption des Yoga-Kurses, Kursmaterial 48

2.2.2 Eingesetzte Fragebögen 49
Die Tellegen Absorption Scale (TAS) *49*
Das Phenomenology of Consciousness Inventory (PCI) *49*
Das Evaluative Instrumentarium zum Autogenen Training (AT-EVA) *50*
Die Übungsprotokolle *52*
2.2.3 Beweglichkeitsmessung 52
2.2.4 Blutdruckmessgerät und Atemsensor 53
2.2.5 Computerprogramm zur Atemführung 54
2.3 VERSUCHSABLAUF 55
2.3.1 Einführungsveranstaltung 55
2.3.2 Voruntersuchung 55
2.3.3 Zehnwöchiger Yoga-Kurs 56
2.3.4 Nachuntersuchung 56
2.4 VERSUCHSPLÄNE 56
2.5 DATENAUSWERTUNG 58
2.5.1 Beweglichkeit 58
2.5.2 TAS 58
2.5.3 AT-EVA 58
2.5.4 PCI 59
2.5.5 Physiologische Maße 59
Plausibilitätskontrolle der Daten *59*
Frequenz- und Poweranalyse *61*
Baroreflex-Sensitivität *61*
2.6 SIGNIFIKANZTESTUNG 62

3 ERGEBNISSE 63

3.1 ÜBUNGSZEITEN 63
3.2 BAROREFLEX-SENSITIVITÄT 64
3.2.1 Frequenzabhängigkeit der Herzraten-Blutdruck-Kopplung 64
Frequenzanalyse *65*
Poweranalyse *68*
3.2.2 Deskriptivstatistik 72
3.2.3 Inferenzstatistik 75
3.3 ABSORPTIONSFÄHIGKEIT 76
3.3.1 Deskriptivstatistik 77
Voruntersuchung *77*
Nachuntersuchung *77*
Vergleich mit der Normstichprobe *78*
Retestreliabilität bei dieser Untersuchung *78*
3.3.2 Inferenzstatistik 78
3.3.3 Zusammenhang zwischen Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität 79

3.4 GESUNDHEIT 81
3.4.1 Deskriptivstatistik 82
Symptomliste *82*
Veränderungsfragebogen zum Entspannungserleben und Wohlbefinden *83*
3.4.2 Inferenzstatistik 84
Symptomliste *85*
Veränderungsfragebogen zum Entspannungserleben und Wohlbefinden *86*
3.5 BEWEGLICHKEIT 86
3.5.1 Deskriptivstatistik 87
3.5.2 Inferenzstatistik 87
3.6 TRANCEINDUKTION 88
3.6.1 Befolgen der Atemvorgabe 89
3.6.2 Hypnoidale Punktwerte 90
Deskriptivstatistik *90*
3.6.3 Signifikanzprüfung 93
Unterschiede zwischen Baseline und Atemführung *93*
Unterschiede zwischen Vor- und Nachuntersuchung *94*
3.6.4 Zusammenhang mit der Absorptionsfähigkeit 95
3.7 ABBRECHERANALYSE 95
3.7.1 Deskriptivstatistik 95
Übungszeiten *95*
Baroreflex-Sensitivität *96*
Absorptionsfähigkeit *99*
AT-EVA *100*
Beweglichkeit *101*
Phenomenology of Consciousness Inventory *101*
3.7.2 Inferenzstatistik 104

4 DISKUSSION 104

4.1 INTERPRETATION DER ERGEBNISSE 105
4.1.1 Übungszeit 105
4.1.2 Baroreflex-Sensitivität 106
Frequenzanalyse *107*
Poweranalyse *108*
Baroreflex-Sensitivität *109*
4.1.3 Absorptionsfähigkeit 112
Zusammenhang von Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität *113*
4.1.4 Gesundheit 118
4.1.5 Beweglichkeit 119
4.1.6 Tranceinduktion 120
4.1.7 Kurs-Abbrecher 122

4.2 KRITIK DER METHODEN 124
4.2.1 Versuchsplanung 124
Yoga-Kurs *125*
Versuchsplan *126*
Messungen *127*
4.2.2 Messinstrumente 127
Übungsprotokoll *128*
Bestimmung des vagalen Tonus *128*
Tellegen Absorption Scale *129*
AT-EVA *130*
Beweglichkeitsmessung *130*
Phenomenology of Consciousness Inventory *131*
4.3 FAZIT 131

5 ZUSAMMENFASSUNG 132

6 LITERATURVERZEICHNIS 135

7 ANHANG 144
7.1 ÜBUNGSPROGRAMM 144
7.2 KURSDOKUMENTATION 145
7.3 INHALT DER CD 149

Ich danke:

meinem alten Kumpel Dirk Leuffen, der mich mit dem Yoga bekannt gemacht hat,

Harald Schupp, der die Verbindungen geknüpft hat,

Ulrich Ott für die exzellente Betreuung,

Herrn Schielke und Herrn Baethge vom Hochschulsport für ihr großes Entgegenkommen und ihre rückhaltlose Unterstützung,

den Teilnehmern des Yoga-Kurses,

meinen Eltern für ihre Geduld und ihr Verständnis

und Andrea für die Verschönerung meiner gegenwärtigen Inkarnation!

„Darum schlage ich den Wissenschaftlern vor, die orientalischen Techniken, die zum Trancezustand und zur Beherrschung des Atems führen, zu erlernen und dann zu erforschen. Was geschieht dabei und wie geschieht es? Dann werden Sie meiner Meinung nach wesentliche Fortschritte auf ihrem Wissensgebiet machen!“

Dr. Julian Huxley, Gründungsmitglied und Generaldirektor der UNESCO

1 Einleitung

Seit der indische Subkontinent durch die Kolonialisierung dem europäischen Kulturkreis geöffnet wurde, üben Yoga und Meditation eine Faszination auf die Menschen hierzulande aus. Zunächst kursierten Anekdoten und Legenden von den Wundertaten der Yogis und Fakire, die ihre Körper unglaublichen Belastungen aussetzen konnten oder über mysteriöse geistige Kräfte verfügten. Yogis ließen sich lebendig begraben, materialisierten sich in einem zweiten Körper, entsagten endgültig der Nahrungsaufnahme ohne zu sterben oder konnten Gedankenlesen.

Als im späten 17. Jahrhundert die heiligen Schriften der Inder nach Europa gelangten, erweckten sie unter europäischen Philosophen wie Schopenhauer oder Nietzsche großes Interesse. Die Tiefe und Geschlossenheit der philosophischen Systeme Indiens versetzte sie in Erstaunen und Bewunderung. Auf diese Weise wurde das Denken des westlichen Kulturkreises zum zweiten Mal von der indischen Philosophie befruchtet. Der erste Kontakt hatte schon lange vorher stattgefunden. In der Antike, zur Blütezeit der griechischen Hochkultur, zog es deren Philosophen nach Indien. So sind auch Teile der griechischen Philosophie von der indischen Philosophie inspiriert.

Diese Inspiration suchten Vertreter der westlichen Kultur auch im zwanzigsten Jahrhundert wieder, als Wissenschaftler begannen Yogis zu studieren, um den Geheimnissen ihrer Lehre auf die Spur zu kommen. Die Auseinandersetzung mit Yoga und Meditation, die inzwischen Eingang in den westlichen Kulturkreis gefunden hatten, brachte auch deren therapeutischen Aspekte ans Licht. Seit den fünfziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts haben zahlreiche Forschungsprojekte die therapeutische Wirksamkeit von Yoga und Meditation bei den unterschiedlichsten Störungsbildern dokumentiert (Kapitel 1.1.3).

Neben der Evaluation der Wirksamkeit yogischer Interventionen beschäftigen sich jedoch vergleichsweise wenige Studien mit einer Beschreibung ihrer basalen Wirkmechanismen. An dieser Stelle möchte die vorliegende Studie ansetzen. Es sollen Hypothesen zu physiologischen Wirkmechanismen untersucht werden, mit deren Hilfe Teile der therapeutischen Effekte und Teile der Veränderungen im Bereich der Persönlichkeit erklärt werden könnten. Diese Hypothesen sollen im Rahmen dieser Studie explorativ untersucht werden.

Dazu wird zu Beginn ein Überblick über die verschiedenen Arten des Yoga gegeben. Dann wird die Funktionsweise des vegetativen Nervensystems und der von ihm gesteuerten

Regulationsmechanismen beschrieben, soweit sie für die Studie relevant sind. Um die Veränderungen der Persönlichkeitsstruktur zu erläutern, wird das Konstrukt der Absorptionsfähigkeit eingeführt und dessen Verbindung zum Yoga und zum vegetativen Nervensystem dargestellt.

1.1 Yoga

Yoga ist ein aus Indien stammendes philosophisch-religiöses System, das eine psychophysische Schulung beinhaltet. Die Basis der Begriffsexplikation soll im folgenden durch eine ethymologische Betrachtung des Wortes „Yoga“ gelegt werden.

Das Wort „Yoga“ ist ein Nomen der indischen Sanskrit-Sprache. Die Verbalwurzel, aus der Yoga abgeleitet werden kann, ist „yuj“ (Fuchs, 1990). Yuj kann übersetzt werden als verbinden, anjochen, zusammenschließen oder festmachen. Weiter kann es auch bedeuten, die Aufmerksamkeit auf etwas zu lenken oder etwas zu gebrauchen oder anzuwenden (Iyengar, 2000a). Ursprünglich könnte Yoga das Anjochen von Zugtieren bezeichnet haben, die durch das Joch vereinigt sind und beherrscht werden. Die Ähnlichkeit der Worte Yoga und Joch ist darauf zurückzuführen, dass das Deutsche und das Sanskrit zur indogermanischen Sprachfamilie gehören. Im Laufe der Zeit bekam das Wort Yoga die Bedeutungsvarianten „Vereinigung“ und „Beherrschung“ (Fuchs, 1990). Im Kontext des philosophisch-religiösen Systems bezeichnet Yoga die Vereinigung des ***Paramātmā*** mit dem ***Jīvātmā***, das heißt die Vereinigung des individuellen Bewusstseins mit dem allumfassenden Bewusstsein oder „Gott“. Diese Vereinigung führt zu ***Mokṣa***, Befreiung oder Erlösung (Iyengar, 1995, 2000a).

Ein Yogi oder Yogin ist jemand, dem diese Vereinigung gelungen ist (Hart, 1991). Manchmal reicht es auch diese Vereinigung anzustreben, um als Yogi bezeichnet zu werden (Vivekananda, 1988).

Historisch lassen Spuren dieses geistig-praktischen Übungssystems sich bis ins 2. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung zurückverfolgen (Worthington, 1989). Erste Textzeugnisse des Yoga stammen aus dem ersten Jahrtausend v. Chr. Die ältesten sind in verschiedenen Upanischaden festgehalten. Das Werk mit der bis heute größten Bedeutung sind die Yoga-Sutras des ***Patañjali***, die vermutlich aus der Zeit zwischen 500 und 200 v. Chr. datieren (Weiß, 1986). Mit der Bhagavadgita besitzt ein Werk von Weltrang große Bedeutung für den Yoga. Die Gita stammt aus der Zeit zwischen 400 v. Chr. und 200 n. Chr. Wie später ausgeführt wird, geht sie auf den ***Jñāna***-, Bhakti- und Karma-Yoga ein (Weiß, 1986). Auch für andere Yoga-Richtungen gibt es historische Quellen. Dem sich im 13. Jahrhundert entwickelnden ***Haṭha***-Yoga (Worthington, 1989) widmen sich einige alte Texte, deren Bedeutung heute noch

immer ungebrochen ist. Der bekannteste ist die ***Haṭha***-Yoga-***Pradīpikā***, die kleine Leuchte des ***Haṭha***-Yoga von Swami ***Svātmārāma***, die um das Jahr 1400 n. Chr. entstanden ist. Außerdem gibt es noch die ***Gheraṇḍa-Saṁhitā*** und die ***Śiva-Saṁhitā***, die 100 bis 200 Jahre jünger sind (Weiß, 1986; Worthington, 1989).

1.1.1 Das traditionelle Yoga-System

Das allen Yoga-Arten gemeinsame Ziel ist die „Vereinigung“ mit dem Gesamtbewusstsein. Unterschiedlich sind jedoch die Wege, die in den verschiedenen Yogarichtungen gewählt werden, um zu diesem Ziel zu gelangen.

In diesem Abschnitt wird eine kurze Beschreibung der Hauptströmungen des Yoga gegeben, um einen Einblick in die verschiedenen Techniken und ihre Vielfalt zu geben. Aus dem Reichtum der Stilrichtungen fällt die Wahl zunächst auf den ***Jñāna***-, Bhakti- und Karma-Yoga, weil sie die wohl ältesten dokumentierten Yoga-Techniken sind. Dabei handelt es sich um Richtungen, die noch einen starken Bezug zur religiösen, insbesondere hinduistischen, Seite des Yoga aufweisen. Danach wird der ***Rāja***-Yoga beschrieben, der eher das theoretische Konzept des Yogas darstellt und keine Praxisform im eigentlichen Sinne ist. Er ist von großer Bedeutung für das Verständnis der unterschiedlichen Stile, da er die Systematik der Yoga-Lehre herausarbeitet und zugänglich macht. Schließlich folgt eine Darstellung des ***Haṭha***-Yoga, der sich als eine Umsetzung des ***Rāja***-Yoga begreift und der in der vorliegenden Studie untersucht worden ist.

Jñāna-Yoga

Das zentrale Element des ***Jñāna*** Yoga ist der Verstand. Der ***Jñāna***-Yoga setzt an den Denkabläufen an. Ziel der Yogis, die diese Disziplin üben, ist es, die Unterscheidungsfähigkeit so zu stärken, dass die Fähigkeit entwickelt wird, subtilste Realität zu erkennen und so zur letztendlichen Wahrheit zu gelangen. Aus diesem Grund ist der ***Jñāna***-Yoga auch als der „kognitive Weg zum Selbst“ bezeichnet worden (Engel, 1999).
Wichtig ist beim ***Jñāna***-Yoga die innere Halterung, die der Praxis zu Grunde gelegt wird. Um zur letztendlichen Wahrheit zu gelangen, müssen alle Illusionen erkannt und überschritten werden. Dabei gibt es zwei Vorgehensweisen, den positiven und den negativen Weg, die einander ergänzen. Beim negativen Weg soll alles, was „nicht-ich“ ist abgegrenzt werden. Ein wichtiges Hilfsmittel, um dieses Ziel zu erreichen, ist der Zweifel. Die Methode des Zweifelns besteht darin alles zu hinterfragen und zu den Fragen: "Wer bin ich?" oder "Wer ist es, der denkt?" zu gelangen. Die positive Vorgehensweise arbeitet mit dem direkten Erleben

des Kerns der Persönlichkeit. Hierbei steht die eigene Erfahrung des Yogis im Vordergrund, die letztlich ausschlaggebend für ein Fortschreiten ist (Engel, 1999). Insgesamt kann beim *Jñāna*-Yoga von der Methode der "analytischen Introspektion" gesprochen werden (Leloup, 1990).
Bekannte Vertreter dieser Yogarichtung sind Krishnamurti und Ramana Maharshi, die beide in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gelebt haben.

Bhakti-Yoga

Das Wort Bhakti leitet sich von „bhaj“, dienen, ab und der Bhakti Yoga beschreibt den Weg des Dienens. Die Beschreibung des Bhakti Yogaweges wird in der Bhagavad Gita gegeben. Dort beschreibt *Śiva* seinem Anhänger Arjuna wie der Bhakti Yoga zu üben ist (Weiß, 1986).
Aus der poetischen Ausdrucksweise der Gita kann der Bhakti Yoga als auf vier Säulen fußend abgeleitet werden (Blache, 1990). Diese vier Säulen beinhalten ein gemeinsames Prinzip, das Fortschreiten vom Groben zum Feinen, von außen nach innen. Nach diesem Prinzip arbeitet der Bhakti Yogi in den vier Bereichen.
Die erste Säule ist die Pilgerschaft. Die Suche nach Gott. Beginnend mit dem Besuch von Tempeln und heiligen Stätten muss der Yogi dahin gelangen, Gott in allen Dingen zu erkennen.
Der Tempel ist die zweite Säule des Bhakti Yoga. Gemäß dem grundlegenden Prinzip beginnt der Suchende dem Gott im Tempel zu huldigen. Im Laufe seiner Suche muss er seinen eigenen Körper zu einem Tempel Gottes machen.
Āsana kann als die dritte Säule bezeichnet werden. Die Körperhaltungen des Bhakti Yoga sollen die Liebe und Hingabe zu einer Gottheit ausdrücken und sind somit von denen des *Haṭha*-Yoga zu unterscheiden. Die Körperhaltungen des Bhakti Yogi werden auch als „Tanz des *Śiva*“ bezeichnet (Blache, 1990).
Shravana und Mantra bilden die vierte Säule. Shravana meint das Studium der heiligen Texte, so wie das Anhören ihrer Rezitation. Mantra ist die Rezitation heiliger Verse. Auch hier muss vom Hören und Wiedergeben, gemäß dem zu Grunde liegenden Prinzip, die Lehre und Weisheit der Texte im eigenen Leben wiedergefunden werden.
Bhakti-Yoga wird auch der Yoga der Liebe und Hingabe genannt und wird oft in religiösen Kontexten praktiziert.

Karma-Yoga

Karma-Yoga wird als der „Yoga der Tat“ oder als „Weg der Arbeit“ verstanden. Das Wort Karma leitet sich aus dem Wortstamm „kri“ (Sanskrit: machen) ab. Aus den Sanskritregeln lassen sich für Karma drei Bedeutungsebenen ableiten. Zunächst bezeichnet Karma die Handlung oder die Tat, dann das Werk oder die Wirkungen der Handlung und zuletzt die Summe der Taten (Weiß, 1986) .
Auch diese Art des Yoga wird in der Bhagavadgita erklärt (Bhagavadgita, 4. Kapitel, siehe Weiß, 1986).
Die Essenz des Karma-Yoga lautet: Handle nicht um der Konsequenzen deines Tuns willen!
Das Ideal, das es im Karma-Yoga zu erreichen gilt, ist die Fähigkeit, ohne Verlangen zu handeln, also das Ideal von der Auflösung des Ego (Roux, 1990). Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Yoga-Arten setzt der Karma-Yoga im Alltag an. Die „Vereinigung“ soll nicht im „meditativen Rückzug“, sondern durch die spezielle Ausführung der Tätigkeiten des weltlichen Lebens vollzogen werden (Engel, 1999).

Rāja*-*Yoga

Der ***Rāja***-Yoga ist nicht, wie die vorher dargestellten Yoga-Formen, eine eigene „Stilrichtung“. Vielmehr ist er ein übergreifendes System, das alle Yoga-Wege integriert. Hauptansatzpunkt dieses Systems ist die Willenskraft (Engel, 1999). Vor diesem Hintergrund ist auch der Name ***Rāja***, der König oder Herrscher bedeutet, zu verstehen. Der ***Rāja***-Yoga ist der Yoga der Beherrschung (Fuchs, 1990). Eng verbunden mit dem ***Rāja***-Yoga sind die Yoga-Sutras des ***Patañjali***. Dieser wird manchmal als Begründer des ***Rāja***-Yoga angesehen (Engel, 1999). In den Yoga-Sutras versuchte ***Patañjali*** den Yoga systematisch in allen seinen Aspekten zu beschreiben. Dabei handelt es sich, im Sinne Wilburs, um eine injunktive Vermittlungsmethode. Bei dieser Methode bekommt der Schüler Handlungsanweisungen, die ihn zu der erkenntnisbringenden Erfahrung führen sollen (Wilbur, 2000).

Der ***Rāja***-Yoga greift die Systematik der Yoga-Sutras auf und beinhaltet ein in acht Stufen gegliedertes Yoga-System. Aus diesem Grund wird der ***Rāja***-Yoga auch ***Aṣṭāṅga***-Yoga, achtgliedriger Yoga, genannt. Zu Beginn der Yoga-Sutras definiert ***Patañjali*** Yoga (Yoga-Sutras I/2, siehe Weiß, 1986) und bezieht sich dabei auf des Konzept der „Vereinigung“ oder „Erleuchtung“. Dieses ist das Ziel des ***Rāja***-Yoga. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die acht Komponenten, die in den Yoga-Sutras dargestellt werden, praktiziert werden. Diese acht Glieder des ***Rāja***-Yoga sind nicht voneinander unabhängig, sondern sie ergänzen einander und werden deshalb oft die acht Stufen des ***Rāja***-Yoga genannt. Diese acht Stufen sind: Yama,

Niyama, *Āsana*, *Prāṇāyāma*, Pratyahara, *Dhāraṇā*, *Dhyāna* und *Samādhi* (Vivekananda, 1988).

Yama meint äußere Disziplin und beinhaltet moralisches Handeln. Dies wird näher erläutert durch fünf Verhaltensgebote. Das erste, *Ahiṁsā*, kann mit Gewaltlosigkeit übersetzt werden und fordert vom Yoga-Praktizierenden, keinem anderen Wesen Schaden zuzufügen. Satya ist die zweite Verhaltensregel und bedeutet „Wahrhaftigkeit". Sie ist eine Verpflichtung an „das, was wirklich ist" und schließt das Gebot, nicht zu Lügen, ein. Als nächstes folgt Asteya. Dies bezeichnet die Forderung nicht zu stehlen. Das vierte Verhaltensgebot ist Brahmacharya. Damit ist die Forderung nach sexueller Enthaltsamkeit gemeint. Als letztes Gebot steht Aparigraha. Damit ist eine Haltung des „nicht Besitz Ergreifens" gemeint, die beispielsweise die Aufforderung, keine Geschenke anzunehmen, einschließt. Das Praktizieren von Yama soll dem Übenden Unabhängigkeit verschaffen und ihm so ermöglichen, Fortschritte auf dem Pfad des Yoga zu machen. Die Wirksamkeit der Yama-Praxis ist eindrucksvoll durch das Leben des „*Mahātma*" Gandhi demonstriert worden.

Die zweite Stufe, Niyama, meint im Gegensatz zu Yama, die innere Disziplin. Das Befolgen der Niyama-Regeln soll „Selbstzucht" herbeiführen und so die Fortschritte beschleunigen. Die Niyama-Regeln sind die Forderung nach Reinheit (Sauca), innerer Ruhe (*Santoṣa*), Askese (Tapa), Studium der heiligen Schriften (*Svādhyāya*) und Hingabe an Gott (*Īśhvarapraṇidhāna*).

Āsana (Körperhaltung) bildet die dritte Stufe des *Rāja*-Yoga. *Patañjali* widmete ihr nur eine Sutra, die besagt, dass die Sitzhaltung fest und angenehm sein soll (Yoga-Sutra II/46, siehe Weiß, 1986). Dies ist insofern bemerkenswert, da im westlichen Verständnis Yoga oft mit den *Āsana*-Körperhaltungen gleichgesetzt wird. Dies hat mit der weiten Verbreitung des *Haṭha*-Yoga im westlichen Kulturkreis zu tun. Auf *Haṭha*-Yoga wird im nächsten Abschnitt eingegangen werden. Auch Vivekananda (1988) widmet den *Āsana*s nicht viel Aufmerksamkeit in seinem Werk „*Rāja*-Yoga". Für ihn ist allein die richtige Sitzhaltung von Bedeutung, die durch diesen Teil des *Rāja*-Yoga erlernt werden soll. Die Sitzhaltung ist nämlich eine wichtige Vorraussetzung für das Fortschreiten auf den folgenden Stufen.

Die nächste dieser Stufen ist das *Prāṇāyāma*, die Kontrolle oder Lenkung (*Ayāma*) des „*Prāṇa*". „*Prāṇa*" bezeichnet in der Yoga-Philosophie die Kraft, die Materie formt und wandelt (Vivekananda, 1988). Diese Kraft manifestiert sich im Atem und so wird *Prāṇa* oft mit Atem übersetzt. In der Tat handelt es sich beim *Prāṇāyāma* um Atemübungen, deren Ziel es ist zu erlernen den „*Prāṇa*strom" zu lenken.

Der Name der fünften Stufe des ***Rāja***-Yoga ist „***Pratyāhrā***“. Im ***Pratyāhrā*** sollen die Sinne von der Außenwelt zurückgezogen werden, um es der Aufmerksamkeit so zu ermöglichen, sich nach innen zu richten. Die Diziplin des ***Pratyāhrā*** führt zur Kontrolle der Sinnesorgane (Engel, 1999) und ist damit eine Vorraussetzung für die Meditation (Tandon, 1998).
Konzentration (***Dhāraṇā***) folgt dem ***Pratyāhrā*** als sechste Stufe des ***Rāja***-Yoga Systems. Beim ***Dhāraṇā*** muss die Fähigkeit erworben werden, die gesamte Aufmerksamkeit auf ein Objekt innerhalb oder außerhalb des Körpers zu fokussieren. Auf dieser Stufe beginnt die Praxis der Meditation.
Dem ***Dhāraṇā*** folgt ***Dhyāna***, die eigentliche Stufe der Meditation. ***Dhyāna*** entsteht aus ***Dhāraṇā***, wenn die Aufmerksamkeit ohne Unterbrechung dem Objekt der Meditation zufließt. Dieser Strom des Bewusstseins mündet in der Erfahrung des ***Samādhi***s, der achten Stufe des „Yoga“. Diesen Prozess beschreibt ***Patañjali*** in einigen seiner Sutren (Yoga-Sutra III/1-3). Ins Deutsche übertragen lauten sie: „*Die Konzentration des Bewusstseins auf einen Bewusstseinsgegenstand ist* ***Dhāraṇā****. Ist dies ein einziger und ununterbrochener Strom, entsteht* ***Dhyāna****. Verlässt man so die Welt der Formen und erfährt nur noch reines Sein, so ist dies* ***Samādhi****.“* (nach Christmann, 1992).
Wie eingangs erwähnt, handelt es sich beim ***Rāja***-Yoga nicht um eine eigene „Stilrichtung“, sondern um eine systematische Beschreibung des Yoga und um eine methodische Anweisung zu seiner Verwirklichung. Als Konzept beeinflusst der ***Rāja***-Yoga zahlreiche Praxisformen des Yoga. So zum Beispiel den ***Haṭha***-Yoga, der im folgenden Absatz dargestellt wird und der in dieser Studie untersucht wurde.

Haṭha*-Yoga*

Beim ***Haṭha***-Yoga handelt es sich im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Yoga-Arten um eine verhältnismäßig junge Stilrichtung. Es wird angenommen, dass sich der ***Haṭha***-Yoga ab dem 10. Jahrhundert nach Christus im nördlichen Teil Indiens entwickelt hat (Worthington, 1989). Der ***Haṭha***-Yoga begreift sich als eine Realisierung des ***Rāja***-Yoga. Dies manifestiert sich im ersten Vers der „***Haṭha***-Yoga-***Pradīpikā***“, der kleinen Leuchte des ***Haṭha***-Yoga, einer der bedeutensten Schriften des ***Haṭha***-Yoga, die aus dem 14. Jahrhundert datiert. In diesem Werk heißt es gleich zu Beginn:*“... wer den Hohen* ***Rāja****-Yoga anstrebt, dem hilft sie* [die ***Haṭha***-Yoga-***Pradīpikā***, Anm. des Autors] *dabei wie eine Leiter.“* (nach Weiß, 1986). Demzufolge ist der ***Haṭha***-Yoga auch an dem Konzept des ***Rāja***-Yoga orientiert und beruft sich auf die Yoga-Sutren des ***Patañjali*** (Iyengar, 1991; Mehta, 1993). Die Besonderheit dieser Stilrichtung liegt in der Umsetzung und Interpretation der ***Āsana***-Stufe des ***Rāja***-Yoga-

Systems. Wird den *Āsana*s in den Yoga-Sutras nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt (siehe Weiß, 1986) und sieht Vivekananda (1988) sie nur als notwendige Voraussetzung, um die Sitzhaltung für die Meditation zu erlernen, so wird ihnen im *Haṭha*-Yoga mehr Bedeutung zugeschrieben. Der *Haṭha*-Yoga sieht in der Beherrschung des Körpers eine Grundlage, um die Beherrschung des Geistes zu erlernen. So ist eine der Errungenschaften der *Āsana*-Praxis die Selbstdisziplin (Mehta, 1993). Vor diesem Hintergrund lässt sich die Übersetzung des *Haṭha*-Yoga als den „Yoga der Anstrengungen“ verstehen. „Ha“ und „*Ṭha*“ bedeuten Sonne und Mond und sie repräsentieren das Prinzip der Dualität, das es zu überwinden gilt (Tatzky, 1990).

In der Philosophie des *Haṭha*-Yoga spielt darüber hinaus die physische und die psychische Gesundheit eine wichtige Rolle, denn die Gesundheit ist eine wichtige Grundlage für das Erlangen von Herrschaft über Körper und Geist. Deshalb entwickelten die *Haṭha*-Yogis ein Übungssystem, das eng mit der ayurvedischen Medizin verknüpft ist und mit dessen Hilfe Krankheiten verhindert oder geheilt werden sollen (Iyengar, 1995; Weiß, 1986). Auf diesen Gedanken aufbauend fügt der *Haṭha*-Yoga den acht Disziplinen des *Rāja*-Yoga noch einige Elemente hinzu. Dabei handelt es sich um „*Kriyā*“, „Bandha“ und „*Mudrā*“. *Kriyā*s sind bestimmte Reinigungsübungen, bei denen unter zu Hilfenahme von Wasser oder Stoff die Körperhöhlen und Ausscheidungsorgane gereinigt werden. Mit Bandhas sind verschiedene „Verschlüsse“ gemeint, die den Verlust von Energie aus dem Körper verhindern sollen. *Mudrā*s sind Übungen, die dem Organismus Energie zuführen sollen. Bandhas und *Mudrā*s werden oft im Rahmen der *Āsana*-Übungen praktiziert, während *Kriyā*s ein „Ritual“ für sich bilden (Mehta, 1993; Tatzky, 1990).

Die Schwerpunkte des *Haṭha*-Yoga liegen im Bereich der *Āsana*- und *Prāṇāyāma*- Übungen. Damit ist der *Haṭha*-Yoga ein sehr konkretes und praxisbezogenes Yoga-System. Dieser Aspekt und die vielen gesundheitsfördernden Effekte könnten ein Grund für die weite Verbreitung des *Haṭha*-Yoga im westlichen Kulturkreis sein. Auf die *Āsana*-Übung wird hier näher eingegangen, da sie den Hauptteil der durchgeführten Intervention ausmachten. Ein Yoga-*Āsana*, im Sinne des *Haṭha*-Yoga, ist eine bestimmte Körperhaltung, die unter Beachtung spezieller Gesichtspunkte eingenommen wird. Als Vorraussetzungen für die Wirksamkeit der Übungen gilt das Einhalten von Yama und Niyama, sowie das Praktizieren der Reinigungsübungen (Ebert, 1986; Iyengar, 2000). Beim Einnehmen der Körperhaltungen selber spielt die Atmung eine zentrale Rolle. Diese sollte gleichmäßig sein und nicht ins Stocken geraten oder angehalten werden. Mit der Zeit muss der Übende lernen, sich in jeder Haltung zu entspannen. Eine *Āsana*-Übungsreihe sollte jedes Gelenk, jeden Muskel, jede

Drüse, jedes Organ und letztendlich jede Körperzelle miteinbeziehen (Iyengar, 2000a; Metha, 1993). Um dieses Ziel zu erreichen, sind die *Āsana*-Haltungen systematisiert worden. Eine mögliche Einteilung besteht in der Unterscheidung von Steh-, Sitz- und Drehübungen, sowie Übungen im Liegen, Umkehrhaltungen, Balanceübungen, Vorwärts- und Rückwärtsbeugen; darüber hinaus gibt es noch dynamische Übungsreihen und Entspannungsübungen. (Iyengar, 2000, Metha, 1993). Ein weit verbreitetes Übungsprogramm, das alle diese Elemente vereint, ist die sogenannte „Rishikesh-Reihe“ (Christmann, 1992; Ebert, 1986). Auch werden der Ausführung einzelner *Āsana*s spezifische Effekte zugeschrieben, was ein gezieltes und systematisches therapeutisches Arbeiten erlaubt (Iyengar, 1991, 2000a; Metha, 1993).
Wegen der großen Vielfalt an *Āsana*-Positionen – Iyengar (2000a) beschreibt mehr als 300 – wird für eine detaillierte Darstellung auf das Kursmaterial des untersuchten Yogakurses im Anhang (auf der CD) verwiesen. Noch weitreichendere Beschreibungen der *Āsana*s und die Erläuterung der *Prāṇāyāma*-Übungen sind in der umfangreiche Literatur nachzulesen (z.B. Christmann, 1992; Iyengar, 2000a, 2000b; Mehta, 1993; Sivananda Radha, 1991). Auch auf die Beschreibung der im *Haṭha*-Yoga gelehrten Meditationstechniken wird hier nicht detailliert eingegangen. Dazu sei nur erwähnt, dass diese ein Prinzip beinhalten, das darauf beruht, dem Yoga-Schüler verschiedene Meditationsobjekte zu geben, auf die er seine Aufmerksamkeit fokussieren soll. Beginnend mit externen Objekten, wie Mandalas (Meditationsbilder) oder Mantras (Meditationsverse), über innere Objekte, wie Atem oder Körperempfindungen, soll an das *Samādhi*-Erleben schrittweise herangeführt werden.

1.1.2 Verbreitung des Yoga in Deutschland

Der Begriff „Yoga“ tauchte in Deutschland schon vor mehr als 200 Jahren auf, als im Zuge der Kolonialisierung Indiens dessen Literatur nach Europa gelangte und großes Interesse erweckte. Auch die Berichte von Indienreisenden machten den Begriff „Yoga“ populär. Das Verständnis von Yoga war seitdem starken Wandlungen unterworfen, die in der Entwicklung einer deutschen „Yogaszene“ im letzten Jahrhundert gipfelten.

Historischer Überblick

Bis ins 15. Jahrhundert beschränkte sich die Ausbreitung des Yoga auf den asiatischen Raum. So kamen Yoga-Techniken über Tibet nach China und Japan, vermischten sich dort mit anderen Techniken und entwickelten sich zu eigenständigen Systemen. Beispielsweise dem Tantra-Yoga in Tibet, der noch zu den Yoga-Techniken gezählt wird. Von einigen Autoren

werden Kampfkünste, wie Judo und Karate als aus dem Yoga entstanden angesehen. Gleiches gilt für die Zen-Meditation, die im Yoga verwurzelt ist (Worthington, 1989).

Die erste Ausbreitung in westlicher Richtung kam durch die Eroberungen von Teilen des indischen Subkontinents durch islamische Völker zustande. Doch auch hier überlebte der Yoga nicht in seiner ursprünglichen Form, sondern wurde von einer Mystikerbewegung innerhalb des Islam, den Sufis, absorbiert und in ihr System integriert (Worthington, 1989).

Auf diesem Wege gelang es dem Yoga aber noch nicht bis nach Europa vorzudringen. Dorthin gelangte er erst im 18. Jahrhundert im Zuge der Kolonialpolitik der europäischen Staaten. Kolonialbeamte und Reisende brachten indische Schriften und Erlebnisberichte von ihren Indienaufenthalten mit zurück. So gelangte die Kunde vom Yoga auch nach Deutschland. Die deutschen Philosophen Schopenhauer und Schlegel waren von den heiligen indischen Schriften fasziniert (Worthington, 1989). Zu einem direkten Kontakt mit Anhängern der Yoga-Philosophie kam es erst in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, als Yogis begannen den Westen zu besuchen. Zuerst bereisten diese allerdings die großen Kolonialstaaten und die Vereinigten Staaten von Amerika. Der erste gesicherte Besuch eines Yogi in Deutschland datiert aus dem Jahre 1935, als der Yogi Paramahansa Yogananda sich zeitweise dort aufhielt (Yogananda, 1997).

Auf indirektem Weg war die Kunde des Yoga zu diesem Zeitpunkt aber schon nach Deutschland gelangt. Ende des 19. Jahrhunderts hatte die theosophische Gesellschaft den Yoga für sich entdeckt und ihn in ihre Konzepte integriert. Allerdings beschränkten die Theosophen sich auf den *Rāja*-Yoga und klammerten die körperlichen Aspekte aus (Fuchs, 1990). Der Anthroposoph Rudolph Steiner verarbeitete in seiner Lehre Teile der Yoga-Philosophie und auch das von Schultz entwickelte Autogene Training wurde stark durch den Yoga inspiriert (Fuchs, 1990).

Der Yoga als solcher wurde in Deutschland zuerst von Boris Sacharow gelehrt, der in Berlin im Jahre 1937 eine Yoga-Schule gründete. Sacharow lehrte Yoga nach dem Vorbild seines Gurus Swami Sivananda (Fuchs, 1990).

Erst nach dem zweiten Weltkrieg wurden vermehrt Yoga-Schulen gegründet. Diese Schulen gehörten verschiedenen Lehrrichtungen an. In diesem Rahmen begann sich auch der *Haṭha*-Yoga durch Selvarajan Yesudian, einen Inder, der ab 1948 in Zürich eine Yoga-Schule betrieb, im deutschsprachigen Raum zu etablieren (Fuchs, 1990).

Mit der wachsenden Verbreitung des Yoga bildeten sich gegen Ende der sechziger Jahre verschiedene Organisationen, die die Repräsentation, Verbreitung und Entwicklung des Yoga zum Ziel hatten. In diesem Rahmen wurden Richtlinien geschaffen für die Ausbildung von

Yoga-Übungsleitern, Yoga-Lehrern und Yoga-Therapeuten und so entstand das Berufsbild des Yoga-Lehrers. An dieser Stelle wird ein wesentlicher Unterschied zum Verständnis des Yoga in Indien deutlich, dem diese Institutionalisierung fehlt und der mit dem Konzept des Guru, des spirituellen Führers, arbeitet. Im Westen hingegen bemühen sich viele Yoga-Schulen die Yoga-Lehre ihrem Kontext anzupassen, ihn also beispielsweise im Licht der christlichen Lehre zu interpretieren (Fuchs, 1990).

Die gegenwärtige deutsche Yogalandschaft

Die Yogalandschaft lässt sich in die Yoga-Lehrenden, die Yoga-Lernenden und den Ort der Unterweisung grob gliedern.

Wie oben schon erwähnt, gibt es mittlerweile eine Ausbildung zum Yoga-Lehrer. Für diesen Ausbildungsgang haben der „Berufsverband der Yogalehrenden“ (BDY) und die „Europäische Yoga Union“ (EYU) Richtlinien erarbeitet, die einen Standard für die Inhalte der Yogalehrer-Ausbildung festlegen. Diese Mindestanforderungen umfassen die Vermittlung von medizinischen Grundlagen, Kenntnisse auf dem Gebiet der Unterrichtsgestaltung und fachliche Inhalte (www.yoga.de). Die Ausbildung findet in Form von Seminaren und praktischen Übungsstunden an einigen Yoga-Schulen statt. Allerdings ist der BDY nicht die einzige Institution, die eine Ausbildung zum Yogalehrer anbietet. So wird beispielsweise auch vom anderen deutschen Yogaverband, der „Deutschen Yoga Gesellschaft“, und vom „Kneipp Verband“ eine Ausbildung zum Yogalehrer angeboten.

Was den Ort der Unterweisung betrifft, so ist die private Yoga-Schule schon genannt worden. Nach einer Schätzung von Fuchs (1990) gab es 1990 ca. 100-150 Yoga-Schulen in Deutschland. Yoga-Schulen befassen sich meist ausschließlich mit der Vermittlung des Yoga und sind von Institutionen unabhängig. In der Regel unterrichten sie Yoga in Anlehnung an eine bestimmte Tradition. Ihre Unabhängigkeit ermöglicht es ihnen auch, die religiösen Seiten des Yoga zu integrieren, was in einem anderen Kontext nicht immer gern gesehen wird (z.B. Volkshochschule). Die Konzentration auf den Yoga gibt den Yoga-Schulen die Möglichkeit, Yoga in seiner ganzen Komplexität zu unterrichten, d.h. es werden nicht nur ***Āsana***s gelehrt, sondern auch ***Prāṇāyāma***, Meditation und der philosophische Hintergrund. Nach Schätzungen von Fuchs (1990) haben 1987 etwa 17150 Menschen in Deutschland den Unterricht einer Yoga-Schule besucht.

Weitaus mehr Menschen praktizieren Yoga über die Angebote in der Erwachsenenbildung. So nahmen im Jahr 1989 ca. 208000 Menschen an Yoga-Kursen an bundesdeutschen Volkshochschulen teil (Fuchs, 1990). In den Volkshochschulen fällt Yoga in den Fachbereich

der Gesundheitsbildung. Dieser Fachbereich gewinnt im Angebot der Volkshochschulen immer mehr an Bedeutung und so steigt die Zahl der dort angebotenen Yoga-Kurse stetig. Doch wird an dieser Stelle die Reduktion des Yoga auf den körperlichen und gesundheitlichen Aspekt deutlich. Dieser Aspekt veranlasst einige Krankenkassen und Turnvereine dazu Yoga-Kurse anzubieten. Darüber hinaus wird Yoga an vielen Universitäten im Rahmen des Hochschulsports angeboten.

Der Unterschied zwischen den gesundheitlich orientierten Yoga-Angeboten und dem komplexen Angebot der Yoga-Schulen spiegelt sich auch in einer Analyse des Klientels der Yoga-Kurse der VHS Stuttgart und der Yoga-Schule Stuttgart von Fuchs (1990) wieder. Dort zeigt sich ein eklatanter Unterschied bezüglich der Vorkenntnisse der Teilnehmer. An der VHS hatten 46,1% der Befragten keine Vorkenntnisse und nur 4,9% verfügten über eine Übungspraxis von mehr als 5 Jahren. An der Yogaschule hingegen hatten nur 5,9% keine Vorkenntnisse und 65,5% praktizierten Yoga länger als 5 Jahre. Im Zusammenhang mit den Ergebnissen einer Studie, die unter anderem die Motivhierarchie bei Yoga-Anfängern und Yogaübenden mit mehr als 3 Jahren Übungspraxis erhob, ist dieses Ergebnis interessant. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Bei Yogaschülern mit einer längeren Praxiserfahrung gewann das Interesse an den psychischen Effekten des Yoga die Oberhand über das Interesse an den physischen Effekten. Gehlen konstatierte in ihrer Studie auch, dass ein großer Teil der fortgeschrittenen Yogaschüler ihre Einstellung zum Leben und zu Gott veränderten (Gehlen nach Fuchs, 1990). Um dieses Interesse zu befriedigen, musste eine Auseinandersetzung mit den spirituellen Aspekten des Yoga erfolgen und dies ist oft nur im Rahmen des Angebots einer Yoga-Schule möglich.

Tabelle 1: Gehlen (1982) nach Fuchs

Anfänger	Mehr als 3 Jahre Übungspraxis
1. Entspannung (40,9%)	1. Selbst-/Seinserfahrung (37,5%)
2. Gelenkigkeit (36,4%)	2. Entspannung/Ruhe (25,0%)
2. Körperbewusstsein (36,4%)	3. seelisches Gleichgewicht (21,9%)
4. Selbst-/Seinserfahrung (27,3%)	4. geistig-körperliche Gesundheit (18,8%)
5. Abschalten von Stress und Alltag (22,7%)	5. Abschalten von Stress und Alltag (15,6%)
	6. Körpergefühl (9,4%)

1.1.3 Gesundheitsrelevante Aspekte der Yoga-Praxis

Während ***Patañjali*** in seinen Yoga-Sutras den körperlichen Aspekt des Yoga noch auf die Sitzhaltung beschränkte (Vivekananda, 1988), so ist dieser Aspekt in der Tradition des ***Haṭha***-Yoga ein fester Bestandteil von zentraler Bedeutung. In vielen der heutigen ***Haṭha***-Yoga Bücher finden sich therapeutische Übungsreihen (Iyengar, 2000; Metha, 1993). Der ***Haṭha***-Yoga bemüht sich die physischen Voraussetzungen zu optimieren, um auf geistiger Ebene Fortschritte zu ermöglichen. Dargelegt wird dies beispielsweise in der ***Haṭha***-Yoga-***Pradīpikā*** (Weiß, 1986), einem ***Haṭha***-Yoga Lehrtext aus dem 14. Jahrhundert.

In Indien gibt es eine lange Tradition von Yoga-Schulen und Instituten, die sich mit den therapeutischen Aspekten des Yoga befassen. Da die Anhänger des Yoga diesen als eine Wissenschaft auffassen, verwundert es nicht, dass die indischen Vertreter des Yoga selbst darauf drängten, Yoga mit den Methoden der westlichen Wissenschaft zu untersuchen. Der Yogi Shrimat Swami Kuvalayananda wird als Pionier der wissenschaftlichen Yogaforschung bezeichnet. Er gründete im Jahr 1924 das Yoga-Gesundheitszentrum Kaivalyadhama (die Lehre der letztendlichen Befreiung) in Lonvala in der indischen Provinz Maharashtra und gab die Zeitschrift Yoga-***Mīmāṁsā*** heraus, die der wissenschaftlich und literarisch-philosophischen Yogaforschung gewidmet war. In dieser Zeitschrift wurden u.a. viele empirische Studien über die therapeutische Wirkung des Yoga veröffentlicht (Tomalla, 1991). Westliche Forscher beschäftigten sich bis in die sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts vornehmlich damit, spektakuläre physiologische Phänomene an Yogis zu untersuchen (Murphy & Donovan, 1997; Wenger, 1961). Erst in den sechziger Jahren wurde auch im Westen damit begonnen, die gesundheitlichen Effekte der Yogapraxis zu untersuchen. Bibliographien zur wissenschaftlichen Erforschung von Yoga und Meditation dokumentieren eine rege Forschungsaktivität (Monro, Gosh & Kalish, 1989; Murphy & Donovan, 1997; Unger, 1997). Dabei zeichnet sich, nach Eugene Taylor (in Murphy & Donovan, 1997), ein Trend ab, der klar dafür spricht, dass Yoga-Techniken einen positiven Einfluss auf spezifische Störungsbilder haben. Diese Störungsbilder sind Bluthochdruck, Diabetes, Krebs, Cholesterinregulation, Abhängigkeit, Angststörungen, Asthma, Schmerz und Fettleibigkeit, wobei den indischen Studien ein hoher wissenschaftlicher Standard zuerkannt wird (Murphy & Donovan, 1997). Unger (1997) führt in seiner Bibliographie noch die Kategorie „Stress“ ein, in der Studien subsummiert werden, die Yoga und Meditation im Rahmen der Stressforschung untersuchen. Mit einer Metaanalyse haben Grawe, Donati und Bernauer (1994) die Wirkung von Yoga als Entspannungsverfahren bestätigt. Die Auswirkungen der Yogapraxis auf Asthma werden in jüngster Zeit intensiv erforscht. Auch gibt es einige

Studien, die sich mit dem ***Prāṇāyāma*** auseinandergesetzt haben und zeigen konnten, dass bei Atemübungen der Sauerstoffbedarf abnimmt (z.B. Telles, Reddy & Nagendra, 2000). Die Yogatherapie als solche ist auch schon untersucht worden. Dabei wurden beispielsweise die Wirksamkeit der Yoga-Therapie bei psychosomatischen Störungen untersucht oder die Effekte von Yoga-Therapie auf Problemlöseverhalten, Selbstkonzept und emotionale Stabilität. Darüber hinaus gibt es Arbeiten, die sich mit einem Vergleich von Yoga-Therapie und Psychotherapie beschäftigen und die Möglichkeit einer gegenseitigen Ergänzung erörtern (Lamb Feuerstein, 2001; Monro, Gosh & Kalish, 1989; Unger, 1997).

Was nach Durchsicht einiger Studien und der Bibliographien zum Thema Yoga und Meditation auffällt, ist, dass es kaum Studien zu den physiologischen Mechanismen gibt, auf deren Grundlage Yoga-Übungen ihre Wirkung entfalten. Der Mediziner Dietrich Ebert hat zu diesen Fragestellungen einige Hypothesen entwickelt und sie, soweit es möglich war, mit den Ergebnissen empirischer Studien gestützt (Ebert, 1986). Für die meisten seiner Thesen steht eine empirische Überprüfung allerdings noch aus (Fuchs, 1990).

Eine Hypothese, die untersucht wurde und auf einen Mechanismus abzielte, lautete, dass Rosenkranzgebete und Yoga-Mantras den Atemrhythmus kontrollieren und so vegetative, kardiovaskuläre Rhythmen synchronisieren (Bernardi, Sleight, Bandinelli, Cenetti, Fattorini, Wdowczyc-Szulc & Lagi, 2001). Auf diese Studie wird im Kapitel 1.4 näher eingegangen.

Allerdings wird der größte Teil der Forschung in Indien betrieben, wo Yoga auch in der Forschung eine zentralere Rolle spielt. Leider ist der Zugriff auf Veröffentlichungen der indischen Forschung von Europa aus oft erschwert oder unmöglich, sofern sie nicht in internationalen Zeitschriften publiziert wurden.

1.2 Autonome Regulation

Im Rahmen eines Forschungsprojekts an der Universität Gießen, das sich mit veränderten Bewusstseinszuständen befasste, wurden Trancezustände untersucht. Dabei wurde eine Methode zur Tranceinduktion verwendet, die auf rhythmischer Stimulation der Barorezeptoren mittels einer Kippliege beruhte. Bei einer Studie, die sich dieser Methode bediente, wurde ein Zusammenhang zwischen dem Herzkreislauf-System und einem Persönlichkeitskonstrukt, der Absorptionsfähigkeit, gefunden. Dieser Zusammenhang zeigte sich in einer multiplen Korrelation von $R = 0.58$ zwischen Parametern der Baroreflex-Sensitivität und dem Wert der *Tellegen Absorption Scale* (Hülsmann, 2001).

Basierend auf diesem Ergebnis und auf den Ergebnissen von Untersuchungen, die den Einfluss von Yoga-Training auf das Herzkreislauf-System zeigen konnten (siehe Kapitel

1.4.2), wurde für die vorliegende Studie ein physiologischer Wirkmechanismus für Yoga-Training formuliert. Es wurde vermutet, dass durch Yoga der vagale Tonus steigt. Ein solcher Effekt würde viele der therapeutischen Wirkungen des Yoga erklären. Ein Anstieg des vagalen Tonus geht mit einer Steigerung der Baroreflex-Sensitivität einher (siehe Kapitel 1.2.3) und so wurde aufgrund der gefundenen Korrelation ein paralleler Anstieg der Absorptionsfähigkeit angenommen.

Ziel der vorliegenden Diplomarbeit war es, Anhaltspunkte für die Existenz eines solchen physiologischen Wirkmechanismus zu suchen. Aus diesem Grund werden im folgenden Abschnitt die Aufgaben und die Funktionsweise der autonomen Regulation beschrieben, da diese die Grundlage der Untersuchung eines solchen Zusammenhanges bilden.

1.2.1 Aufgaben des vegetativen Nervensystems

Das vegetative Nervensystem ist ein Kommunikationssystem für den Informationsaustausch zwischen den einzelnen Organen des Körpers. Es innerviert die glatte Muskulatur aller Organe und Organsysteme sowie das Herz und die Drüsen. Lebenswichtige Funktionen wie Atmung, Kreislauf, Verdauung, Stoffwechsel, Drüsensekretion, Körpertemperatur und Fortpflanzung werden durch dieses System gesteuert. Im Gegensatz zum endokrinen System ist das vegetative Nervensystem in der Lage schneller einzugreifen. Die Aktivitäten des vegetativen Nervensystems entziehen sich weitgehend der willkürlichen Kontrolle.
Aufgabe dieses Systems ist es, das innere Milieu des Körpers innerhalb von Grenzen zu halten, die optimal für die Zellfunktionen sind. Dazu verfügt das vegetative Nervensystem über zwei Strukturen, den Sympathikus und den Parasympathikus, die über Zentren im Hirnstamm und im Hypothalamus miteinander verschaltet sind.

Homöostase

Im physiologischen Sinn werden mit Homöostase die Erhaltung des Gleichgewichts im Körperhaushalt und die an der Erhaltung beteiligten Mechanismen bezeichnet.
Die homöostatischen Mechanismen können als physiologische Reflexe oder als biologische Regelkreise aufgefasst werden. Biologische Regelkreise sind analog zu technischen Regelkreisen aufgebaut. Sie verfügen über eine Führungsgröße, die den Sollwert eines Systems festlegt. Dann haben sie einen Regler, der über ein Stellglied die Regelgröße auf einer bestimmten Regelstrecke manipuliert. Ein Fühler meldet den Istwert an den Regler zurück, so dass dieser dem Stellglied eine entsprechende Stellgröße vorgeben kann, um den

Istwert dem Sollwert anzunähern. Dieses Modell kann noch um beliebig viele Einflussgrößen, wie beispielsweise Störgrößen, erweitert werden (Birbaumer & Schmidt, 1996; Zimmermann, 2000).
Das vegetative Nervensystem bildet solche Regelkreise, um das innere Milieu des Körpers konstant zu halten und betreibt somit Homöostase.
Dabei sind die Führungsgrößen die zentralnervösen Zentren, in denen die Information zusammenläuft. Die sympathischen und parasympathischen Neurone sind die Regler und die Organe die Stellglieder. Verschiedene Rezeptoren bilden die Fühler für den jeweiligen Regelkreis.

Aufbau des vegetativen Nervensystems

Das vegetative Nervensystem besteht aus einigen zentralnervösen Zentren, die Steuerungsfunktionen haben und einem peripheren Teil. Dieser besteht aus Sympathikus, Parasympatikus und dem Darmnervensystem. Im Folgenden sollen der Aufbau und die Funktionsweise des sympathischen und des parasympathischen Teils des vegetativen Nervensystems näher beschrieben werden.
Die terminalen Neurone des peripheren vegetativen Nervensystems befinden sich außerhalb des zentralen Nervensystems. Sie liegen in Zellverbänden, die vegetative Ganglien genannt werden. In Bezug auf die Lage ihrer Axone werden sie postganglionäre Neurone genannt. Diese postganglionären Neurone projizieren mit ihren Axonen zu den Erfolgsorganen. Die Neurone, die auf die postganglionären Neurone projizieren, werden entsprechend präganglionäre Neurone genannt und liegen mit ihren Zellkörpern im Rückenmark oder im Hirnstamm.
Beim Sympathikus liegen die präganglionären Neurone in der intermediären Zone des Brust- und Lendenmarks. Sie verlassen das Rückenmark durch die Vorderwurzeln und ziehen von dort zu den bilateralen paravertebralen Ganglien und zu den unpaaren prävertebralen Bauchganglien. Die meisten sympathischen Ganglien liegen organfern. Deshalb sind die postganglionären Axone lang. Sie innervieren die glatte Muskulatur aller Organe, den Herzmuskel und zum Teil die exokrinen Drüsen. Außerdem innerviert der Sympathikus noch die Fettzellen, die Leberzellen, die Zirbeldrüse, die Nierentubuli und das lymphatische Gewebe.
Die präganglionären Neurone des Parasympathikus hingegen liegen im Kreuzmark und im Hirnstamm. Da im Parasympathikus die postganglionären Neurone organnah liegen, sind die präganglionären Axone sehr lang. Die präganglionären Axone der im Hirnstamm liegenden

Neurone ziehen in den Hirnnerven zu den nah am Erfolgsorgan liegenden Ganglien. Für die Augenmuskeln ist dies der III. Hirnnerv, der N. oculomotoris und für die Drüsen im Kopfbereich der VII. (N. facialis) und der IX. (N. glossopharyngeus) Hirnnerv. Von großem Interesse für diese Studie ist der X. Hirnnerv, der N. vagus, der die präganglionären parasympathischen Fasern zu den Ganglien der Organe im Brust- und Bauchraum führt. Die sakralen parasympathischen Fasern laufen im N. splanchnicus pelvinus vom Sakralmark zu den Ganglien der Beckenorgane. Der Parasympathikus innerviert die glatte Muskulatur und die Drüsen des Magen-Darm-Trakts, der Ausscheidungsorgane, der Sexualorgane und der Lungen. Darüber hinaus innerviert er die Vorhöfe des Herzens, die Tränen- und Speicheldrüsen im Kopfbereich und die inneren Augenmuskeln. Mit Ausnahme der Arterien, der Geschlechtsorgane und des Gehirns innerviert er nicht die glatte Gefäßmuskulatur. Auch Leber und Nebennierenmark werden nicht vom Parasympathikus innerviert.
Viele Effektororgane werden sowohl vom Sympathikus, als auch vom Parasympathikus innerviert. Die Wirkungen beider Systeme sind dort meist antagonistischer Natur. Sie bilden einen funktionellen Synergismus, wobei unter physiologischen Bedingungen die parasympathische Regulation im Vordergrund steht.
Die Neurotransmission im peripheren vegetativen Nervensystem erfolgt durch chemische Erregungsübertragung. Dabei dominieren die klassischen Überträgerstoffe Azetylcholin und Noradrenalin, die häufig von Neuropeptiden kolokalisiert werden. Azetylcholin ist die Überträgersubstanz aller präganglionären Axone. Im Parasympathikus wird auch von den postganglionären Axonen Azetylcholin freigesetzt. Sympathische postganglionäre Neurone setzen Azetylcholin nur an den Schweißdrüsen und möglicherweise an den Neuronen ein, die für die Vasodilatation der Arteriolen der Skelettmuskulatur zuständig sind, ansonsten verwenden sympathische postganglionäre Neurone Noradrenalin als Neurotransmitter (Birbaumer & Schmidt, 1996; Jänig, 2000; Pocock & Richards, 1999; Seller, 2001).

Funktionsweise des vegetativen Nervensystems

Die Neurone des vegetativen Nervensystems haben eine Spontanentladungsrate von etwa 0,1 Hz bis 4 Hz. Diese Ruheaktivität im vegetativen Nervensystem bestimmt den mittleren Aktivitätszustand der Effektororgane. Sowohl eine Steigerung als auch eine Senkung dieses Ruhetonus sind möglich. Dabei übernimmt der Sympathikus meist die Aktivierung der Effektororgane und der Parasympathikus die Hemmung. In dieser antagonistischen Wirkung bilden die beiden Systeme einen funktionellen Synergismus. Bei Organen, die vom Sympathikus und vom Parasympathikus innerviert werden, ist der Parasympathikus oft das

dominierende System. So steht das Herz unter einem vagalen, also parasympathischen Tonus (Birbaumer & Schmidt, 1996).

Die Steuerung der Effektororgane durch das vegetative Nervensystem erfolgt zum einen über die spinalen Reflexbögen und zum anderen durch Funktionskomplexe, die Hirnstamm und Hypothalamus mit einbeziehen, um die spinalen Systeme zu organisieren. Die spinalen vegetativen Reflexbögen bestehen aus mindestens drei Synapsen zwischen primär afferenten, somatischen oder viszeralen Neuronen und den postganglionären Neuronen. Diese spinale Reflexmotorik funktioniert auch nach einer Durchtrennung des Rückenmarks (Jänig, 2000).

Die komplexen Regelmechanismen, die das vegetative Nervensystem steuert, wie beispielsweise die Regulation des arteriellen Blutdrucks, der Atmung oder des Magendarmtraktes werden von neuronalen Zentren in der Medulla oblongata gesteuert. Diese Regulationssysteme bestehen aus vielen Einzelreflexen und spezifischen afferenten und efferenten Neuronen. Die viszeralen Afferenzen projezieren in den Nucleus tractus solitarii, der in der Medulla oblongata liegt.

Die wichtigste Hirnregion für die Erhaltung der Homöostase ist der Hypothalamus. Diese Struktur ist ein Integrationszentrum für somatische, vegetative und endokrine Funktionen. So übt der Hypothalamus eine übergeordnete Kontrolle über die medullären Selbststeuerungsmechanismen des vegetativen Nervensystems aus. Er beinhaltet elementare Verhaltensprogramme, die durch elektrische Stimulation kleiner Areale ausgelöst werden können. Beispielsweise steuert der Hypothalamus die Anpassung des Herzkreislauf-Systems während körperlicher Arbeit (Jänig, 2000).

Stress und Erholung

Im klassischen Sinne wird Stress als ein psychologisches Konstrukt aufgefasst. Doch steht es außer Frage, dass Stress neben einer kognitiven auch eine verhaltens- und eine physiologische Komponente besitzt (Lovallo, 1997; Porges, 1995; Toivanen, Länsimies, Jokela & Hänninen, 1994; Zachariae, Jorgensen, Bjerring & Svendsen, 2000). Die physiologische Komponente bietet die Möglichkeit, ein spezielles Verständnis von Stressreaktionen auf körperlicher Ebene zu entwickeln. Dabei gibt es zwei Arten von Reaktionen. Zum einen existiert der Mechanismus, der über die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse wirkt und den Hormonspiegel beeinflusst (Birbaumer & Schmidt, 1996). Ein weiteres System, dass mit einem spezifischen Reaktionsmuster auf Stressoren reagiert, ist das vegetative Nervensystem. Dieses System reagiert, im Gegensatz zum ersten Mechanismus, unmittelbar auf Stress mit

einem bestimmten Reaktionsmuster und bietet die Möglichkeit, einen physiologischen Index für Stress und Stressvulnerabilität abzuleiten.

In Ruhe steht der Organismus unter der Dominanz des parasympathischen Teils des vegetativen Nervensystems. Dieser Teil unterstützt durch seine Wirkung die Nahrungsaufnahme, die Energiespeicherung und die Fortpflanzung (Lovallo, 1997). Wenn keine äußeren Störreize vorhanden sind, optimiert der Parasympathikus die Funktionen der inneren Organe. Aufgrund dieser restaurativen und konservierenden Wirkungsweise wird der Parasympathikus als trophotropisches System bezeichnet (Birbaumer & Schmidt, 1996; Porges, 1995).

Der Sympathikus hingegen wird als ergotropes System bezeichnet, da er die Energiereserven des Körpers mobilisiert (Birbaumer & Schmidt, 1996; Porges, 1995). Seine Aufgabe ist es, den Organismus auf die äußeren Anforderungen einzustellen. Wenn Stressoren auf den Organismus einwirken, dann wird von höheren Zentren des Zentralnervensystems ausgehend über den Hypothalamus und die vegetativen Zentren im Hirnstamm der Sympathikus aktiviert und der Parasympathikus gehemmt. Auf diese Weise stehen alle Ressourcen zur Verfügung, um eine Anpassung an die neue Situation herbeizuführen (Lovallo, 1997; Porges, 1995).

Da der Parasympathikus durch seine trophotrope Wirkungsweise wichtige Steuerungsfunktionen bezüglich der Homöostase – des Gleichgewichts des inneren Milieus – ausübt, ist es für einen Organismus von Nachteil, dieses System langfristig zu hemmen. Nach Porges (1995) erlebt ein Organismus Stress, wenn die internen Bedürfnisse nicht mehr erfüllt werden. Aus diesen Gründen vertritt er die Meinung, dass der aktuelle Tonus des Parasympathikus Stress quantifizieren kann und der Grundtonus des Parasympathikus die Stressvulnerabilität beschreibt (Porges, 1995).

Für einen Organismus ist es also von Vorteil, die Aktivierung von Sympathikus und Parasympathikus in einem adäquaten Verhältnis zu halten und den parasympathischen Tonus nach Belastung schnell anzuheben.

1.2.2 Regulationsmechanismen des Herzkreislauf-Systems

Um die Zellen eines Organismus funktionsfähig zu halten, muss das Herzkreislauf-System sie mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgen und die Abfallstoffe des Metabolismus wieder abtransportieren. Um sich den ständig ändernden Anforderungen anzupassen, verfügt das Herzkreislauf-System über verschiedene Regulationsmechanismen, von denen im folgenden einige dargestellt werden.

Die Atmung

Mittels der Atmung wird der Organismus mit Sauerstoff versorgt. Sauerstoff ist ein notwendiges Element für den oxidativen Abbau der Nährstoffe in den Zellen eines Organismus. Bei der Atmung wird Luft in die Lungen gesogen, die dort einen Teil des in ihr enthalten Sauerstoffs in den Blutkreislauf abgibt. Der Blutkreislauf transportiert den Sauerstoff zu allen Körperzellen und nimmt bei der Verbrennung anfallendes Kohlendioxyd und weitere Abfallstoffe auf. Das zu den Lungen zurückströmende Blut gibt das Kohlendioxyd an die Luft in den Lungen ab. Für einen menschlichen Organismus in Ruhe liegt das Atemzeitvolumen bei etwa sieben l/min. Bei schwerer Arbeit kann das Atemzeitvolumen um mehr als das Zehnfache zunehmen.

Das zentrale Organ für die Atmung ist die Lunge. Sie besteht aus ca. 300 Millionen Alveolen, die über die Bronchiolen und Bronchien mit der Trachea, der Luftröhre, verbunden sind. Das Lungengewebe ist elastisch und zieht die Lungenflügel in Richtung der Lungenwurzeln zusammen. Die Lunge liegt frei im Brustkorb und schmiegt sich an dessen Wand und an das Zwerchfell an. Der Zwischenraum wird Pleuralspalt genannt und ist mit Flüssigkeit gefüllt. Wird der Brustraum durch Heben der Rippen oder durch Senken des Zwerchfells vergrößert, so muss die Lunge sich durch die Druckveränderungen dehnen, denn die Flüssigkeit im Pleuralspalt kann ihr Volumen nicht verändern (Birbaumer & Schmidt, 1996). Diese Volumenzunahme führt zu Unterdruck in der Lunge, so dass Frischluft durch die Trachea in die Lunge strömt. Erschlafft die für die Brustkorbweitung verantwortliche Muskulatur zieht das elastische Lungengewebe die Lunge wieder zusammen. Durch diese Volumen-verkleinerung steigt der Druck in der Lunge über den Außendruck und Luft entweicht aus der Lunge.

Die Exspiration ist folglich normalerweise passiv. Sie kann aber auch aktiv sein, wenn für besonders tiefe Exspirationen der Brustkorb durch Muskelarbeit zusammengezogen wird.

Die Atemmechanik wird durch das vegetative Nervensystem unterstützt. Dieses stellt die Bronchienweite ein. In der Inspirationsphase kommt es unter Einfluss des Sympathikus zu einer Bronchodilatation und in der Exspirationsphase sorgt der Parasympathikus für eine Bronchokonstriktion (Thews, 2000). Dadurch wird die Volumendifferenz noch weiter vergrößert, was zu größeren Druckdifferenzen führt und somit der Beförderung eines größeren Luftvolumens dient.

Bei einem Atemzug wird nicht der komplette Luftinhalt der Lunge ausgetauscht. Selbst bei maximaler Ausatmung bleiben noch ein bis zwei Liter Luft in der Lunge. Die eingeatmete Frischluft muss sich immer mit dieser Restluft vermischen. Das hat zur Folge, dass die

Zusammensetzung des Luftgemisches in den Alveolen nur geringen zeitlichen Schwankungen unterliegt. Das macht den Austausch der Atemgase zwischen Luft und Blut weitgehend unabhängig von der äußeren Atmung (Birbaumer & Schmidt, 1996).

Der Austausch der Atemgase findet durch die Alveolenwände statt. Diese sind sehr dünn und in ein dichtes Netzwerk von Kapillaren eingebettet. Da Sauerstoff und Kohlendioxyd in der Alveolarluft und im venösen Blut eine unterschiedliche Konzentration haben, kommt es aufgrund der Partialdruckdifferenz zu Diffusion durch die Alveolarwand.

Aus dem beschrieben Vorgang ergeben sich drei Faktoren, die für das Ausmaß an Sauerstoffsättigung des Blutes wesentlich sind. Der erste Faktor ist die Distribution, das ist die Güte der Belüftung der Alveolen. Beim zweiten Faktor handelt es sich um die Diffusion, welche die Geschwindigkeit des Gasaustausches durch die Alveolen- und Kapillarwände bezeichnet. Der letzte Faktor wird Perfusion genannt und beschreibt das Ausmaß der Kapillardurchblutung. Diese drei Faktoren sind allerdings selbst bei gesunden Menschen nicht in allen Lungenabschnitten konstant (Birbaumer & Schmidt, 1996).

Ein Atemzyklus kann in drei Phasen geteilt werden, die Inspiration, die Postinspiration und die Exspiration. Dieser Atemrhythmus entsteht in der Medulla oblongata im Hirnstamm. Dort gibt es ein Netzwerk respiratorischer Neurone, die sich in jeweils einer der drei Atemphasen entladen und gegenseitig hemmen. Dieses Netzwerk wird aus der spontan aktiven Formatio retikularis aktiviert. Aus diesem Netzwerk heraus werden Motoneurone erregt, die die Atemmuskulatur aktivieren.

Dieser Grundrhythmus wird durch andere Mechanismen moduliert. Einer davon ist die chemische Atemregulation, welche die Homöostase bezüglich der zellulären Stoffwechselbedürfnisse des Organismus aufrechterhält. Dabei wird durch Chemorezeptoren der CO_2- oder O_2-Anteil oder der ph-Wert des arteriellen Blutes gemessen. Der effektivste Atmungsantrieb erfolgt auf einen Anstieg des CO_2-Partialdrucks in den Arterien.

Außerdem ist eine Kopplung der Atemregelungsprozesse mit den Steuermechanismen von Herz und Kreislauf notwendig, um den Sauerstoffbedarf antizipatorisch anzupassen. Dies geschieht durch eine Mitinnervation des respiratorischen Netzwerkes durch kortikale und limbische Strukturen.

Letztlich haben noch weitere chemo- und mechanosensible Sensoren aus den Atemwegen und dem Lungengewebe Einfluss auf den Atemrhythmus. Diese lösen Schutzreflexe, wie Husten oder Niesen aus (Richter, 2000).

Abschließend ist noch zu bemerken, dass die Atmung sowohl automatisch als auch willentlich ausgeführt werden kann.

Der Blutdruck

Um alle Zellen mit den für den Stoffwechsel nötigen Elementen zu versorgen und die Abfallprodukte des Stoffwechsels wieder abzutransportieren, müssen die Zellen an den Blutkreislauf angeschlossen sein, denn das Blut ist das Transportmedium für alle diese Stoffe. Der Blutkreislauf ist ein geschlossener Kreislauf, der in zwei Teile aufgeteilt ist, den Körper- und den Lungenkreislauf. Im Lungenkreislauf wird das venöse Blut von der rechten Herzkammer durch die Lunge zur linken Herzkammer gepumpt. Von der linken Herzkammer fließt das Blut durch den Körperkreislauf zu den Organen und zur Skelettmuskulatur und dann zurück zur rechten Herzkammer.

Diese Kreisläufe können wiederum in zwei Teile unterschieden werden. Das Venensystem, welches das Blut zum Herzen zurück befördert und das Arteriensystem, das das Blut zu den Organen und zur Muskulatur bringt. Diese beiden Teilsysteme unterscheiden sich in ihrer physikalischen Beschaffenheit. Das Venensystem wird auch als Dehnungssystem bezeichnet, da es sehr dehnbare Gefäßwände hat. Dies ermöglicht es ihm große Blutmengen zu speichern und bei Bedarf wieder freizugeben. Die arteriellen Systeme werden hingegen als Widerstandssystem aufgefasst, da sie dem Blutstrom durch ihren kleinen Durchmesser einen großen Widerstand entgegensetzen. Um diesen Widerstand zu überwinden wird ein entsprechend großer Blutdruck benötigt. Dieser beträgt im Körperkreislauf durchschnittlich 100 mmHg und im Lungenkreislauf 15 mmHg. Wobei mmHg die Maßeinheit für den Blutdruck ist. Sie steht für Millimeter Quecksilber und beschreibt, wie weit der Blutdruck eine Quecksilbersäule anheben kann.

Die Druckverteilung im Gesamtkreislauf ist je nach Gefäßwiderstand stark unterschiedlich. In der linken Herzkammer schwankt der Druck zwischen 0 mmHg in der Diastole und 120 mmHg in der Systole. In der Aorta und den Arterien liegen die Schwankungen immer noch zwischen 80 und 120 mmHg. In den Arteriolen und Kapillaren sinkt der Blutdruck sehr stark ab und auch die Schwankungen lassen sehr stark nach, da der Gesamtquerschnitt dort sehr groß ist. Auch die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes richtet sich nach dem jeweiligen Gesamtquerschnitt des Kreislaufsystems am Messpunkt. Dort wo der Blutdruck schwankt, also in Herznähe im arteriellen System, ist die Flussgeschwindigkeit des Blutes nicht konstant. Während des Druckanstieges bei der Systole erreicht das Blut in der Aorta eine Spitzengeschwindigkeit von 1 m/sec, bei der Diastole steht es hingegen nahezu still. Die Druckwelle, die beim Blutauswurf aus der linken Herzkammer entsteht, ist wesentlich schneller als das Blut. Sie setzt sich über die arteriellen Gefäßwände fort und erreicht die Füße nach ca. 0,2 sec. Bei einer altersstarren nicht mehr so elastischen Gefäßwand ist die

Pulswellengeschwindigkeit noch größer. Diese Druckpulswelle kann an den oberflächlich gelegenen Körperarterien am Hals oder am Handgelenk ertastet werden und wird Puls genannt (Birbaumer & Schmidt, 1996).

Für die Anpassung des Blutkreislaufs an den Bedarf des Organismus gibt es verschiedene Regelmechanismen, die ihre Wirkung mittel-, langfristig oder akut entfalten können. Die mittel- und langfristigen Mechanismen wirken innerhalb von Minuten oder Stunden und versuchen das Blutvolumen in einem angemessenen Verhältnis zum Fassungsvermögen der Blutgefäße zu halten. Einer dieser Mechanismen ist das Renin-Angiotensin-System, das durch eine Minderdurchblutung der Niere ausgelöst wird und auf chemischem Wege und durch Aktivierung des sympathischen Nervensystems zu einer Vasokonstriktion führt, um den Blutdruck zu erhöhen. Die Stressrelaxation der Gefäße ist ein weiterer mittelfristig wirkender Mechanismus. Die Dehnbarkeit der Arterie, die Energie speichert, um das Blut auch während der Diastole fortzubewegen, erhöht sich nach einer länger anhaltenden Blutdrucksteigerung. Dadurch kann der arterielle Kreislauf mehr Blut bei weniger Arbeit, also geringerem Blutdruck aufnehmen. Nimmt das intravaskuläre Blutvolumen wieder ab, dann nimmt auch die Dehnbarkeit der Gefäße wieder ab. So können bei größeren Volumen Zu- oder Abnahmen die Drücke in 10 bis 60 Minuten wieder in den Normalbereich zurückkehren (Birbaumer & Schmidt, 1996).

Langfristige Regulationsmechanismen beeinflussen die Füllung des Gefäßsystems durch Veränderung des extrazellulären Volumens. Bei einer Zunahme des Blutvolumens steigt der Blutdruck. Die Nieren reagieren darauf mit einer erhöhten Harnausscheidung, die das Blutvolumen reduziert.

Bei akuten Anpassungen wird die Weite der Arteriolen verändert. Auf diese Art ist es auch möglich, die Blutverteilung im Organismus den Bedürfnissen anzupassen. Der Tonus der Gefäßwand wird durch das vegetative Nervensystem gesteuert. Wobei nur sympathische Aktivität eine Rolle spielt. Hohe Impulsfrequenz führt zu einer Vasokonstriktion und niedrige zu einer Vasodilatation. Stoffwechselprodukte haben, wenn sie vermehrt auftreten, einen vasodilatierenden Einfluss. Außerdem haben noch im Blut zirkulierende Hormone einen Einfluss auf den Gefäßtonus. Stickstoffmonoxyd, das von den Zellen der Gefäßwände abgesondert wird, wirkt vasodilatierend auf die glatte Muskulatur der Gefäßwände.

Die überregionale akute Anpassung des Kreislaufs an den Bedarf geschieht reflektorisch. Der dafür zuständige Baroreflex wird weiter unten genauer erläutert.

Die Herztätigkeit

Das Herz wirkt als Umwälzpumpe des Blutkreislaufs. Es ist eine doppelkammrige Druck-Volumen-Pumpe. Das linke Herz pumpt das Blut durch den Körperkreislauf und das rechte Herz pumpt das Blut durch den Lungenkreislauf. Linkes und rechtes Herz haben je zwei Pumpräume, die Vorhöfe und die Kammern, die durch Ventilklappen voneinander getrennt sind. Die Pumpwirkung des Herzens entsteht durch die rhythmische Erschlaffung und Kontraktion der Herzkammern. Die Erschlaffung wird Diastole und die Kontraktion Systole genannt. In der Diastole werden die Kammern mit Blut gefüllt. In der Systole werfen sie das Blut in die Arterien aus. Die Ventilklappen verhindern einen Rückstrom des Blutes. Jeder Herzkammer ist ein Vorhof vorgelagert, der das Blut, das aus den Venen zum Herz strömt, aufnimmt. Die Systole der Vorhöfe geht der Systole der Kammern voraus und unterstützt die Kammerfüllung (Antoni, 2000).

Jeder Arbeitszyklus der Herzkammern umfasst vier Phasen. Die erste Phase ist die Füllung der Kammern. Das Blut, das sich in den Vorhöfen angesammelt hat, fließt in die Kammern. Zum Schluss dieser Phase kontrahieren die Vorhöfe, um möglichst viel Blut in die Kammern zu drücken. Die Klappe zwischen den Herzkammern und den Arterien ist zu diesem Zeitpunkt geschlossen, da der Druck in den Arterien den Kammerdruck noch übersteigt. Unmittelbar nach der Vorhofkontraktion beginnt die zweite Phase mit der Kontraktion der Kammern. Durch den steigenden Druck in den Kammern verschließen sich die Klappen zwischen Vorhöfen und Kammern. Wenn der durch die Kammerkontraktion aufgebaute Druck den Druck der Arterien übersteigt, beginnt mit der Öffnung der Arterienklappen die dritte Phase. In dieser Phase wird das Blut aus den Kammern in die Arterien ausgeworfen. Wenn die Kammermuskulatur nach der Kontraktion erschlafft, hat die vierte Phase begonnen. Der Druck in den Kammern fällt unter den der Arterien und verschließt so die Arterienklappen. Unterdessen hat sich in den Vorhöfen neues venöses Blut angestaut und ein neuer Arbeitszyklus beginnt. Zweite und dritte Phase werden auch als Systole, erste und vierte Phase als Diastole bezeichnet. Als das Herzzeitvolumen bezeichnet man das Blutvolumen, das in einem bestimmten Zeitraum von den beiden Herzkammern ausgeworfen wird. In Ruhe sind das bei einem Erwachsenen ungefähr fünf Liter pro Minute, also etwa die gesamte im Körper vorhandene Blutmenge (Birbaumer & Schmidt, 1996).

Das Herz ist in der Lage, sich selbständig rhythmisch zu kontrahieren. Zwei Besonderheiten der Herzmuskelfasern sind die Vorraussetzung für diese automatische Herztätigkeit. Zum einen sind alle Herzmuskelzellen netzförmig miteinander verknüpft, so dass die Erregung einer beliebigen Zelle sich über das ganze Herz ausbreitet. Zum Anderen gibt es Zellen mit

der Fähigkeit zur Spontanerregung. Diese Zellen werden Schrittmacherzellen genannt. Sie unterscheiden sich von anderen Zellen durch die erhöhte Durchlässigkeit ihrer Zellmembran für Natriumionen. Da der Einstrom von positiv geladenen Natriumionen den Ausstrom von ebenfalls positiv geladenen Kaliumionen überwiegt, wird das Zellinnere in seiner Ladung positiver. Nach Erreichen des Schwellenpotentials nimmt die Natriumleitfähigkeit sogar noch mehr zu, während die Kaliumleitfähigkeit kontinuierlich abnimmt. Dadurch wird das Aktionspotential besonders steil. Aktuelle Schrittmacherzellen sind immer diejenigen Zellen, welche die Depolarisationsschwelle am schnellsten erreichen. Meistens liegen sie auf dem rechten Vorhof am Sinusknoten. Das am Sinusknoten generierte Aktionspotential breitet sich zunächst über die Vorhöfe aus und läuft dann zum Artrio-Ventrikular-Knoten, der zwischen den Vorhöfen und den Kammern liegt. Hier kommt die Erregungswelle nur langsam voran, bevor sie auf die Kammern übergreift. Die Verzögerung stellt sicher, dass die Kammern deutlich nach den Vorhöfen kontrahieren und so die Phasen des Arbeitszyklus eingehalten werden. Das Aktionspotential der Herzmuskelzellen weist ein Plateau auf, bevor die Repolarisation erfolgt. Die Dauer dieses Plateaus hängt von der Herzfrequenz ab, bei steigender Frequenz wird es kürzer. Die Herzmuskeln sind während eines Aktionspotentials refraktär, d.h. sie können nicht erregt werden. Dies dient dem Schutz des Kontraktionsrhythmus und gewährleistet die Funktionstüchtigkeit des Herzens (Birbaumer & Schmidt, 1996).

Um bei unterschiedlichen Belastungen die Versorgung der Körperzellen sicherzustellen, muss das Herz in der Lage sein, das Herzzeitvolumen und den Druck, mit dem das Blut ausgeworfen wird, anzupassen. Diese Anpassungsleistung wird zum Teil vom Herzen selbst übernommen und zum Teil über die Herznerven gesteuert. Ein Selbstanpassungsmechanismus ist der Frank-Starling-Mechanismus. Wenn der Herzmuskel mehr gedehnt wird, weil mehr Blut als vorher in die Kammern geflossen ist, steigert sich die Kontraktionsstärke. Zu mehr Blut in den Kammern kann es durch zunehmenden venösen Rückstrom kommen oder durch in der Kammer zurückgebliebenes Restblut. Letzteres passiert, wenn der arterielle Widerstand zunimmt und der Kontraktionsdruck nicht ausreicht die übliche Blutmenge auszuwerfen. Dieser Mechanismus spielt eine große Rolle bei der Abstimmung des linken und des rechten Herzens, sowie bei Lageveränderungen des Körpers im Raum.

Die nervöse Steuerung des Herzens erfolgt über das vegetative Nervensystem. Das Herz wird sowohl vom Sympathikus, als auch vom Parasympathikus innerviert. Sympathische Aktivität bewirkt eine Zunahme des Herzzeitvolumens durch eine Erhöhung der Herzfrequenz und der Kontraktionskraft. Dies geschieht mittels des Neurotransmitters Noradrenalin. Dieser

versteilert das Schrittmacherpotential, damit die Aktionspotentiale an den Schrittmacherzellen schneller ausgelöst werden können. Außerdem erhöht Noradrenalin die Kraft der Kontraktion, was zu einer Steigerung des Schlagvolumens und des Blutdrucks genutzt werden kann.
Die parasympathischen Herznervenfasern des Vagusnerven verwenden Azetylcholin als Überträgersubstanz. Dieses flacht das Schrittmacherpotential ab und senkt so die Herzfrequenz. In Ruhe dominiert der parasympathische Einfluss das Herz.
Das Herz erreicht einen optimalen Wirkungsgrad, wenn das Schlagvolumen groß ist und die Frequenz niedrig. Dann ist der Energieverbrauch des Herzens am geringsten (Antoni, 2000; Birbaumer & Schmidt, 1996).

Der Baroreflex

Der Baroreflex ist ein homöostatischer Selbststeuerungsmechanismus des Kreislaufs. Dieser Regelkreis dient dazu, den mittleren Blutdruck durch Anpassung von Herzzeitvolumen und totalem peripheren Widerstand konstant zu halten. Die Reaktionszeit des Mechanismus beträgt nur wenige Sekunden.
Den Namen Baroreflex erhält der Regelkreis von seinen Messfühlern, den Barorezeptoren. Sie reagieren auf die Dehnung der Gefäßwände in Abhängigkeit des transmuralen Drucks. Die funktionell bedeutsamsten Barorezeptorareale liegen im Aortenbogen und im Karotissinus.
Auf konstanten Druck reagieren die Barorezeptoren mit kontinuierlichen Impulsentladungen. Druckveränderungen führen zu einer Änderung der Feuerungsrate. Bei steigendem Druck wird allerdings ein Sättigungswert bei etwa 140 bis 160 mmHg erreicht. Die Barorezeptoren reagieren also auf Druckschwankungen in den Arterien mit rhythmischen Impulsmustern, wobei sich die Frequenz mit steigender Amplitude der Druckschwankung stärker ändert. So liefern die Barorezeptoren Informationen über die Größe der Druckamplitude, die Steilheit des Druckanstiegs und die Herzfrequenz.
Die afferenten Impulse der Barorezeptoren werden auf Neurone im Nucl. Tractus solitarii umgeschaltet; diese erregen Neuronenpopulationen in der Medulla oblongata. Dort sind die Steuerungszentren für das vegetative Nervensystem. So würde hier eine Hemmung von sympathischen und eine Aktivierung von parasympathischen Neuronen im Falle eines durch die Barorezeptoren gemeldeten Druckanstiegs vorgenommen. In der Folge käme es also zu einer Abnahme des totalen peripheren Widerstands, was zu einer Senkung des Blutdrucks führen würde. Außerdem würden die Venen mehr Blut speichern und das Herz könnte im nächsten Arbeitzyklus nur noch eine geringere Blutmenge auswerfen, was ebenfalls den

Blutdruck senken würde. Dieser Effekt wird noch von einer gleichfalls durch die Hemmung des Sympathikus und Aktivierung des Vagus hervorgerufenen Abnahme des Herzzeitvolumens durch Senkung der Kontraktionskraft und der Schlagfrequenz verstärkt. Die Abnahme der Frequenz setzt bereits eine Sekunde nach Reizung der Barorezeptoren ein. Bei verminderter Erregung der Barorezeptoren durch einen Blutdruckabfall würde die entgegengesetzte Reaktion ablaufen, um den arteriellen Blutdruck wieder anzuheben.
Insgesamt ist der Baroreflex ein sehr wirkungsvoller Mechanismus, um den mittleren arteriellen Blutdruck konstant zu halten.
Verstärkte Erregung der Barorezeptoren hat außerdem noch Einfluss auf andere zentralnervös gesteuerte Funktionen, wie die Atmung und den Muskeltonus. Sie hebt die Wahrnehmungsschwelle und kann im Extremfall zu Schlaf führen. Auch zeigt sich eine hemmende Wirkung auf die Hirnrinde, was sich im EEG durch Tendenzen zur Synchronisierung und Abnahme der Amplituden bei schmerzhaften oder unangenehmen Reizen zeigt (Birbaumer & Schmidt, 1996; Busse, 2000; Elbert & Schandry, 1998).

Die respiratorische Sinusarrhythmie

Bei der respiratorischen Sinusarrhythmie handelt es sich um das physiologische Phänomen, dass die Herzfrequenz während der Inspiration steigt und bei der Exspiration fällt. Die Ursachen für diese Frequenzschwankungen waren seit dem 19. Jahrhundert Gegenstand der Forschung. Dabei wurden verschiedene Erklärungsmodelle postuliert, die unterschiedliche Mechanismen der Genese dieser Herzratenvariabilität beschreiben (Berntson, Cacioppo & Quigley, 1993; Piepoli, Sleight, Leuzzi, Valle, Spadacini, Passino, Johnston & Bernardi, 1997).
Die „periphere“ oder „Baroreflex“ Theorie geht davon aus, dass durch die Druckveränderung im Brustkorb, ausgelöst durch die Atembewegungen, der venöse Rückstrom des Blutes durch die Lungen zum linken Herzvorhof im Rhythmus der Atmung schwankt. Mit dem bei der Einatmung entstehenden Unterdruck wird mehr Blut durch die Lungen gepumpt als bei der Ausatmung. Dadurch ändert sich das Auswurfvolumen der linken Herzkammer, was zu einer Veränderung des systolischen Blutdrucks führt. Diese Blutdruckschwankung wird dann durch den Baroreflex auf die Herzrate rückgekoppelt (Piepoli et al., 1997).
Die „zentrale“ Theorie führt die respiratorische Sinusarrhythmie auf einen Rhythmusgenerator im zentralen Nervensystem zurück, der den Atemrhythmus erzeugt. Dabei hemmt er während der Einatmungsphase die vagalen Motorneurone und erregt die sympathischen Motorneurone. Bei der Ausatmung dreht sich dieses Muster um. Deshalb

steigt die Herzrate bei der Einatmung, ausgelöst durch die dann bestehende sympathische Dominanz und fällt bei der Ausatmung durch die Dominanz des Vagus in dieser Phase der Atmung (Piepoli et al., 1997).

Letztlich tragen alle diese Mechanismen zur Entstehung der respiratorischen Sinusarrhythmie bei. Wobei die neuralen Elemente in der Genese der respiratorischen Sinusarrhythmie die nicht-neuralen bei weitem übertreffen (Berntson et al., 1993; Piepoli et al., 1997). Der Anteil des sympathischen Teils des vegetativen Nervensystems an diesem Phänomen ist weitaus geringer als der Anteil des parasympathischen Teils. Einige Autoren gehen davon aus, dass der sympathische Einfluss sich nur im Frequenzbereich unter 0,1 Hz niederschlägt, da die sympathischen Herznerven mit großer Verzögerung reagieren (Berntson et al., 1993; Berntson, Bigger, Eckberg, Grossman, Kaufmann, Malik, Nagaraja, Porges, Saul, Stone & van der Molen, 1997; Piepoli et al., 1997). Andere Studien lassen vermuten, dass allein der vagale Einfluss auf das Herz an der Entstehung der respiratorischen Sinusarrhythmie beteiligt ist (Taylor, Myers, Halliwill, Seidel & Eckberg, 2001). Die Beteiligung des Baroreflexes am Phänomen der respiratorischen Sinusarrhythmie hingegen ist unbestritten und vielfach demonstriert worden. So konnte die Amplitude der Herzratenschwankung verstärkt werden, wenn die Barorezeptoren während der Exspiration stimuliert wurden und gehemmt werden bei Stimulation der Barorezeptoren bei der Inspiration (Ott, Sammer & Vaitl, 2003; Piepoli et al., 1997). Bezüglich der Genese besteht aber noch keine Einigkeit über die Rolle des Baroreflexes (Piepoli et al., 1997; Elstad, Toska, Chon, Raeder, & Cohen, 2001). Das Atemvolumen hat ebenfalls einen Einfluss auf die Amplitude der respiratorischen Sinusarrhythmie. Hier wurde vermutet, dass Dehnungsrezeptoren in der Lunge für diese Modulation verantwortlich sein könnten (Hirsch & Bishop, 1981). Piepoli et al. (1997) schließen diesen Erklärungsansatz als Ursache für die respiratorische Sinusarrhythmie jedoch aus, mit dem Verweis auf die Notwendigkeit eines intakten Vagusnerven für das Zustandekommen atembedingter Herzratenschwankungen. Auch die Atemfrequenz verändert die Amplitude der respiratorischen Sinusarrhythmie (Hirsch & Bishop, 1981).

Für die vorliegende Studie wird folgendes Arbeitsmodell für den Ursprung und den aufrechterhaltenden Mechanismus der respiratorischen Sinusarrhythmie zugrundegelegt: Bei der Inspiration kommt es über die rhythmusgebenden Neurone der Atmung, die sich in der Medulla oblongata befinden, zu einer Hemmung des Vagotonus, was zu einem Anstieg der Herzfrequenz führt (Pocock & Richards, 1999; Schrader, 2001). Der Anstieg der Herzfrequenz zieht einen Anstieg des systolischen Blutdrucks nach sich, da das Herzzeit-volumen erhöht wird. Daraufhin werden durch den Baroreflex über den Vagusnerv die

Herzfrequenz und die Kontraktionskraft wieder gesenkt (Birbaumer & Schmidt, 1996). Dies kann erst bei der Exspiration erfolgen, da dann die atmungsbedingte Hemmung des Parasympathikus wieder aufgehoben ist.

Die respiratorische Sinusarrhythmie ist Ursache für eine Variabilität in der Herzrate und im systolischen Blutdruck: Sie verursacht ein Schwingen, leicht phasenverschoben, im Rhythmus der Atmung. Die Schwankung im systolischen Blutdruck ist die Folge der Herzraten-schwankung, die mit einer Schwankung im Herzzeitvolumen einhergeht. Die Herzrate ist durch die Latenz im Baroreflex in ihrer Phase etwas hinter dem Blutdruck zurück. Die durchschnittliche Größe der Amplituden von Herzraten- und Blutdruckschwankungen durch die Atmung sind individuell verschieden (Piepoli et al., 1997).

In einem Frequenzbereich zwischen 0.1 Hz und 0.05 Hz kommt es zu einem Phänomen, dass als Mayer-Welle bezeichnet wird. Die Amplitude der Herzratenschwankung nimmt bei einer bestimmten Frequenz zu. Diese Peak-Frequenz besteht unabhängig jener, die durch die Atmung ausgelöst wird. Da sie, gegenüber der normalen Atemfrequenz, in einem niederigeren Frequenzbereich auftritt, wird sie oft als *low frequency oscillation* (LF) bezeichnet. Ein möglicher Erklärungsansatz geht von einer Überlagerung von Schwingungen im sympathischen und im parasympathischen Nervensystem aus, die durch Neurone im ZNS generiert werden (Berntson et al., 1993; Cooke, Hoag, Crossman, Kuusela, Tahavanainen & Eckberg, 1999; Karemaker, 1999). Ein anderer Ansatz, der als „Resonanztheorie“ bekannt ist, postuliert eine Regelschleife für den Blutdruck, die über den peripheren Widerstand gesteuert wird. Die Verzögerungen dieses Regelmechanismus sollen sich auf etwa zehn Sekunden addieren, dadurch wird eine Resonanz bei 0,1 Hz ausgelöst. Da diese Regelschleife über die Vasomotorik gesteuert wird, können die Mayer-Wellen als primär sympathisch verursacht angesehen werden (Karemaker, 1999). Wenn die Atemfrequenz in den Bereich der Mayer-Wellen kommt, überlagern sich beide Schwingungen und es kommt zu einer Zunahme der Herzratenvariabilität.

1.2.3 Flexibilität der Herzkreislaufregulation und Gesundheit

Im vorherigen Abschnitt klang bereits an, dass die Signale des Herzkreislauf-Systems eine zum Teil erhebliche Variabilität besitzen. Diese Variabilitäten, insbesondere die Herzratenvariabilität, werden schon seit langem untersucht (Berntson et al., 1997; Malpas, 2002; Piepoli et al., 1997). Einer der Gründe für dieses Interesse liegt in der Identifikation eines Zusammenhangs zwischen der Herzratenvariabilität und dem klinischen Status eines

Organismus (Berntson et al., 1997). So ist für viele Störungsbilder eine Einschränkung der kardiovasculären Variabilität charakteristisch und wird als Diagnosekriterium angesehen (Malpas, 2002). Beispielsweise besteht ein Zusammenhang zwischen verminderter Herzratenvariabilität und koronaren Herzerkrankungen oder verminderter Herzratenvariabilität und erhöhter Sterblichkeit nach Herzinfarkten. Aber auch über Erkrankungen wie Diabetes, Bluthochdruck und der Koronararterien können Verminderungen der Herzraten- und Blutdruckvariabilitäten Auskunft geben (Malpas, 2002; Porges, 1995). Lehrer, Vaschillo und Vaschillo (2000) zählen mit der Depression und einigen Angststörungen auch psychische Störungen auf, die sich durch eine verringerte Herzratenvariabilität auszeichnen. Diese Beobachtungen weckten das Interesse, nach den Ursachen der Variabilität zu suchen. Dabei wurde festgestellt, dass die Schwankungen in Herzrate und Blutdruck mit der Atmung einhergingen. Auf diesem Weg wurde das im vorigen Absatz dargestellte Phänomen der respiratorischen Sinusarrhythmie entdeckt, das den größten Teil der Variabilität in Herzrate und Blutdruck erklärt (Berntson et al., 1997; Malpas, 2002). Da die respiratorische Sinusarrhythmie aus der Inhibition des parasympathischen Nervensystems bei der Einatmung herrührt, kann die Herzratenvariabilität einen Index für den vagalen Tonus darstellen (Berntson et al., 1997). Eine indirekte Möglichkeit, auf den vagalen Tonus zu schließen, ist die Bestimmung der Baroreflex-Sensitivität. Die Baroreflex-Sensitivität gibt an, wie stark sich Blutdruckschwankungen auf die Herzrate auswirken. Beispielsweise drückt sie aus, wie sehr sich die Herzrate bei einem bestimmten Anstieg des Blutdrucks verlangsamt. Die Verlangsamung der Herzrate wird über die zunehmende Dauer des Interbeatintervalls, des Zeitintervalls zwischen zwei Herzschlägen, quantifiziert. So ist die Einheit, in der die Baroreflex-Sensitivität gemessen wird, Millisekunden pro Millimeter Quecksilbersäule (msec/mmHg). Die Millisekunden beschreiben den Zeitzuwachs im Interbeatintervall. Millimeter Quecksilbersäule bezieht sich auf den Anstieg im systolischen Blutdruck. Baroreflex-Sensitivität und vagaler Tonus sind eng miteinander verbunden, da die Baroreflex-Schleife über den Nervus vagus auf das Herz wirkt. So ist der afferente Level der Baroreflex-Sensitivität ein Teil des vagalen Tonus, der auf die Herzrate wirkt. Aus diesem Grund kann die Baroreflex-Sensitivität als Index für den vagalen Tonus betrachtet werden. Da der Nervus vagus fast ausschließlich parasympathische Nervenfasern führt, ist der vagale Tonus mit dem parasympathischen Tonus gleichzusetzen. Der Parasympathikus als trophotropisches System ist für die Homöostase zuständig und so spiegelt die Baroreflex-Sensitivität über den vagalen Tonus Homöostase wieder.

Von großem Interesse ist die Frage, ob ein Umkehrschluss möglich ist, nämlich ob durch eine Steigerung der Herzratenvariabilität Störungen zu therapieren sind, die sich durch schlechte Homöostasefunktionen des Organismus auszeichnen. Eine Steigerung der Herzraten-variabilität kommt einer Steigerung des vagalen Tonus gleich. Das Phänomen der respiratorische Sinusarrythmie legt nahe, dass die Atmung geeignet ist, das vegetative Nervensystem zu beeinflussen. So konnten Biofeedbackstudien zeigen, dass die Herzratenvariabilität durch eine Verlangsamung des Atemrhythmus vergrößert werden kann und dass diese Methode benutzt werden kann, um eine Reihe von Erkrankungen zu behandeln, bei denen das vegetative Nervensystem eine Rolle spielt. Das gilt u.a. für verschiedene Angststörungen, Asthma und Bluthochdruck (Bernardi, Porta, Gabutti, Spicuzza & Sleight, 2001; Lehrer, Vaschillo & Vaschillo 2000).

Ein langsamer Atemrhythmus steigert die Herzratenvariabilität und könnte somit eine präventive, gesundheitsfördernde Wirkung haben. Einige Meditationstechniken sind darauf angelegt, den Atemrhythmus zu verlangsamen, wie beispielsweise die „tanden-Atmung“ im Zen, bei der eine extreme Zunahme der Herzratenvariabilität gezeigt werden konnte (Lehrer, Sasaki & Saito 1999). Techniken, bei denen die Atmung nicht im Vordergrund steht, wie die Yoga-Mantra-Meditation oder das Rosenkranzgebet, senkten den Atemrhythmus durch die Rezitation auf ca. sechs Atemzüge pro Minute. Dadurch stieg die Baroreflex-Sensitivität, im Vergleich zu freiem Sprechen, signifikant an (Bernardi et al, 2001). Der Anstieg der Baroreflex-Sensitivität weist ebenfalls auf eine Steigerung des Vagotonus hin und geht mit einer zunehmenden Kopplung von Blutdruck- und Herzratenschwingungen einher.

1.3 Die Absorptionsfähigkeit

Absorption oder Absorptionsfähigkeit ist ein psychologisches Konstrukt, das von Tellegen und Atkinson formuliert wurde. Bei der Suche nach Persönlichkeitsmerkmalen, die Vorhersagen über die Hypnotisierbarkeit von Personen ermöglichen sollten, postulierten sie eine Persönlichkeitsdimension, die für die Art des „Erlebens“ von Handlungen oder Situationen verantwortlich sein sollte.

Aus Fragebögen zur Hypnotisierbarkeit und zu Persönlichkeitseigenschaften wurden mit faktorenanalytischen Methoden drei Faktoren extrahiert. Zwei waren die bereits bekannten Dimensionen Stabilität/Neurotizismus und Introversion/Extroversion. Den dritten, zu den vorherigen orthogonalen Faktor nannten sie Absorption. Dieser Faktor korrelierte als einziger mit der Hypnotisierbarkeit (Tellegen & Atkinson, 1974). Absorption kann verstanden werden als „Aufgehen in etwas“, „Versunkensein“, „Vertieftsein“ oder „absorbiert sein von etwas“

(Ritz, Maß & Dahme, 1993). Die ursprüngliche Definition von Tellegen und Atkinson (1974) lautete folgendermaßen: *„Absorption is interpreted as a disposition for having episodes of „total" attention that fully engage one's representational (i.e., perceptual, enactive, imaginative, and ideational) resources".*

Solche Aufmerksamkeitserlebnisse können begleitet sein von fehlenden Metakognitionen, einer verminderten Ablenkbarkeit und einer veränderten Wahrnehmung der äußeren Realität einhergehend mit einer unkonventionellen und idiosynkratischen Informationsverarbeitung (Tellegen & Atkinson, 1974).

Seit 1974 hat das Konstrukt sich unter verschiedenen Einflüssen gewandelt. Nach dem anfänglichen Verständnis als einem „Zustand" der Absorption wird heute von einer relativ stabilen Persönlichkeitseigenschaft, der Absorptionsfähigkeit ausgegangen. Im Rahmen des „big-five" Ansatzes in der Persönlichkeitspsychologie wird die Absorptionsfähigkeit der fünften Dimension zugeschrieben. Diese fünfte Dimension wird als eine Art kreative Intelligenz angesehen und von verschiedenen Autoren als Intellekt, Offenheit für Erfahrungen oder Kultiviertheit bezeichnet (Ritz, Maß & Dahme, 1993).

Obwohl Absorptionsfähigkeit als „trait" betrachtet wird, muss berücksichtigt werden, dass eine Interaktion mit einer Situation notwendig ist, um in den Zustand der Absorbiertheit einzutreten (Tellegen, 1981). Dieser Zustand kann als „veränderter Bewusstseinszustand„ (Altered State of Conciousness) bezeichnet werden, bei dem das Erleben einer „anderen Wirklichkeit" gleicht. Dabei kann es zu einem Verlust der Orientierung in Bezug auf Raum, Zeit und Situation kommen. Der Aspekt der Aufmerksamkeit, der solchen „absorbierten" Zuständen innewohnt, zeichnet sich durch eine geringe Ablenkbarkeit und ein sehr intensives Erleben, Erfahren und Wahrnehmen aus. Die Aufmerksamkeit kann auf etwas Bestimmtes, ein Objekt, eine Handlung oder einen Gedanken fokussiert sein. Aber es ist auch möglich, dass sie sich auf einen sehr weiten Bereich ausdehnt. Ein weiterer bezeichnender Aspekt besteht darin, dass der Zustand der Absorbiertheit sich ohne willentliche Anstrengung wie von selbst einstellt (Tellegen & Atkinson, 1974).

Das Konstrukt der Absorptionsfähigkeit ist eng verknüpft mit der *Tellegen Absorption Scale* (TAS; Tellegen & Atkinson, 1974; deutsch von Ritz & Dahme, 1995). Wie eingangs erwähnt, entsprang das Konzept der Absorption faktorenanalytischen Untersuchungen von Fragebögen, so dass die Entwicklung einer Skala auf der Hand lag. Diese Skala besteht aus 34 Items, die als Selbstaussagen formuliert sind und auf einer 5-stufigen Rating-Skala beantwortet werden (Ritz & Dahme, 1995). Bei den Formulierungen fällt bei etwa einem Drittel der Items ein stark emotionaler Bezug auf, wie beispielsweise „deeply moved" oder „so involved"

(Fragebogen siehe CD im Anhang). Ott (2002) hat die Hypothese aufgeworfen, die intensive anstrengungsfreie Aufmerksamkeitszuwendung, wie sie bei den Zuständen der Absorbiertheit vorliegt, komme durch eine starke emotionale Beteiligung zustande und werde durch ein entwicklungsgeschichtlich frühes, affektives System für die Lenkung von Aufmerksamkeitsressourcen gefördert. Für die Existenz eines solchen affektiven Systems, welches die Aufmerksamkeitsressourcen lenkt, sprechen EEG-Studien, die zeigen konnten, dass Bilder mit emotional gefärbtem Inhalt schon vor dem Bewusstwerden zu deutlich höherer Gehirnaktivität führen als Bilder neutralen Inhalts (Schupp, Junghöfer, Weike & Hamm, 2003). Der Einfluss der Absorptionsfähigkeit auf die Verarbeitung emotionaler Stimuli konnte von DePascalis, Marucci und Penna (1989) gezeigt werden. Ihre Untersuchung befasste sich mit der unterschiedlichen Verarbeitung der Erinnerung an emotionale Ereignisse bei „hoch“ und „niedrig“ hypnotisierbaren Menschen. Dabei wurde die TAS eingesetzt, die hoch mit der Hypnotisierbarkeit korreliert und es zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Absorptionsfähigkeit und einem Zuwachs der 40 Hz Aktivität der rechten Hirnhemisphäre bei der Erinnerung emotionaler Ereignisse (DePascalis, Marucci & Penna, 1989; Lyons & Crawford, 1997).

Tellegen (1992) hat die TAS einer faktorenanalytischen Untersuchung unterzogen, um die Struktur der Absorptionsfähigkeit näher zu beschreiben. Dabei gelang es ihm mittels einer obliquen Rotation sechs Faktoren zu extrahieren, die allerdings hoch miteinander korrelierten. Aus diesem Grund sollte Absorption als eine Dimension betrachtet werden und als Ganzes in Bezug auf andere Persönlichkeitscharakteristika betrachtet werden (Tellegen, 1992). Zur Beschreibung der Facetten der Absorptionsfähigkeit werden die sechs Faktoren hier wiedergegeben. Den ersten Faktor nennt Tellegen „Responsivness to engaging stimuli“. Dieser Faktor beinhaltet Items, wie beispielsweise „I can be deeply moved by a sunset.“ oder „I like to watch cloud shapes change in the sky.“, erfasst also die emotionale Reaktion auf bestimmte Ereignisse. Der zweite Faktor heißt “Synesthesia” und enthält Items, die Verknüpfungen zwischen zwei Wahrnehmungsmodalitäten ausdrücken. Items dieses Faktors sind „Some music reminds me of pictures or changing color patterns“ oder „I find that different odors have different colors.“. Der nächste Faktor wird mit dem Titel “Enhanced cognition” überschrieben. Die Items, die diesem Faktor zugeordnet werden, lauten beispielsweise „I can often somehow sense the presence of another person before I can actually see or hear her/him.“ oder „I often know what someone is going to say before he or she says it.“. ”Oblivious/dissociative involvement” ist der vierte Faktor und wird durch Items, wie “While watching a movie, a TV show, or a play, I may be involved that I may forget

about myself and my surroundings and experience the movie as if it were real and as if I were taking part in it.“ oder “When I listen to music I can get so caught up in it that I don’t notice anything else.”. Dieser Faktor beschreibt also, wie sehr eine Person von einem Vorgang “absorbiert” wird. Tellegen nennt den fünften Faktor “Vivid reminiscence”, was mit „lebhafter Erinnerung“ übersetzt werden könnte. Items, die auf diesem Faktor laden, sind beispielsweise “Sometimes I feel and experience things as I did when I was a child.“ oder „I can sometimes recollect certain past experience in my life with such clarity and vividness that it is like living them again or almost so.“. Der sechste und letzte Faktor wird mit „Enhanced awareness“ bezeichnet und beinhaltet Items, wie „Things that might seem meaningless to others often make sense to me.“ oder “Sometimes I feel as if my mind could envelope the whole world.”. Dieser letzte Faktor deckt den Bereich einer erweiterten Wahrnehmung ab.

Wie oben bereits angesprochen, korrelieren diese Faktoren hoch miteinander, so dass Absorption als eindimensional betrachtet werden kann. Abschließend kann festgehalten werden, dass es sich bei der Absorptionsfähigkeit um eine Persönlichkeitseigenschaft, einen „trait“, handelt. Diese Eigenschaft ermöglicht es, in bestimmten Situationen, in Bewusstseinszustände der Absorbiertheit einzutreten. Diese Bewusstseinszustände zeichnen sich durch eine veränderte Wahrnehmung des Selbst und der Umwelt aus (siehe dazu Qualls & Sheehan, 1981; Roche & McConkey, 1990; Tellegen, 1981).

1.3.1 Reagibilität des Herzkreislauf-Systems und Absorptionsfähigkeit

Die Vermutung, dass ein Zusammenhang zwischen dem Herzkreislauf-System und Aufmerksamkeitsphänomenen besteht, ist nicht neu. Bereits Lacey und Lacey (1970, nach Elbert & Schandry, 1998) postulierten, dass die Feuerungsrate der Barorezeptoren Aufmerksamkeitsprozesse im Kortex moduliere. Der Mechanismus sollte in Form einer negativen Rückkopplung der afferenten Impulse der Barorezeptoren über den Ncl. Tractus solitarii auf höhere kortikale Zentren funktionieren. Die mit der Aufmerksamkeitszuwendung einhergehende Herzratendezeleration bewirkt eine Senkung des Blutdrucks, was zu einem Rückgang der Feuerungsrate der Barorezeptoren führt. Daraufhin wird der Kortex weniger inhibiert. Diese Hypothese musste allerdings verworfen werden, da im Kortex frühe Aufmerksamkeitseffekte nachgewiesen werden konnten, die auftraten bevor sich der Blutdruck veränderte. Die Latenz des Baroreflexes ist zu groß für einen solchen Regelmechanismus (Elbert & Schandry, 1998). Andere Ansätze befassten sich mit der Untersuchung von Zusammenhängen zwischen dem Herzkreislauf-System und der Absorptionsfähigkeit, die eng mit der Aufmerksamkeit verknüpft ist.

So gibt es Studien, deren Ergebnisse die Annahme eines Zusammenhangs zwischen dem Herzkreislauf-System und der Absorptionsfähigkeit stützen. Der Aspekt der Aufmerksamkeit, der in der Absorptionsfähigkeit enthalten ist, hat dazu geführt, dass mehrere Studien, die sich mit dem Zusammenhang von Aufmerksamkeit und autonomer Regulation beschäftigten, das Konstrukt der Absorptionsfähigkeit verwendeten, um Aufmerksamkeit zu erfassen (Cohen & Sedlack, 1983; Davidson, Schwartz & Rothman, 1976; Zachariae, Jorgensen, Bjerring & Svendsen, 2000).

Cohen und Sedlack (1983) untersuchten den Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und autonomer Selbst-Regulation. Als abhängige Variablen erfassten sie u.a. die Absorptionsfähigkeit, sowie den systolischen und diastolischen Blutdruck. Festgestellt werden sollte, ob ein zehnwöchiges Training von verschiedenen Entspannungsverfahren diese Parameter beeinflusste. Dabei zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen der Veränderung der Absorptionsfähigkeit und der Veränderung des Niveaus des diastolischen Blutdrucks. Tendenziell zeigte sich auch in der Gruppe mit dem größten Rückgang im systolischen und diastolischen Blutdruck der größte Anstieg in der Absorptionsfähigkeit. Leider untersuchten Cohen und Sedlack anhand ihrer Daten nicht, ob die Höhe der Absorptionsfähigkeit die Veränderung in den Blutdruckwerten modulierte.

Diese Frage wurde in einer Studie von Zachariae, Jorgensen, Bjerring und Svendsen (2000) untersucht. Sie untersuchten den Einfluss von Hypnotisierbarkeit und Absorption bei der autonomen und psychologischen Reaktion auf einen akuten psychologischen Stressor und auf Entspannung. Als Index für die autonome Reaktion wurde die Herzratenvariabilität erhoben, die in ihrem oberen Frequenzbereich die parasympathische und in ihrem unteren Frequenzbereich die sympathische Aktivität des vegetativen Nervensystems widerspiegelt. Ihre Ergebnisse führten sie zu dem Schluss, dass die Absorptionsfähigkeit den einzigen signifikanten Prädiktor für die autonome Reaktion in beiden Versuchsbedingungen darstellte. In der Stressbedingung zeigte sich ein Effekt der Absorption sowohl im hohen, als auch im niedrigen Frequenzband. Diese Effekte zeigten sich durch eine signifikant höhere Power auf beiden Frequenzbändern in der Stress-Bedingung. Also stiegen sympathische und parasympathische Aktivität an. Der Anstieg der Aktivität dieser beiden Systeme erfolgte unter Beibehaltung ihres Aktivitätsverhältnisses zueinander. So folgerten sie, die Absorptionsfähigkeit sei von großer Bedeutung für die autonome Stressreaktion (Zachariae et al., 2000).

Bei Studien an der Universität Gießen wurde untersucht, ob durch Stimulation der Barorezeptoren Trance zu induzieren sei. In diesem Zusammenhang wurde ebenfalls der

moderierende Effekt der Absorptionsfähigkeit betrachtet. In diesen Untersuchungen zeigte sich, dass eine Korrelation zwischen der Absorptionsfähigkeit und der Herzraten-Blutdruck-Kopplung bestand (Hülsmann, 2001). Die Herzraten-Blutdruck-Kopplung wurde über die Herzraten- und Blutdruckvariabilitäten erfasst und die Daten wurden einer Frequenzanalyse unterzogen. Das daraus resultierende Maß ist der hier eingeführten Baroreflex-Sensitivität äquivalent.
Diese Studien sprechen dafür, dass eine Verbindung zwischen dem vegetativen Nervensystem und der Absorptionsfähigkeit besteht und der Baroreflex scheint dabei eine Rolle zu spielen.

1.3.2 Absorptionsfähigkeit und veränderte Bewusstseinszustände

Wie bereits erwähnt, wurde das Konstrukt der Absorptionsfähigkeit bei der Suche nach einem Persönlichkeitsmerkmal, welches einen Zusammenhang mit Hypnotisierbarkeit aufweisen sollte, entwickelt. So korreliert die mit der *Tellegen Absorption Scale* erhobene Absorptionsfähigkeit mit Hypnotisierbarkeit, wie sie beispielsweise über den *Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility* oder die *Stanford Hypnotic Susceptipility Scale* erfasst wird (Lyons & Crawford, 1997; Pekala, Wenger & Levine, 1985). Der Zustand der Hypnose ist ein veränderter Bewusstseinszustand (Vaitl, Birbaumer, Gruzelier, Jamieson, Kotchoubey, Kübler, Lehmann, Miltner, Ott, Pütz, Sammer, Strauch, Strehl, Wackermann & Weiss, 2003) und so liegt die Untersuchung der Absorptionsfähigkeit in Bezug auf veränderte Bewusstseinszustände allgemein nahe. Pekala et al. (1985) haben Bewusstseinszustände in Abhängigkeit von der Absorptionsfähigkeit untersucht. Um veränderte Bewusstseinszustände beschreiben und erfassen zu können, entwickelten sie ein Fragebogeninstrument, das *Phenomenology of Consciousness Inventory* (PCI). Bei diesem empirischen Ansatz zur Erfassung von Bewusstseinszuständen legte er das Modell des „systems approach“ von Tart (1980, nach Rux 2002) zugrunde. In diesem Modell geht Tart von der Existenz diskreter Bewusstseinszustände aus, zwischen denen Menschen unter bestimmten Gegebenheiten wechseln können. Anhand von elf theoretisch hergeleiteten Dimensionen, die das gesamte Spektrum subjektiven Erlebens und einiger relevanter neurologischer Komponenten abdecken, sollen diese Bewusstseinszustände beschrieben werden können. Die Formulierung dieser Dimensionen war von Tart nicht fest vorgegeben, sondern sollte sich empirisch bestätigen und, soweit nötig, modifiziert werden. An diesem Punkt setzte Pekala mit seinen Studien an. Dabei entwickelte er ein Modell mit 12 Bewusstseinsdimensionen, von denen fünf weitere Subdimensionen enthielten. Die Hauptdimensionen wurden folgendermaßen benannt: veränderte Erfahrung, positives Gefühl, negatives Gefühl, Aufmerksamkeit,

Bilder/Vorstellungen, Selbst-Bewusstheit, veränderter Bewusstseinszustand, innerer Dialog, Rationalität, willentliche Kontrolle und Erregungsniveau. Um einen Bewusstseinszustand zu erfassen, verwendet Pekala mit dem PCI eine retrospektive Fragebogenmethode. Die Probanden müssen die Items im Nachhinein bezüglich des interessierenden Ereignisses oder Zeitraumes ausfüllen. Die dabei erhobenen Ausprägungen der einzelnen Dimensionen werden mit ihrer Ausprägung in einer Referenzsituation, beispielsweise einem einminütigen, aufrechten Sitzen mit geschlossenen Augen, verglichen. Darüber hinaus bietet der PCI die Möglichkeit aus den Dimensionsausprägungen einen hypnoidalen Punktwert zu berechnen. Dieser hypnoidale Punktwert ist ein aus den Dimensionen des PCI vorhergesagter Wert, der in der gleichen Situation auf der *Harvard Group Scale for Hypnotic Susceptibility* (HGS) erreicht worden wäre. Aus diesem Grund wird der hypnoidale Punktwert auch als pHGS-Wert, predicted Harvard Group Scale-Wert, bezeichnet. Die Höhe des pHGS-Wertes beschreibt, wie sehr das Erleben in einer bestimmten Situation dem gleicht, was eine leicht hypnotisierbare Person während einer hypnotischen Induktion erlebt. Bei pHGS-Werten in der Größenordnung von sieben Einheiten und darüber kann nach Pekala und Nagler (1989 nach Rux, 2002) von einem hypnoidalen Bewusstseinszustand gesprochen werden.

In der oben bereits erwähnten Studie (Pekala et al., 1985) wurden Bewusstseinszustände in Abhängigkeit der Absorptionsfähigkeit untersucht. Die Ergebnisse zeigten zum einen den bereits erwähnten Zusammenhang zwischen Absorption und Hypnotisierbarkeit und zum anderen konnten diejenigen PCI-Dimensionen isoliert werden, die einen Zusammenhang mit der Absorptionsfähigkeit aufwiesen. Ein Vergleich zwischen Probanden mit „hoher“ versus „niedriger“ Absorptionsfähigkeit führte zu dem Schluss, dass bereits der Zustand des normalen Wach-Bewusstseins in beiden Gruppen unterschiedlich war. Die Ergebnisse dieser Studie und deren theoretischer Hintergrund sprechen dafür, dass Absorptionsfähigkeit das Erleben der Realität im Allgemeinen und von veränderten Bewusstseinszuständen im Besonderen moderiert.

1.4 Yoga-Atmung, Meditation und Herzkreislauf-System

Die Atmung spielt, wie im Abschnitt über die autonome Regulation (1.2) ausgeführt, eine wichtige Rolle im Herzkreislauf-System. Durch die Atmung kann es zu einer Synchronisation von Herzraten- und Blutdruckschwankungen mit dem Atemrhythmus kommen. Eine gute Synchronisation ist ein Indiz für ein optimale Einstellung des Herzkreislauf-Systems und manifestiert das Funktionieren der Homöostase (Wilhelm, Gevirtz & Roth, 2001).

Viele Yoga- und Meditationstechniken verwenden den Atem als zentrales Element. Welche Auswirkungen die Arbeit mit dem Atem hat, sollen die folgenden Überlegungen darstellen.

1.4.1 Effekte der Yoga-Vollatmung

Bei der Yoga-Voll-Atmung handelt es sich um eine ruhige, entspannte und tiefe Atmung. Sie soll in einer wellenartigen Bewegung ausgeführt werden. Die Inspiration beginnt mit dem Zwerchfell, sodass der Bauch gewölbt wird. Diese Atembewegung wird gemeinhin die Bauchatmung genannt. Dann kommt die Brustatmung, wobei die „Welle“ über den unteren und mittleren Thoraxbereich fortläuft. Abgeschlossen wird die Inspiration mit der Wölbung des oberen Thorax, der Schlüsselbeinatmung. Nach einem Moment des Innehaltens, im Yoga Kumbhaka genannt, beginnt eine passive Exspiration, die nur von den elastischen Kräften der Lunge ausgeführt wird. Bei der Exspiration läuft die Welle vom oberen Thoraxbereich zum Bauch (Ebert, 1986).
Der populäre indische Meditationslehrer S. N. Goenka setzt in seinen Diskursen zur Vipassana-Meditation auseinander, dass jede mentale Erregung eine subtile Veränderung im Atemrhythmus hervorruft (Hart, 1991). Diese Aussage ist vor dem Hintergrund, dass verschiedene psychische Störungen mit einem dysregulativen Atemmuster einhergehen, besonders interessant. Störungen, die mit einer solchen fehlerhaften Atmung einhergehen, sind diverse Angststörungen, besonders die Panikstörung und die generalisierte Angststörung, sowie die im Englischen mit „functional cardiac disorder“ bezeichnete Störung, bei der die Patienten über Probleme des Herzens klagen, für die keine organische Ursache festgestellt werden kann. Als weitere Störung mit dysreguliertem Atem wird der chronische Schmerz aufgeführt (Wilhelm et al., 2001). Im Umkehrschluss behauptet der Yogalehrer B. K. S. Iyengar, dass eine ruhige Atmung zu emotionaler Stabilität führt (Iyengar, 2000b).

Im Abschnitt 1.2.3 Flexibilität der Herzkreislaufregulation und Gesundheit wurde ausgeführt, dass Störungsbilder wie Asthma, Diabetes oder Bluthochdruck mit einer Einschränkung der Variabilität im Herzkreislauf-System einhergehen. Bei der Besprechung der respiratorischen Sinusarrhythmie wurde der Einfluß der Atmung auf das Herzkreislauf-System herausgearbeitet. Studien, die Auswirkungen der Atemfrequenz auf das Herzkreislauf-System untersuchten, konnten zeigen, dass eine Verlangsamung der Atemfrequenz zu einer Erhöhung der Variabilität bei Herzrate und Blutdruck führt (Badra, Cooke, Hoag, Crossman, Kuusela, Tahvanainen & Eckberg, 2001; Cooke, Cox, Diedrich, Taylor, Beightol, Ames, Hoag, Seidel & Eckberg, 1998). Konsequenterweise folgen Vorschläge und Anregungen, die modulierenden Effekte der Atmung therapeutisch auszunutzen (Bernardi, Porta, Gabutti,

Spicuzza & Sleight, 2001; Wilhelm et al., 2001). Es existieren bereits Biofeedbackmethoden, deren Ziel es ist, die Atemfrequenz auf 0,1 Hz zu senken, um die Herzratenvariabilität zu maximieren (Lehrer, Vaschillo & Vaschillo, 2000).

An dieser Stelle lässt sich die Brücke zum Yoga schlagen, denn zum einen ist dessen therapeutischer Effekt auf die Störungen, die mit gestörten Atemmustern oder allgemeiner mit einer gestörten autonomen Regulation einhergehen, wie unter dem Abschnitt 1.1.3 Gesundheitsrelevante Aspekte der Yoga-Praxis dargestellt, belegt worden. Zum anderen ist ein zentrales Element der Yoga-Praxis die Atmung. Auch in der *Āsana*-Praxis, die in der Regel geübt wird, wenn allgemein von Yoga gesprochen wird, steht die Atmung im Mittelpunkt der Übungen. Die Atmung muss immer fließen und darf nicht ins Stocken geraten. Bei fast allen *Āsana*s wird der schwierige Teil mit der Exspiration gekoppelt (Iyengar, 2000a; Metha, 1993). So wird der durch die Übung induzierte physische Stress, der eine Verschiebung der vegetativen Balance in Richtung des Sympathikus verursacht, mit der Ausatmung, die eine Verschiebung in Richtung Parasympathikus hervorruft, gepaart. Dies könnte eine der Ursachen für die Erhöhung des vagalen Tonus sein, den einige Studien dem Yoga attestieren (Bowman, Clayton, Murray, Reed, Subhan & Ford, 1997; Dostálek, 1994). Dass die Atmung bei dieser Veränderung eine Rolle spielt, scheint sehr naheliegend. Die enge Verknüpfung von Atmung und autonomer Regulation ist in diesem Text schon ausführlich diskutiert worden. Dazu gibt es Studien, die zeigen konnten, dass Yoga-Training die mittlere Atemfrequenz senkt (Motajová & Vicenik, 1989) und dass spezielle Übungen des *Haṭha*-Yoga die Atemfrequenz an die kritische Frequenz von 0,1 Hz führen (Dostálek, 1994). Auch konnte gezeigt werden, dass die Aeration der Lunge durch Yoga-Training steigt und die Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxydabgabe bei einem Atemzug steigen, der Gesamtverbrauch an Sauerstoff hingegen abnimmt (Ebert, 1986; Telles, Reddy & Nagendra, 2000). Umgekehrt passt dieser Befund zu Unregelmäßigkeiten im Kohlendioxidgehalt der Ausatemluft, die bei einigen der oben genannten Störungsbildern festgestellt wurden (Wilhelm et al., 2001). So haben die Effekte der Yoga-Atmung einen großen Einfluss auf das vegetative System und damit auf die Gesundheit.

1.4.2 Meditation und Synchronisation des Herzkreislauf-Systems

Der Begriff „Meditation“ umfasst ein breites Spektrum von Techniken, die zum Teil sehr unterschiedlich sind (Ott, 2004). Die Techniken indischer und buddhistischer Tradition werden hauptsächlich im Sitzen praktiziert. Wenn auch das Sitzen ein gemeinsames Merkmal

dieser Techniken ist, so unterscheiden sie sich meist grundlegend in der angewandten Methode. Grob klassifizieren lassen sich die verschiedenen Meditationsarten in konzentrative Formen und Achtsamkeitsmeditationen. Bei konzentrativen Meditationsformen wird die Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Meditationsobjekt gerichtet. Dabei handelt es sich beispielsweise um ein Mantra, eine Meditationssilbe oder einen Vers, ein Mandala, ein Bild oder eine Visualisierung oder den Atem. Bei der Achtsamkeitsmeditation hingegen wird der Aufmerksamkeitsfokus sehr weit gestellt und es gilt alle Eindrücke objektiv wahrzunehmen (Ott, 2004). Wie beim Yoga so ist auch bei der Meditation das Ziel die Erfahrung der All-Einheit, der „Vereinigung“. Der mit dieser Erfahrung einhergehende veränderte Bewusstseinszustand bewirkte, dass zahlreiche Studien zur Meditation durchgeführt wurden. Denn mit der Meditation als Induktionsmethode ergab sich die Möglichkeit, systematisch einen veränderten Bewusstseinszustand zu erforschen. Außerdem nährte die Tatsache, dass Meditierende meist regungslos sitzen, die Hoffnung gute Untersuchungsbedingungen für EEG-Studien vorzufinden. Neben diesem Ansatz wuchs auch das Interesse an einer therapeutischen Nutzbarkeit der Meditation. Die Wirkung der Meditation auf spezifische Störungen, wie Suchterkrankungen, Angststörungen, Bluthochdruck und viele andere, wurde untersucht. Auch wurde der Einfluss auf einzelne Systeme des Organismus, wie das Herzkreislauf-System oder die Gehirnaktivität beforscht (Engel, 1999; Murphy & Donovan, 1997). Die Wirksamkeit der Meditation als Entspannungsverfahren gilt seit der Meta-Analyse von Grawe, Bernauer und Donati (1994) als gesichert.

In den letzten Jahren gab es einige Studien, die sich mit den physiologischen Wirkmechanismen der Meditation befassten (Bernardi et al., 2001; Lehrer et al., 1999; Peng, Mietus, Liu, Khalsa, Douglas, Benson & Goldberger, 1999). In diesen Studien wurden unterschiedliche Meditationstechniken untersucht. Bernardi et al. (2001) untersuchten Formen der Mantra-Meditation. Dabei handelte es sich um eine tibetische Mantra-Meditationstechnik und um das christliche Ave-Maria Gebet. Es wurde festgestellt, dass sich während der Rezitation die Ozillationen der Herzkreislauf-Signale synchronisierten und ihre Variabilitäten zunahmen. Die Baroreflex-Sensitivität stieg ebenfalls an. Die gefundene Ursache für diese Veränderungen war die durch die Rezitation hervorgerufene Änderung der Atemfrequenz auf ca. 0,1 Hz. Lehrer et al. (1999) untersuchten die Zen-Meditation, genauer die „tanden Atmung“ der Zen-Meditation. Bei dieser Technik soll langsam in den unteren Bauchbereich geatmet werden. Auch bei dieser Technik stieg die Herzratenvariabilität deutlich an und die Atemfrequenzen fielen in einen Bereich zwischen 0,05 Hz und 0,15 Hz ab. Die Befunde der Studie von Peng et al. (1999) sind vergleichbar, ein Absinken der Atemfrequenz auf

ungefähr 0,05 Hz und ein Anstieg der Herzratenvariabilität. Sie untersuchten chinesische Chi-Meditation und Kundalini-Meditation, die sich ebenfalls durch eine Verlangsamung der Atemfrequenz auszeichnen. Diese Ergebnisse veranlassten Peng et al. (1999) zu der Schlussfolgerung Meditation sei primär ein autonomer Homöostasezustand.

In allen drei dargestellten Studien entfaltet die Meditation ihre salutogene Wirkung über den Mechanismus der respiratorischen Sinusarrhythmie. Die Verlangsamung der Atmung auf die Resonanzfrequenz des Herzkreislauf-Systems synchronisierte Atmung, Herzrate und Blutdruck und führte zu einer gesteigerten Variabilität der Herzkreislaufsignale. Im Prozess der Synchronisation spielt der Baroreflex eine zentrale Rolle, denn er koppelt die Herzrate an den Blutdruck. Die Baroreflex-Sensitivität wird erhöht, was einer Verschiebung der sympathovagalen Balance in Richtung Parasympathikus entspricht. Dieses wiederum ist ein Zeichen von stärkerer Homöostase (Lehrer & Vashillo, 2001).

1.4.3 Yoga, Meditation und die Absorptionsfähigkeit

Erlebnisberichte von Meditierenden oder Yogatreibenden stellen oft Erfahrungen dar, bei denen sich die Wahrnehmung gegenüber dem Alltagsbewusstsein stark verändert hat. Insbesondere Aufmerksamkeitsprozesse sind von dieser Veränderung betroffen. So kann die Aufmerksamkeit allumfassend sein und der Meditierende ist in der Lage, ohne jegliche Anstrengung eine große Menge an Informationen gleichzeitig zu erfassen. Es wird aber auch von Erfahrungen berichtet, bei denen die Aufmerksamkeit ganz auf ein bestimmtes Objekt fokussiert ist und darüber hinaus nichts wahrgenommen wird (Engel, 1999; Hart, 1991; Vivekananda, 1988; Yogananda, 1997). Eine Betrachtung verschiedener Meditations-techniken zeigt, dass diesen eine gemeinsame Struktur zugrunde liegt. In allen Techniken geht es um das Erlangen der Kontrolle über die Aufmerksamkeit. Zunächst wird damit begonnen die Aufmerksamkeit auf ein Objekt zu richten. Die verwendeten Objekte sind vielfältig und je nach Stilrichtung verschieden. So werden in der Vipassana-Technik der Atem oder die Körperempfindungen als Meditationsobjekt gewählt (Engel, 1999; Hart, 1991). Andere Techniken, wie zum Beispiel der Kundalini-Yoga, verwenden Visualisierungen oder Meditationsbilder, sogenannte Mandalas. Wiederum andere Techniken benutzen Klänge, Verse oder Mantras, die meistens mental rezitiert werden, so beispielsweise die transzendentale Meditation (Engel, 1999). Bei den meisten Techniken wird mit einer solchen konzentrativen Meditationsform begonnen und sobald sich die Meisterschaft über die Aufmerksamkeit entwickelt hat, wird zu einer sogenannten Achtsamkeitsmeditation übergegangen, bei der alle Wahrnehmungen objektiv beobachtet werden. Dabei stellen sich

mit der Zeit veränderte Bewusstseinszustände und eventuell sogar mystische Erfahrungen ein, auf die sich die zu Beginn dieses Abschnittes erwähnten Erlebnisberichte beziehen. Diese Erfahrungen sind ein fester Bestandteil der Meditationspraxis und so widmen Lehrtexte wie beispielsweise die Yoga-Sutras des ***Patañjali*** ihnen viel Aufmerksamkeit (Castillo, 1985; Vivekananda, 1988).

Die beschriebenen Merkmale dieser Bewusstseinszustände weisen viele Gemeinsamkeiten mit den Zuständen der Absorbiertheit auf, wie sie im Rahmen der Absorptionsfähigkeit von Tellegen und Atkinson (1974) eingeführt wurden. Diese hatten in ihr Konstrukt mystische Erfahrungen mit eingeschlossen. Aspekte wie die absorbierte Aufmerksamkeit auf einen internen oder externen Stimulus, welche nicht durch andere Reize gestört wird, stimmen mit den Merkmalen der meditativen Zustände überein (Ott, 2003). So könnte die Erfahrung der All-Einheit als ein „Absorbiertsein vom ganzen Kosmos“ bezeichnet werden. Aus dieser Perspektive kann die Steigerung der Absorptionsfähigkeit als Ziel der Meditation bezeichnet werden. Es gibt Forschungsergebnisse, die diese Sichtweise stützen. So fanden Davidson, Goleman und Schwartz (1976) eine positive Korrelation zwischen Absorptionsfähigkeit und Dauer der Meditationspraxis. Dazu muss allerdings bemerkt werden, dass diese Korrelation auch von Selektionseffekten herrühren könnte (Ott, 2003). Dass sich die Absorptionsfähigkeit als Persönlichkeitseigenschaft durchaus in ihrer Ausprägung verändern kann, zeigte eine Studie an Antarktisforschern, die nach einem Aufenthalt in der Isolation eine erhöhte Absorptionsfähigkeit aufwiesen (Barabasz, Barabasz & Mullin, 1983 nach Ritz, Maß und Dahme, 1993). Eine weitere Gemeinsamkeit der Absorptionsfähigkeit und der Meditation ist die Tatsache, dass beide identische Wirkungen auf das Herzkreislauf-System haben. Diese Wirkungen sind in den entsprechenden Abschnitten in dieser Arbeit dargestellt worden.

1.5 Fragestellungen und Hypothesen

Ziel der vorliegenden Studie ist es, einen physiologischen Mechanismus zu formulieren, der einen Teil der durch Yoga und Meditation erzielten Effekte erklären kann.
Die Effekte, die erklärt werden sollen, bewirken:

a) eine Verbesserung der allgemeinen gesundheitlichen Verfassung und des Wohlbefindens.
b) eine therapeutische Wirksamkeit bei Störungen, die sich durch ein vegetatives Ungleichgewicht auszeichenen, wie beispielsweise Bluthochdruck, Asthma, Diabetes oder einige Angststörungen.

c) eine Veränderung im kognitiven Bereich, die Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit betrifft.

Es wird angenommen, und diese Annahme wird durch einige Studien gestützt (Bowman et al., 1997; Ebert, 1986), dass Yoga-Training den vagalen Tonus erhöht und die vegetative Balance in Richtung Parasympathikus verschiebt. Dies könnte durch die konsequente Arbeit mit dem Atem passieren. Im Yoga und bei einigen Meditationsformen wird auf eine Bewusstwerdung des Atems abgezielt und vor allem wird die Atmung verlangsamt und vertieft (Motajová & Vicenik, 1989). Die vorherigen Überlegungen haben gezeigt, dass eine langsame und tiefe Atmung das Herzkreislauf-System synchronisieren kann. Ein Index für den Kopplungsgrad des Herzkreislauf-Systems und den vagalen Tonus ist die Sensibilität des Baroreflexes. So lautet die erste Hypothese:

1. Durch Yoga-Training steigt die Baroreflex-Sensitivität.

Diese Annahme vertrat schon Dostálek (1994). In seinem Artikel interpretiert er die Ergebnisse von Studien, die sich mit den physiologischen Grundlagen von Yoga-Techniken befassen, so, dass Yoga Homöostase trainiert und die sympathovagale Balance in Richtung Parasympathikus verschiebt. Gestützt wird diese Vermutung durch eine Studie von Bowman et al. (1997). Bowman hatte untersucht, ob die im Alter nachlassende Baroreflex-Sensibilität durch körperliches Training wieder gestärkt werden kann. Als Intervention wählte er Aerobic-Training und als Kontrollgruppe wurde ein Yoga-Kurs evaluiert. Als Index für die Baroreflex-Sensitivität wurde in dieser Studie der α-Index für das hohe- (0,15 Hz – 0,35 Hz) und das mittlere Frequenzband (0,15 Hz – 0,05 Hz) der Herzrate verwendet. Das hohe Frequenzband spiegelt die parasympathische Aktivität wider, während das mittlere Frequenzband die sympathische Aktivität repräsentiert. Nach einer sechswöchigen Intervention zeigten sich nur im Yoga-Kurs, der Kontrollgruppe, Effekte. Diese Effekte bestanden in einem Absinken der mittleren Herzfrequenz, sowie einem Anstieg im α-Index des hohen, aber nicht des mittleren, Frequenzbandes. Dieses Ergebnis stützt also die Auslegungen von Dostálek und die oben formulierte Hypothese dieser Studie.

Das zweite Phänomen für das ein Erklärungsansatz gegeben werden soll, betrifft einen eher psychologischen Effekt der Yoga- und Meditationspraxis. Es gibt viele Berichte darüber, dass sich durch Yoga und Meditation die Persönlichkeit verändert. Insbesondere soll die Fähigkeit zunehmen, sich auf etwas konzentrieren zu können oder andere Bewusstseinszustände zu erleben. Wie oben erwähnt weisen diese Effekte von Yoga und Meditation große Ähnlichkeit mit dem Konstrukt der Absorptionsfähigkeit auf. Daraus leitet sich die zweite Hypothese ab:

2. Durch Yoga-Training steigt die Absorptionsfähigkeit.

Genauer wird sogar vermutet, dass die Synchronisation des Herzkreislauf-Systems mit einer Steigerung der Absorptionsfähigkeit einhergeht. Denn in früheren Studien an der Universität Gießen war eine Korrelation zwischen der Baroreflex-Sensitivität und der Absorptionsfähigkeit gefunden worden (Hülsmann, 2001). Dieses Ergebnis sollte in dieser Studie repliziert werden. Für die Überprüfung des physiologischen Wirkmechanismus des Yoga-Training wurde vermutet:

3. Die Veränderung der Baroreflex-Sensitivität ist proportional zu den Veränderungen der Absorptionsfähigkeit nach Yoga-Training.

Der Einfluss der Barorezeptoren auf zentralnervöse Prozesse war Gegenstand mehrerer Untersuchungen. So wurde festgestellt, dass eine Reizung der Barorezeptoren eine Dämpfung der elektrokortikalen Aktivität bedingen kann. Inwieweit Stimulation der Barorezeptoren spezifische Prozesse im Zentralnervensystem beeinflussen kann, ist noch nicht geklärt. Es gibt Studien die, hauptsächlich im Tierexperiment, eine Verminderung der Schmerz-empfindlichkeit nach Reizung der Barorezeptoren festgestellt haben. Auch existieren Ergebnisse, die mit der Annahme einer zentralnervösen Hemmung nach Erregung der Barorezeptoren, vereinbar sind (Elbert & Schandry, 1998).

Absorption, besonders die ihr innewohnenden Aufmerksamkeitaspekte, könnte durch eine gezielte Aktivierung oder Hemmung bestimmter zentralnervöser Strukturen, wie dem Präfrontalkortex und dem anteriorem Cingulum, begünstigt werden (Ott, 2002). Diese Vermutungen sollen gegenwärtig im Rahmen eines Forschungsprojekts an der Universität Gießen untersucht werden (Vaitl et al., 2003). Wenn dieselben Strukturen durch die Barorezeptoren beeinflusst würden, könnte dies den Zusammenhang mit der Baroreflex-Sensitivität erklärbar machen.

Zusammenfassend wird davon ausgegangen, dass vor allem durch die verlangsamte und vertiefte Atmung beim Yoga das Herzkreislauf-System synchronisiert wird. Dies schlägt sich in einer erhöhten Sensitivität des Baroreflexes nieder, die eine Verschiebung der vegetativen Balance in Richtung Parasympathikus beinhaltet. Dadurch kommt es zu einem verbesserten Gesundheitszustand und zu einer gesteigerten Absorptionsfähigkeit.

Eng verknüpft mit der Absorptionsfähigkeit ist das Erleben veränderter Bewusstseinszustände. Menschen mit einer hohen Absorptionsfähigkeit neigen eher dazu veränderte Bewusstseinszustände zu erleben (Pekala et al., 1991). Also lässt sich im Zusammenhang mit der zweiten Hypothese die folgende Hypothese ableiten.

4. Yoga-Training erleichtert das Erleben veränderter Bewusstseinszustände.

Diese Hypothese ist sehr gut mit der Yoga-Lehre und deren Konzepten vom *Samādhi* zu vereinbaren. Auch zahlreiche Erfahrungsberichte stützen diese Hypothese (Engel, 1999; Vivekananda, 1988; Yogananda, 1997).

Die folgende Hypothese entspringt aus der erwarteten Erhöhung des vagalen Tonus:

5. Yoga-Training verbessert den Gesundheitszustand.

Schließlich lässt sich im Rahmen eines *Haṭha*-Yoga-Kurses noch eine weitere Hypothese prüfen, die nicht in direktem Zusammenhang mit den bisher dargelegten Überlegungen steht. In einem vollständigen *Āsana*-Programm wird jedes Körpergelenk maximal in alle Richtungen bewegt (Ebert, 1986). Folglich wird auch der größte Teil der Skelettmuskulatur beansprucht. Diese beiden Aspekte führen, gemeinsam mit dem Motiv der Verbesserung der Beweglichkeit, das viele Teilnehmer von Yoga-Kursen äußerten (Fuchs, 1990) und dem Charakter vieler *Āsana*s extreme Dehnungen zu enthalten, zu folgender Hypothese:

6. Durch Yoga-Training nimmt die körperliche Beweglichkeit zu.

Möglicherweise ist die Zunahme der Beweglichkeit auch ein Index, um den Übungsumfang zu quantifizieren.

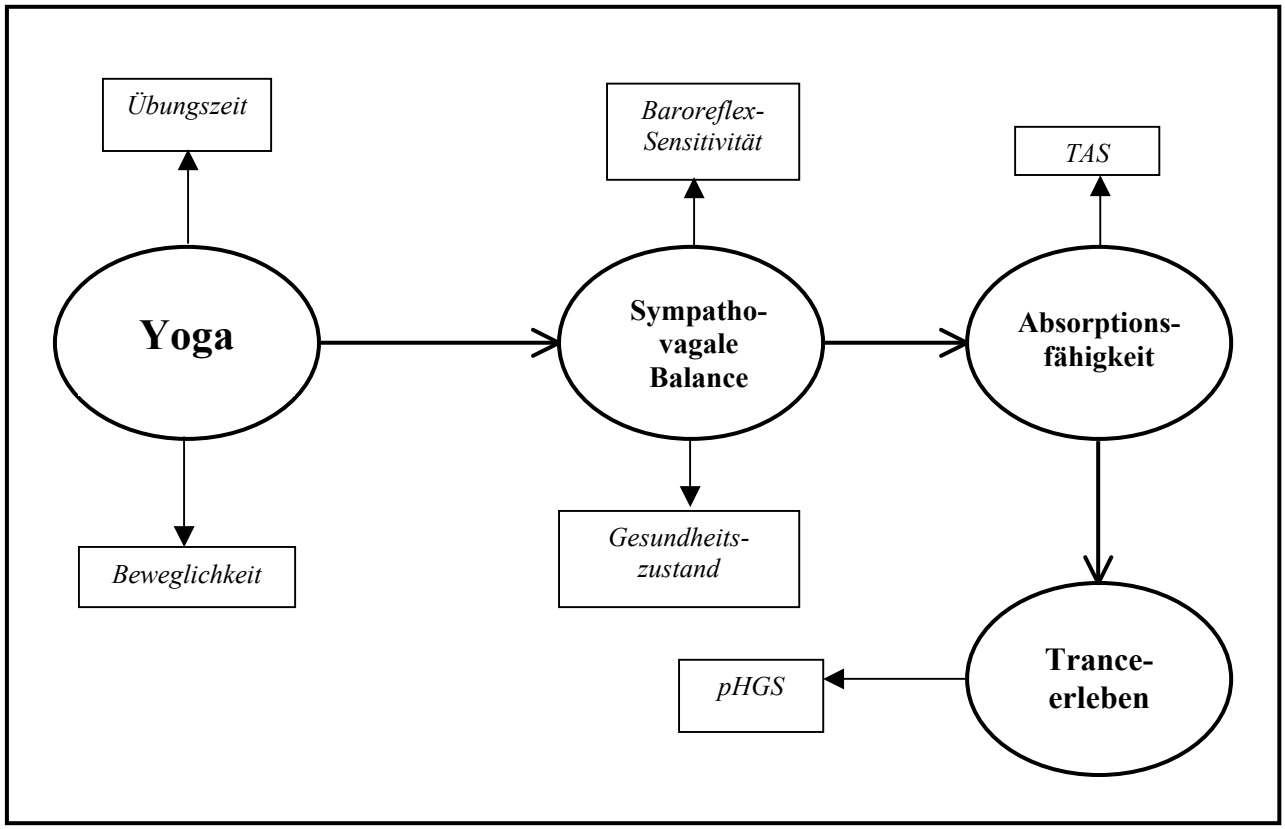

Abbildung 1: Hypothesensystem

Zusammenfassend stellt Abbildung 1 das Hypothesensystem der vorliegenden Studie dar. Die Folgen von Yoga-Training zeigen sich zum einen in einer Verbesserung der Beweglichkeit.

Zum anderen wirkt Yoga auf das vegetative Nervensystem und verändert dort die sympathovagale Balance. Dies zeigt sich in einer Erhöhung der Baroreflex-Sensitivität und einer Verbesserung des Gesundheitszustandes. Die Barorezeptoren modulieren kortikale Prozesse, so dass eine Steigerung der Baroreflex-Sensitivität zu einer höheren Absorptionsfähigkeit führt, was sich in einem gestiegenen TAS-Wert ausdrückt. Die Absorptionsfähigkeit beeinflusst das Erleben von Bewusstseinszuständen. So steigt der pHGS-Wert nach Tranceinduktion mit zunehmender Absorptionsfähigkeit. Die Operationalisierung dieser Hypothesen wird im nachfolgenden Methodenteil der Arbeit vorgenommen.

2 Methode

Mit der Formulierung eines physiologischen Wirkmechanismus des Yoga wurde ein Projekt auf einem wenig erforschten Gebiet in Angriff genommen. Aus diesem Grunde wurde die Studie explorativ angelegt. Zunächst sollte nur festgestellt werden, ob die vorhergesagten Veränderungen sich nachweisen lassen. Auf die Erhebung in einer Kontrollgruppe wurde verzichtet, zumal dies den Rahmen der Untersuchung gesprengt hätte, da die Datenerhebung sehr aufwendig war.
Für die Studie wurde geplant, einen zehnwöchigen Yoga-Kurs durchzuführen und die Teilnehmer einer Vor- und einer Nachuntersuchung zu unterziehen.

2.1 Versuchsteilnehmer

Der Yoga-Kurs wurde im Rahmen des Hochschulsports an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität in Greifswald im Wintersemester 2002/2003 durchgeführt. Der Kurs stand den Mitgliedern der Universität, aber auch externen Interessenten, offen. Für die Teilnahme war eine Gebühr von €10 für Studenten, €11 für Mitarbeiter der Universität und €12 für externe Teilnehmer zu entrichten. Aus früheren Erfahrungen wurde die Abbrecherrate mit 50% veranschlagt. Aus diesem Grund wurde der Kurs für fünfzig Teilnehmer ausgeschrieben, um einen Untersuchungsumfang von $N = 20$ zu gewährleisten. Die Versuchspersonen wurden durch die Ausschreibung des Kurses in den Organen des Hochschulsports rekrutiert. D.h. der Kurs wurde wie jeder andere Hochschulsportkurs auf der Internetseite und im Programmheft des Hochschulsports ausgeschrieben.

Tabelle 2: Stichprobenkennwerte

		Alter
N	Gültig	44
	Fehlend	0
Mittelwert		26,82
Standardfehler des Mittelwertes		1,31
Median		24,00
Standardabweichung		8,67
Varianz		75,08
Minimum		16
Maximum		54
Perzentile	25	21,25
	75	28,00

Es meldeten sich 44 Teilnehmer an. Davon waren 7 männlichen Geschlechts, was einem Anteil von 16% entspricht. Hauptsächlich nahmen Studenten an dem Kurs teil. Da sich auch eine Schülerin und mehrere Universitätsmitarbeiter einschrieben, sind Median und Quartile, sowie ein Diagramm (Abbildung 2) der Altersverteilung in der Stichprobe mitangegeben. Denn durch die älteren Mitarbeiter kam es zu einer leichten Verschiebung des Mittelwerts. Der älteste Teilnehmer war 54 Jahre alt. Mit 28 Jahren drückte das obere Quartil jedoch die Dominanz der Studenten in der Stichprobe aus.

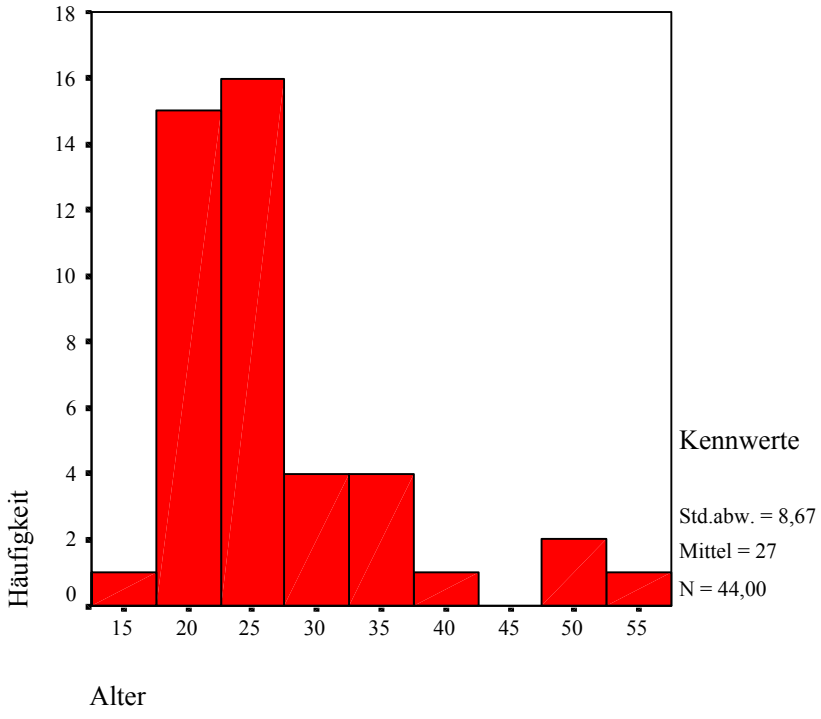

Abbildung 2: Altersverteilung

2.2 Versuchsmaterial

In diesem Abschnitt wird die Konzeption des Yoga-Kurses vorgestellt. Außerdem werden alle verwendeten Messinstrumente und Hilfsmittel dargestellt.

2.2.1 Konzeption des Yoga-Kurses, Kursmaterial

Als Intervention wurde ein *Haṭha*-Yoga-Kurs nach der Iyengar-Methode durchgeführt. Die Wahl fiel auf den *Haṭha*-Yoga, da diese Stilrichtung ihren Schwerpunkt auf die *Āsana*- und *Prāṇāyāma*praxis legt. Von ihrer Ausrichtung nimmt sie für sich in Anspruch gesundheitsfördernd zu sein. Die Iyengar-Methode ist eine spezielle Form des *Haṭha*-Yoga, die nach ihrem Entwickler, B. K. S. Iyengar benannt wurde. Iyengar selbst hat mit seiner Methode auch therapeutisch gearbeitet (Iyengar, 1991). Ein weiterer Grund für die Wahl dieser Methode war die Tatsache, dass der Autor, der als Übungsleiter fungierte, in dieser Technik geschult war, unter anderem durch einen längeren Aufenthalt im „Yoga Study Centre“ in Rishikesh (Indien) im Frühjahr 2001. Er praktiziert diese Technik seit acht Jahren und hat schon Yoga-Kurse in dieser Technik geleitet.

Die Interventionsdauer wurde auf zehn Wochen festgesetzt. Diese Zeitspanne passte in das Wintersemester 2002/2003, ohne durch die Winterferien unterbrochen zu werden. Diese Überlegung trägt der Forderung nach Kontinuität der Übungspraxis Rechnung, die in den Lehrbüchern gefordert wird (Iyengar, 2000a; Metha, 1993).

Vor der ersten Übungsstunde wurde eine Informationsveranstaltung abgehalten, in der die Grundlagen der Yogaphilosophie vermittelt wurden und über die Untersuchung informiert wurde.

Um den Teilnehmern die Möglichkeit zu geben, viel zu üben, wurden zwei Termine von 90 Minuten Länge pro Woche angeboten. Der Haupttermin war donnerstags zwischen 17.30 und 19.00 Uhr. Samstags bestand eine weitere Übungsmöglichkeit von 11.30 bis 13.00 Uhr. Zusätzlich erhielten die Teilnehmer ein Übungsheft (siehe CD im Anhang), um ihnen die Möglichkeit zu geben, individuell zu üben.

Für den Kurs wurde eine spezielle Übungsreihe entwickelt, die den Kursteilnehmern vermittelt werden sollte. Diese Übungsreihe bestand aus einer Serie von *Āsana*-Übungen, einer fünfzehn minütigen Meditation und anschließender Entspannung.

Die *Āsana*-Reihe setzte sich aus den Basisübungen der Iyengar-Praxis zusammen. Sie sollten im Laufe des Kurses vermittelt und ─ sofern möglich ─ durch aufbauende Stellungen ergänzt werden, um dem Übungsprogramm Abwechslung zu geben. Die genaue Beschreibung des Programms findet sich im Anhang. Die Wahl der Meditationstechnik fiel auf eine Atembeobachtung, bei der die Exspiration durch das mentale Wiederholen der Silbe „Om“ begleitet werden sollte. Diese Technik beinhaltet die Bewusstmachung der Atmung, diente ihrer Verlangsamung und Vertiefung und erfüllt somit wichtige theoretische Kriterien bezüglich der Wirkung auf das Herzkreislauf-System (Kapitel 1.4.2). Darüber hinaus hatte

sich diese Technik in einem Vorversuch großer Beliebtheit erfreut (Hempel, 2002). Bei der Entspannung handelte es sich um die Toten-Stellung, ***Śavāsana***, bei der die Übenden auf dem Rücken liegen und sich völlig entspannen sollten. Bei dieser Gelegenheit wurden sie in der Yoga-Voll-Atmung unterwiesen.

2.2.2 Eingesetzte Fragebögen

An dieser Stelle werden die eingesetzten Fragebögen beschrieben. Alle Fragebögen sind zur Ansicht auf der CD im Anhang wiedergegeben.

Die Tellegen Absorption Scale (TAS)

Zur Quantifizierung der Absorptionsfähigkeit wurde die *Tellegen Absorption Scale* (TAS) in ihrer deutschen Übersetzung von Ritz und Dahme (1995) verwendet. Dieser Fragebogen umfasst 34 Items mit einem 5-stufigen Antwortformat. Die Items gliedern sich in vier Skalen auf. Diese Skalen sind „reality absorption“, „fantasy absorption“, „dissociation“ und „openness to experience“. Alle Items haben die Form von Selbstaussagen. Der Wert für die Absorptionsfähigkeit berechnet sich durch Addition der Itemwerte.

Die psychometrischen Kennwerte für diese Version des Fragebogens wurden von Ritz, Maß, Dahme und Richter (1993) erhoben. Der Mittelwert für ihre Stichprobe (N = 252) betrug 60,05 (SD = 19,98), wobei der Wert für Männer (N = 131) bei 55,37 (SD = 19,91) und der Wert für Frauen (N = 121) bei 66,29 (SD = 19,45) lagen. Die Interne Konsistenz lag bei $\alpha = 0{,}89$ ($\alpha = 0{,}89$ für Männer und $\alpha = .88$ für Frauen). Für die Split-Half Reliabilität wurden Werte von .88 (Gesamt), .87 (Männer) und .86 (Frauen) berechnet. Die mittlere Iteminterkorrelation betrug konsistent .20. Für die Retestreliabilität wird ein Wert von $r_{tt} = 0{,}64$ für die deutsche Fassung berichtet. Dabei betrug der Abstand zwischen den beiden Messzeitpunkten etwa ein Jahr.

Das Phenomenology of Consciousness Inventory (PCI)

Zur Erfassung der Trancetiefe wurde das *Phenomenology of Consciousness Inventory* (PCI) von Pekala in der deutschen Übersetzung von Ott (siehe CD im Anhang) verwendet. Dieser Fragebogen besteht aus 53 Items, die auf 12 Erlebensdimensionen verteilt sind und ein 7-stufiges und 2-poliges Antwortformat haben. Darüber hinaus gibt es sechs Items, die einen Reliabilitätsindex bilden. Beträgt der Wert dieses Indexes 2,8 oder mehr, so empfiehlt es sich,

den Probanden von der Auswertung auszuschließen, da seine Antworten nicht konsistent sind (Rux, 2002).

Zur Bestimmung der Trancetiefe muss zunächst eine Baseline-Messung vorgenommen werden. Dabei sitzen die Probanden eine Minute ruhig mit geschlossenen Augen auf einem Stuhl und füllen anschließend den Fragebogen bezüglich ihres Empfindens und Erlebens während dieser Minute ruhigen Sitzens aus. Nach den Ereignissen, für die eine Veränderung des Bewusstseinszustandes gemessen werden soll, füllen die Probanden den Fragebogen ein weiteres Mal aus. Diesesmal sollen sie sich auf das interessierende Ereignis beziehen. Mittels eines Algorithmus kann der hypnoidale Punktwert berechnet werden. Wie im Abschnitt 1.3.2 bereits ausgeführt, handelt es sich beim hypnoidalen Punktwert um eine Schätzung des Wertes der *Harvard Group Scale for Hypnotic Susceptibility* aus den Dimensionen des PCI. Die Differenz aus dem Ereignis-Score und dem Baseline-Score quantifiziert die Trancetiefe. Es besteht auch die Möglichkeit, die Werte der Items auf den einzelnen Dimensionen zu betrachten.

In dieser Studie interessierte die Trancetiefe, die während der Atemführung (siehe Abschnitte 2.2.4 und 2.2.5) erreicht wurde. Insbesondere war die Differenz dieser beiden Scores von Interesse.

Die Baseline-Werte wurden bei der Einführungsveranstaltung (siehe Abschnitt 2.3.1) erhoben und die beiden anderen Scores jeweils im Anschluss an die Atemführung der Untersuchungen vor und nach dem Yoga-Kurs (siehe Abschnitte 2.3.2 und 2.3.4)**.**

Die Gütekriterien der deutschen Version des PCI wurden im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Gießen bestimmt. Dabei wurde eine interne Konsistenz (Cronbachs α) von 0,69 gefunden. In Pekalas (1991, nach Rux, 2002) Untersuchung des amerikanischen Originals war Cronbachs α = 0,82. Die niedrigere interne Konsistenz der deutschen Version wurde auf schlechtere Versuchsbedingungen zurückgeführt, denn die Probanden in der Gießener Untersuchung zeigten sich äußerst unmotiviert. In anderen Versuchen zeigte die deutsche Version aber eine zufriedenstellende Sensitivität gegenüber unterschiedlichen Bewusstseinszuständen (Rux, 2002).

Das Evaluative Instrumentarium zum Autogenen Training (AT-EVA)

Zur Überprüfung des Gesundheitszustandes wurden Teile des *diagnostischen und evaluativen Instrumentariums zum autogenen Training* (AT-EVA) von Krampen (1991) eingesetzt.

Einmal wurde die änderungssensitive Symptomliste verwendet, die vor und nach dem Kurs von den Probanden ausgefüllt wurde. In diesem Fragebogen werden je acht Items zu den

Bereichen körperliche und psychische Erschöpfung, Nervosität und innere Anspannung, psychophysiologische Dysregulation, Leistungs- und Verhaltensschwierigkeiten, Schmerzbelastung sowie Probleme in der Selbstbestimmung und Selbstkontrolle dargeboten. Die Items werden auf einer 4-stufigen Skala erhoben. Die Summe über die Scores ergibt einen Symptomindex. Anhand dieses Indexes kann eine Veränderung zwischen den beiden Messzeitpunkten quantitativ bestimmt werden. Natürlich ist auch ein Vergleich der einzelnen Subskalen möglich.

Nach dem Kurs wurde von den Probanden noch der Fragebogen zu erlebten Veränderungen ausgefüllt. Dabei handelt es sich um zwölf Items zum Entspannungserleben und Wohlbefinden. Das Antwortformat ist 7-stufig und die Null befindet sich im Zentrum der Skala, so dass Verbesserungen und Verschlechterungen angegeben werden können. Die Gesamtveränderung kann wiederum durch den Summenscore über die zwölf Items bestimmt werden.

Krampen (1991) hat die Gütekriterien der Messinstrumente an einer Normstichprobe ermittelt. Bei der Symptomliste (N = 442) beträgt die interne Konsistenz (Cronbachs α) $\alpha_c = 0{,}94$ für den Gesamtwert. Die einzelnen Subskalen weisen Werte zwischen $\alpha_c = 0{,}77$ (Schmerz) und $\alpha_c = 0{,}89$ (Selbstbestimmung und -kontrolle) auf. Die Testhalbierungsreliabilität beläuft sich auf $r_{th} = 0{,}91$ für den Gesamtwert und auf $r_{th} = 0{,}76$ (Schmerz) bis $r_{th} = 0{,}86$ (Selbstbestimmung und –kontrolle) bei den Subskalen. Bei einer Stichprobe (N = 87), die an keinem Treatment teilnahm, wurde eine Retestreliabilität nach acht Wochen von $r_{tt} = 0{,}85$ für den Gesamtwert und zwischen $r_{tt} = 0{,}76$ (Erschöpfung) und $r_{tt} = 0{,}92$ (Schmerz und Selbstbestimmung/Selbstkontrolle) festgestellt. Auch für den Veränderungsfragebogen sind Gütekriterien angegeben (N = 342). Die Werte betragen $\alpha_c = 0{,}86$ für die interne Konsistenz und $r_{th} = 0{,}84$ für die Testhalbierungsreliabilität. Anhand der Normstichprobe wurden für diesen Fragebogen kritische Punktwerte bestimmt, um über tatsächliche Veränderungen urteilen zu können. So kann bei einem Punktwert von +6 mit 10%iger Wahrscheinlichkeit von einer positiven Veränderung gesprochen werden. Der Wert für eine 5%ige Wahrscheinlichkeit beträgt +7, für eine 1%ige Wahrscheinlichkeit +9 und liegt für eine 0,1%ige Wahrscheinlichkeit bei +12. Die kritischen Werte für Verschlechterungen werden symmetrisch zu denen für positive Veränderungen gebildet und tragen ein negatives Vorzeichen.

Die Übungsprotokolle

Um die Übungszeit zu quantifizieren, wurde den Teilnehmern ein Kalender über den Übungszeitraum ausgehändigt mit der Anweisung, alle ihre Übungszeiten zu dokumentieren. Zusätzlich wurde bei den offiziellen Übungsterminen eine Anwesenheitsliste geführt.
Die Übungsprotokolle wurden bei der Nachmessung eingesammelt.

2.2.3 Beweglichkeitsmessung

Unmittelbar vor den physiologischen Messungen wurde die Beweglichkeitsmessung durchgeführt. Die Versuchspersonen waren aufgefordert worden, bequeme Kleidung zu tragen, in der sie sich gut bewegen konnten. Während der Beweglichkeitsmessung wurden sie gebeten die Schuhe auszuziehen.

Zur Messung der Beweglichkeit wurden fünf „Diagnostische Übungen“ entwickelt. Zunächst wurde in der Hand-Fuß-Stellung der Abstand vom rechten Handgelenk zum Boden gemessen. Dabei mussten die Probanden sich mit geschlossenen Füßen und gestreckten Knien nach vorne beugen und die Hände Richtung Boden strecken. Konnte der Proband die gesamte Innenfläche der rechten Hand auf den Boden legen, wurde der Abstand mit 0 cm gewertet. Dabei mussten die Füße zusammen stehen und die Knie gestreckt sein.

Die zweite Übung war der Schmetterlingssitz. Aufrecht auf dem Boden sitzend mussten die Fußsohlen zusammengelegt und die Fersen zum Gesäß gezogen werden. Die Knie sollten, ohne Hilfe anderer Körperteile, zum Boden gedrückt werden. Gemessen wurde der Abstand des linken und des rechten Knies zum Boden. Bei der nächsten Übung handelte es sich um das Yoga-***Mudrā***. Der Proband sollte mit gekreuzten Beinen auf dem Boden sitzen und die Stirn vor sich zum Boden bringen. Auch hierbei war die Zuhilfenahme der Arme oder Hände nicht gestattet. Als Index für die Beweglichkeit diente der Abstand vom Nasion zum Boden.

Bei der vierten Übung wurde eine Variation des Drehsitzes verwendet. Ein Stab wurde vom Versuchsleiter senkrecht auf einen markierten Punkt am Boden gehalten. Die Versuchsperson wurde aufgefordert sich so auf den Boden zu setzen, dass sie aufrecht saß und mit der Wirbelsäule an den Stab stieß. Die Beine sollten dabei in eine bestimmte Richtung ausgestreckt werden.

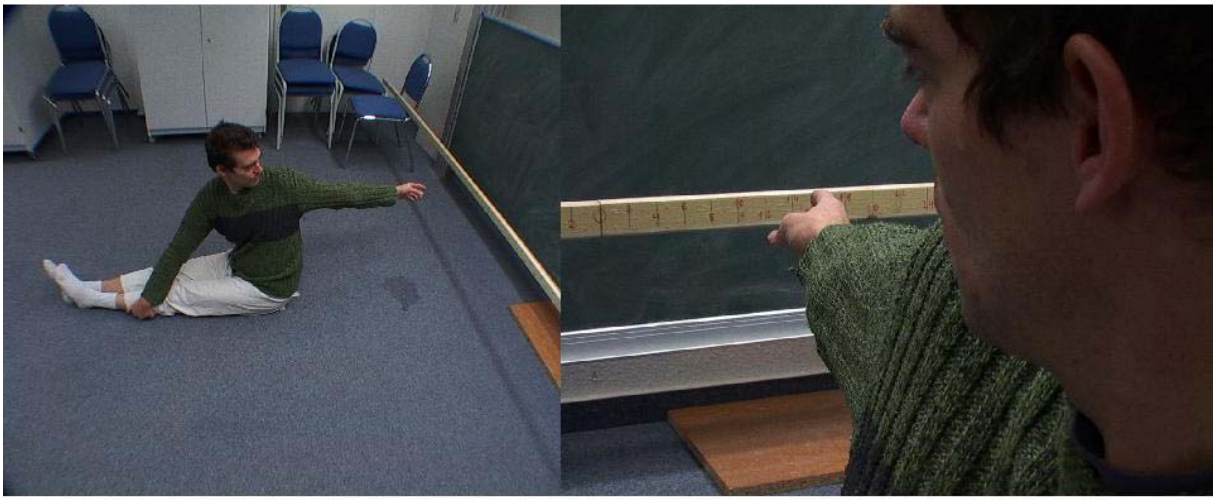

Abbildung 3: Diagnostische Übung im Drehsitz

In einem Meter Abstand von der Markierung verlief, senkrecht zu den ausgestreckten Beinen des Probanden, eine Leiste in ca. 50cm Höhe auf der eine Skala abgetragen war. Die Skala gab den Drehwinkel um die Achse der Wirbelsäule an und war in Einheiten von 2 Grad unterteilt. Insgesamt umfasste sie 60 Grad zu jeder Seite der Achse der Beine. Der Proband wurde aufgefordert zunächst den rechten Arm in die Waagerechte zu heben und sich dann nach rechts um die eigene Achse zu drehen. Dabei sollte er mit dem ausgestreckten Arm auf die Skala hinter sich deuten und zwar soweit wie möglich auf die Seite in seiner Drehrichtung. Der Versuchsleiter peilte dann von seiner Schulter über den ausgestreckten Arm auf die Messskala und las den so erfassten Winkel ab. Wenn der Proband nicht über den Nullpunkt hinausgelangte, wurde der abgelesene Winkel mit einem negativen Vorzeichen versehen. Die gleiche Prozedur wurde mit einer Drehung zur linken Seite durchgeführt.

Zuletzt wurde die Zunahme des Brustkorbumfangs durch die Einatmung gemessen. Das Maßband wurde auf Höhe der Brustwarzen um den Oberkörper gelegt und der Proband wurde gebeten auszuatmen. Der Umfang wurde abgelesen. Der Proband erhielt dann die Anweisung einzuatmen. Nach dem Einatmen wurde der Umfang erneut abgelesen und die Differenz der beiden Messwerte gebildet.

Für alle Messungen, die in der Einheit Meter erhoben wurden, wurde dasselbe Schneidermaßband verwendet.

2.2.4 Blutdruckmessgerät und Atemsensor

Für die Bestimmung der Baroreflex-Sensitivität ist die Messung der Interbeatintervalle des Herzens und die kontinuierliche Messung des Blutdrucks notwendig. Mit diesen Daten kann nach der Sequenzmethode ein Index für die Sensitivität des Baroreflexes berechnet werden.

Dabei wird eine Sequenz gesucht, in der aufeinander folgende Interbeatintervalle um mindestens 5 Millisekunden zunehmen, während gleichzeitig der systolische Blutdruck ansteigt. Die Steigung der Regressionsgraden zwischen Interbeatintervallen und Blutdruck bildet den Index für die Baroreflex-Sensitivität (Parati, 2000). Die Maßeinheit für die Baroreflex-Sensitivität ist dementsprechend Millisekunden pro Millimeter Quecksilbersäule (msec/mmHg).

Um der zentralen Rolle der Atmung in den zugrundeliegenden Überlegungen gerecht zu werden, wurden zwei Bedingungen geschaffen. Die Messung sollte einmal bei spontaner Atmung erfolgen und einmal bei einer geführten Atmung. Die geführte Atmung musste ein breites Spektrum von Atemfrequenzen abdecken, das die Ermittlung der individuellen „optimalen“ Atemfrequenz erlaubte. Dabei ergibt sich das „Optimum“ aus der Synchronizität des Herzkreislauf-Systems und der Maximierung der Variabilität der Herzkreislaufsignale.

Der Datenerhebung diente die nachfolgend beschriebene Anordnung: Um die Baroreflex-Sensitivität bestimmen zu können, wurden das EKG und der Blutdruck während spontaner und geführter Atmung kontinuierlich aufgezeichnet. Die Erfassung des Blutdruckes erfolgte am Handgelenk mittels der tonometrischen Methode (Sato, Nishinaga, Kawamoto, Ozawa & Takatsuji, 1993) mit einem Messgerät (Colin BP-508), das zugleich auch die Herzaktivität registrierte (Extremitäten-Ableitung mit drei Elektroden) und alle Daten online an einen PC übertrug. Auf dem PC wurden Blutdruck- und Herzratenverlauf auf dem Bildschirm angezeigt und in einer Datei gespeichert. Um feststellen zu können, wie gut die Probanden der Atemführung folgen konnten, wurde ein Atemsensor unter ihrer Nase angebracht. Dieser bestand aus zwei einfachen elektrischen Widerständen, deren Widerstandswert sich durch die von der Atemluft verursachten Temperaturschwankungen veränderte (Thermistor der Firma Conrad Elektronic). Über den Gameport wurde der Widerstand gemessen, vom Programm ausgelesen und mit aufgezeichnet.

Während der Messung wurde eine CD mit Rauschen (pink noise) abgespielt, um die leisen Geräusche des Gerätes während der Pulsaufzeichnung zu maskieren.

2.2.5 Computerprogramm zur Atemführung

Die Atemführung wurde realisiert, indem mit einer Videobrille ein Meditationsbild dargeboten wurde, das langsam auf- und abgeblendet wurde. Um die Atemführung vor allem bei sehr langsamen Frequenzen zu erleichtern, befanden sich zusätzlich rechts und links vom Bild zwei graue Balken, in denen synchron mit dem Aufblenden (= Einatmen) eine blaue

Farbsäule aufstieg und beim Abblenden (= Ausatmen) abfiel. In der ersten Versuchsphase wurde für fünf Minuten nur das Bild gezeigt und die Probanden sollten ganz normal atmen. Dann begann die Atemführung, wobei die vorgegebene Atemfrequenz von 0,25 Hz (15 Atemzüge pro Minute) über einen Zeitraum von 15 Minuten kontinuierlich (linear) auf 0,05 Hz (3 Atemzüge pro Minute) gesenkt wurde. Der Verlauf der Atemvorgabe wurde gemeinsam mit den physiologischen Messwerten gespeichert.

Gesteuert wurde die visuelle Darbietung von demselben Programm, das die Aufzeichnung der Daten erledigte. Um die Atemvorgabe zu realisieren, benutzte das Programm eine Sinusschwingung deren Frequenz sich in der gewünschten Art veränderte.

2.3 Versuchsablauf

Der Versuch gliederte sich in vier Phasen: Einführungsveranstaltung, Voruntersuchung, Intervention durch Yoga-Training und Nachuntersuchung. Diese Phasen werden im folgenden näher beschrieben.

2.3.1 Einführungsveranstaltung

In der Ausschreibung des Yoga-Kurses wurden die Teilnehmer aufgefordert, zu einer Einführungsveranstaltung zu kommen. Diese Veranstaltung fand anderthalb Wochen vor dem ersten Übungstermin in einem Hörsaal des Instituts für Sportwissenschaften statt.

In dieser Veranstaltung wurde der theoretische Aspekt der Yoga-Schulung dargelegt. Die Gliederung des *Rāja*-Yoga in acht Stufen wurde erläutert und auf Einzelheiten des *Haṭha*-Yoga eingegangen. Anschließend wurde das Konzept für den Kurs dargelegt und über die Untersuchung informiert. Danach hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, noch offene Fragen anzusprechen.

Nach Klärung dieser Fragen wurden die ersten Messungen durchgeführt. Der TAS und die Symptomliste des AT-EVA wurden ausgefüllt sowie die Baseline-Messung für die Bestimmung der Trancetiefe mit Hilfe des PCI durchgeführt. Mit jedem Teilnehmer wurde im Anschluss ein Termin für die Voruntersuchung vereinbart.

2.3.2 Voruntersuchung

Die Voruntersuchung fand zwischen der Einführungsveranstaltung und dem ersten Übungstermin statt. Der Ort der Untersuchung war ein Beobachtungsraum des Instituts für

Psychologie der Universität Greifswald. Für jeden Probanden wurde eine Stunde Messzeit veranschlagt. Die Untersuchung begann mit der Messung der Beweglichkeit. Danach wurde die physiologische Messung durchgeführt. Anschließend wurde der Proband gebeten den PCI auszufüllen und sich bei seinen Antworten auf die zwanzig Minuten dauernde physiologischen Messung zu beziehen.

2.3.3 Zehnwöchiger Yoga-Kurs

Der Kurs wurde an zwei Tagen pro Woche durchgeführt. Der Haupttermin lag donnerstags um 17.30 Uhr. Am Samstag um 11.30 Uhr wurde den Teilnehmern die Möglichkeit gegeben, ein weiteres Mal unter Anleitung zu üben. Jede Übungseinheit dauerte 90 Minuten. Die Teilnehmer waren zusätzlich aufgefordert, eigenständig zu Hause zu üben und alle ihre Übungszeiten zu protokollieren. Der Kurs begann am Donnerstag, den 10.Oktober 2002 um 17.30 Uhr.

2.3.4 Nachuntersuchung

Die Nachuntersuchung fand innerhalb einer Woche nach dem zehnten Übungstermin statt. Den Probanden waren die TAS, sowie die Symptomliste und der Fragebogen zu erlebten Veränderungen des AT-EVA in der letzten Übungsstunde ausgehändigt worden. Diese Fragebögen sollten zu Hause ausgefüllt werden und zur abschließenden physiologischen Messung mitgebracht werden. Die Termine für diese Messung wurden in der letzten Übungsstunde vereinbart. Die Messung fand im psychophysiologischen Labor des Instituts für Psychologie statt. Bei der Messung wurden zunächst die Fragebögen und die Übungsprotokolle eingesammelt, danach erfolgten die Messungen der Beweglichkeit, der physiologischen Maße und der Trancetiefe analog zur Voruntersuchung.

2.4 Versuchspläne

Die vorliegende Studie enthält zwei Versuche, zu denen nachfolgend zwei Versuchspläne dargestellt werden. Der erste Versuchsplan beschreibt die Untersuchung der Wirkungen des Yoga-Kurses. Es handelt sich um einen nicht-experimentellen Versuchsplan, da keine Vergleichsdaten in einer Kontrollgruppe erhoben wurden. Eine Variation ergibt sich dennoch durch die Unterschiede in den freiwilligen Übungszeiten, die auch erhoben wurden. In diese Anordnung geht die Absorptionsfähigkeit als abhängige Variable ein. Im zweiten Versuchsplan wird der „trait“ Absorptionsfähigkeit als unabhängige Variable verwendet, um

die Vorhersagbarkeit der bei der Atemführung mit dem Mandala erreichten Tancetiefe zu untersuchen.

In der Darstellung stehen in Klammern hinter den abhängigen Variablen die Hypothesen, die durch sie überprüft werden sollen. Mit dem Messzeitpunkt t_0 ist die Messung vor dem Yoga-Kurs und mit t_1 der Messzeitpunkt nach dem Kurs gemeint. Die Einträge in der Tabelle bezeichnen die Indikatorvariablen, über die die abhängigen Variablen erfasst wurden.

Tabelle 3: Versuchsplan zu den Effekten des Yoga-Kurses

	Abhängige Variablen			
	Baroreflex-Sensitivität (Hypothese 1)	Absorptionsfähigkeit (Hypothese 2)	Gesundheit (Hypothese 5)	Beweglichkeit (Hypothese 6)
UV: Yoga-Kurs und Freiwillige Übungszeit	BRS t_0 BRS t_1	TAS t_0 TAS t_1	AT-EVA (Sym) t_0 AT-EVA (Sym) t_1 AT-EVA(FEV) t_1	FlexIndex t_0 FlexIndex t_1

Tabelle 4: Versuchsplan zur Vorhersagbarkeit der Trancetiefe aus der Absorptionsfähigkeit

	AV: Trancetiefe (Hypothese 4)	
UV: TAS	pHGS Baseline	pHGS t_0
		pHGS t_1

Der pHGS-Wert ist der aus den Dimensionen des PCI vorhergesagte Punktwert auf der *Harvard Group Scale for Hypnotic Susceptibility*. Er gibt die Stärke der Hypnoseinduktion der jeweiligen Situation an, bezüglich welcher der PCI ausgefüllt worden ist. Bei der Baseline handelt es sich um die Referenzsituation: einminütiges stilles Sitzen mit geschlossenen Augen auf einem Stuhl. Die Differenz der aus der Atemführung und der Baseline gewonnenen pHGS-Werte geben Auskunft darüber, wie stark die Atemführung sich in der Induktion von hypnotischen Zuständen von der Referenzsituation unterscheidet. Bezüglich der Absolutwerte des pHGS haben Pekala und Nagler (1989, nach Rux, 2002) einige Richtwerte angegeben. Demnach bewegen sich die pHGS-Werte in der Regel zwischen eins und neun. Werte über sieben sprechen für einen hypnoidalen Zustand.

2.5 Datenauswertung

2.5.1 Beweglichkeit

Aus den Rohwerten der Beweglichkeitsmessung sollte ein Index gebildet werden, der die Beweglichkeit widerspiegelt. Da in der Verteilung der Messwerte Decken- und Bodeneffekte zu erwarten waren, wurde eine Variante zur Indexbestimmung gewählt, die einen Prozentanteil an Beweglichkeitsveränderung repräsentiert. Dazu wurden die Maximal- und Minimalwerte einer jeden Übung über beide Messzeitpunkte hinweg bestimmt. Der Minimalwert wurde als 0% und der Maximalwert als 100% Beweglichkeit definiert. So konnte für jeden Probanden ein Prozentwert für jede Übung zu jedem der beiden Messzeitpunkte festgelegt werden. Als Gesamtindex wurde der Mittelwert über die Prozentwerte aller Übungen zu einem Messzeitpunkt gewählt. Der Vergleich des Gesamtindex zum Messzeitpunkt t_0 und zum Messzeitpunkt t_1 gibt Aufschluss über die Veränderung der Beweglichkeit.

2.5.2 TAS

Um die Absorptionsfähigkeit mittels der TAS zu quantifizieren, müssen die Scores der einzelnen Items addiert werden. Dabei werden der fünfstufigen Antwortskala Werte von Null bis Vier zugeordnet.

2.5.3 AT-EVA

Bei der Symptomliste des AT-EVA ist die Antwortskala vierstufig. Die Zahlenwerte der Skala gehen von Null bis Drei, wobei Null „Symptom nicht vorhanden“ bedeutet. Um einen Index für das Vorhandensein und die Stärke der Symptome zu erhalten, müssen die Werte der einzelnen Items addiert werden. Es besteht die Möglichkeit, die Scores für die Subskalen der änderungssensitiven Symptomliste zu bilden, indem die Werte der zugehörigen Items addiert werden.

Beim Fragebogen zur erlebten Veränderung ist die Antwortskala um die Null angeordnet, so dass die Werte zwischen –3 und +3 liegen. Die Addition der einzelnen Werte der zwölf Items bringt die Tendenz der erlebten Veränderung zum Ausdruck.

2.5.4 PCI

Aus dem PCI kann durch einen Algorithmus der pHGS-Score errechnet werden. Der Algorithmus steht als SPSS-Syntaxfile zur Verfügung (siehe CD im Anhang). Das Programm kann aus den PCI-Daten, die in SPSS eingegeben werden müssen, die Punktwerte auf den einzelnen Subskalen, den Reliabilitätsindex und den pHGS-Wert berechnen und ausgegeben.

2.5.5 Physiologische Maße

Zur Gewinnung der physiologischen Maße musste die Textdatei ausgewertet werden, in die das Steuerprogramm die vom Colin-Blutdruckmessgerät gemessenen Daten geschrieben hatte. Mit jedem Herzschlag war eine Zeile in eine Textdatei geschrieben worden. Diese Zeile enthielt an genau definierten Positionen u. a. den systolischen und den diastolischen Blutdruck, die Länge des Interbeatintervalls in Millisekunden, den aktuellen Zustand der Atemvorgabe und den Widerstandswert des Atemsensors.

Die Auswertung erfolgte unter Verwendung des „awk-Compilers“, der es ermöglicht Programmcode in einer der Programmiersprache C ähnlichen Notation auf der DOS-Ebene auf Dateien anzuwenden. Außerdem wurden die Analyseprogramme Vitasoft und Variograph sowie LabView-Programme für die Frequenz- und Poweranalyse verwendet.

Vor der Auswertung der physiologischen Messdaten mussten diese einer Plausibilitätskontrolle unterzogen werden.

Plausibilitätskontrolle der Daten

Um feststellen zu können, ob der Messvorgang und die Aufzeichnung der Daten funktioniert hatten, wurde zunächst überprüft, ob die Textdateien mit den Messdaten des Colinmessgerätes die richtige Länge hatten. Dies geschah mit dem awk-Programm „checklen.awk“ (siehe CD im Anhang). Dieses Programm berechnete aus einem Zeitindex, der in jede Textzeile eingefügt war, die Länge der aufgezeichneten Spontanatmung, der Atemführung und der gesamten Messung. Bei dieser Kontrolle wichen drei Dateien vom Sollwert ab. Alle diese Dateien enthielten jedoch korrekte Messdaten. Bei zweien stand in der ersten Zeile der Speicherzustand beim Start der Messung, so dass nach Entfernen dieser Zeile eine fehlerfreie Datei vorhanden war. Die Prüfung der dritten Datei zeigte, dass nur der Zeitindex fehlerhaft war und für die Auswertung keine Korrekturen erforderlich waren.

Die Weiterverarbeitung der Daten erforderte noch eine Artefaktbereinigung. Dabei sollten unplausible Werte im Blutdruck-, Herzraten- oder Atmungssignal durch Interpolation angepasst werden. Unter Verwendung des Variographprogrammes wurden diese Änderungen vorgenommen. Das Herzratensignal wurde mit dem „Findjump.awk“-Programm vorgescannt. Dadurch wurden Interbeatintervalle von mehr als 2 Sekunden und weniger als 250 Millisekunden ausgegeben. Diese wurden genauso wie deutliche Unregelmäßigkeiten in den Blutdrucksignalen visuell in der Variographdarstellung identifiziert. Um mit Variograph arbeiten zu können, mussten die Daten zunächst in das Vitaportformat transformiert werden. Da Vitaport mit einer festen Abtastrate arbeitet, die Ausgangsdaten aber mit einem Messwert pro Herzschlag aufgezeichnet worden waren, mussten die Daten angepasst werden. Dies geschah mit dem awk-Programm „txto4Hz.awk“ (siehe CD im Anhang). Dieses Programm arbeitete mit einem Algorithmus, der die Rohdaten solange vervielfältigte, bis sie jedes 250 msec-Intervall bis zum nächsten Herzschlag ausfüllten. Außerdem wurde das Interbeatintervall in die Herzrate umgewandelt. Diese wurde auf eine natürliche Zahl gerundet. Weiter wurde der Zustand des Atemsensors gerundet und übernommen, die Werte für den systolischen und den diastolischen Blutdruck wurden ebenfalls übernommen. Fehlende Einträge, die von Verlusten des Signals während der Messung herrührten, wurden durch den Wert 100 ersetzt. Dies geschah, um den Wertebereich der Messwerte nicht zu vergrößern. Der Wert 100 war sowohl im Signal des diastolischen-, als auch im Signal des systolischen Blutdrucks als Artefakt zu erkennen. Die Werte für die Atemführung wurden auf den Wertebereich der Atmung skaliert, um sie auf einer gemeinsamen Skala abtragen und vergleichen zu können. Die mit dem „txto4Hz.awk“-Programm erzeugten Dateien wurden mit dem LabView-Programm 4Hz2vpd.llb in das Vitaportformat transformiert. So konnten diese Dateien mit Variograph geöffnet und die Messwertverläufe dargestellt werden. Korrigiert wurden die Kurven an Stellen, wo das Signal stark vom Muster des Schwingungsverlaufs abwich. Die Korrektur erfolgte durch Markieren des Beginns und des Endes des abweichenden Abschnitts und das Ersetzen der abweichenden Werte durch eine Interpolation zwischen den markierten Randpunkten. Fehler, die auf diese Art korrigiert werden mussten, traten nur bei Daten zur Herzrate und zum systolischen und diastolischen Blutdruck auf. Von 75 Datensätzen mussten 18 korrigiert werden. Darunter waren nur vier Datensätze, in denen mehr als drei Korrekturen vorgenommen wurden.

Auf der Grundlage dieser korrigierten Daten konnten die im folgenden beschriebenen Auswertungen vorgenommen werden.

Frequenz- und Poweranalyse

Mit der Frequenzanalyse sollte überprüft werden, inwieweit sich die Atmung, die Herzrate und der Blutdruck an die Atemvorgabe anpassen. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, mit welcher Frequenz während der spontanen Atmung geatmet wurde und wie sehr das Herzkreislauf-System in dieser Phase an die Atmung gekoppelt war.

Mit der Poweranalyse konnte die Variabilität in den verschiedenen Systemen quantifiziert werden. Da die Frequenz vorgegeben und somit bekannt war, konnte mit dieser Analyse die „Resonanzfrequenz" bestimmt werden, bei der die Variabilität maximal war.

Frequenz- und Poweranalyse wurden mit dem LabView-Programm „vpdana02.llb" auf der Grundlage der korrigierten Vitaportdaten durchgeführt. Vorab mussten die Daten zunächst in zwei Blöcke unterteilt werden. Der erste Block enthielt die Phase der spontanen Atmung und der zweite die Phase der geführten Atmung. Diese Blöcke wurden in Fenster von 64 Sekunden Länge unterteilt, die sich jeweils zur Hälfte mit den benachbarten Fenstern überlappten. Zum Bestimmen der Frequenz wurde als Abtastrate „5 bins" zugelassen, d. h. jeweils fünf Werte um den aktuellen Wert herum wurden mit einbezogen. Es war notwendig, die Signale vor der Auswertung zu filtern, um langsame Frequenzen, die von Niveauschwankungen im Signal herrührten, zu eliminieren. Dazu wurde ein Filter verwendet, der alle Frequenzen oberhalb von 0,5 Hz abschnitt. Schnellere Frequenzen sind nicht mit der Atmung in Verbindung zu bringen und interessierten aus diesem Grund nicht. Aufgrund der Atemführung musste die Untergrenze dynamisch gestaltet werden, denn die niedrigen Frequenzen, die gegen Ende der Messung relevant waren, sollten bei den höheren Frequenzen zu Beginn noch herausgefiltert werden. So wurden alle Frequenzen, die 50% unter der aktuellen Frequenz der Atemführung lagen, herausgefiltert. Als Ausgabe lieferte das Programm für jedes der fünf Signale eine Datei, die für beide Blöcke und für jedes Fenster die vorherrschende Frequenz und deren Power enthielt.

Baroreflex-Sensitivität

Die Baroreflex-Sensitivität wurde mittels Sequenzmethode bestimmt (Parati, Di Renzo & Mancia, 2000; Persson, Di Renzo, Castiglioni, Cerutti, Pagani, Honzikova, Akselrod & Parati, 2001). Bei dieser Methode werden Folgen von Messwerten gesucht, bei denen die Länge des Interbeatintervalls und der systolische Blutdruck zunehmen. Die Steigung der Regressionsgraden vom Anstieg des systolischen Blutdrucks über die Länge des Interbeatintervalls einer solchen Sequenz kann als Index für die Baroreflex-Sensitivität

verwendet werden. Sie bringt zum Ausdruck, wie stark der Herzraten-Abfall bei einer Blutdruckzunahme ist. Daran lässt sich erkennen, wie stark der Baroreflex die Herzrate bei einer Manipulation des Blutdrucks beeinflusst. Die Einheit dieses Indexes ist msec/mmHg (siehe Abschnitt 1.2.2).

Grundlage der Auswertung waren die korrigierten Daten im Vitaportformat (siehe Plausibilitätskontrolle). Diese wurden mit Variograph in Textdateien zurückkonvertiert. Mit dem Programm „cleanASC.awk“ (siehe CD im Anhang) wurden die relevanten Daten aus diesen Textdateien in neue Dateien geschrieben. Da bei der Erstellung der Vitaportdaten die Herzrate gerundet wurde, war es nicht möglich die exakten Interbeatintervalle, die für die Sequenzmethode notwendig sind, zu rekonstruieren. Deshalb wurde, ausgehend von den Colin-Rohdaten noch einmal eine 4 Hz-Version der Rohdaten erstellt, in denen die exakte Herzrate enthalten war. Dazu diente das Programm „HR-exakt.awk“ (siehe CD im Anhang). Das Programm „join.awk“ (siehe CD im Anhang) erstellte aus den korrigierten Daten und den exakten Herzraten eine Datei, die den systolischen Blutdruck, die exakte und die gerundete Herzrate enthielt. Auf dieser Grundlage konnte das exakte Interbeatintervall rekonstruiert werden und eine durchgeführte Korrektur der Daten blieb erhalten. Umgesetzt wurde dies mit dem Programm „shr2ibi.awk“ (siehe CD im Anhang). Zur Anwendung der Sequenzmethode waren nun alle Informationen vorhanden. Das Programm „ibi2seq.awk“ (siehe CD im Anhang) suchte Sequenzen, die mindestens drei Herzschläge lang sind. Dabei verglich es das aktuelle mit dem vorherigen Interbeatintervall und den vorherigen Blutdruck mit dem Blutdruck zum vorletzten Messzeitpunkt, um der Verzögerung in der Herzratenreaktion auf den Blutdruck gerecht zu werden. Außerdem berechnet es die Steigung der Regressionsgraden nach einer Formel, die von Bortz (1999) dargestellt wurde. Es gibt die Länge der Sequenz, die Steigung der Regressionsgraden und den Zeitpunkt des Auftretens der Sequenz aus. Durch die Ermittlung des Auftrittszeitpunktes konnte die mittlere Baroreflex-Sensitivität während der Spontanatmung bestimmt werden. Da mit der Poweranalyse die Atemfrequenz bestimmt werden konnte, bei der Synchronizität und Variabilität des Herzkreislauf-Systems optimal waren, konnten Sequenzen, die in diesen Frequenzbereich fielen, ebenfalls isoliert und gemittelt werden.

2.6 Signifikanztestung

Aus der obigen Darstellung der Datenauswertung geht hervor, dass die endgültige Form des Datenmaterials a priori noch nicht feststand. So könnten beispielsweise Frequenz- und

Poweranalyse noch Strukturen in den Daten aufzeigen, die Einfluss auf die statistische Auswertung haben. Aus diesem Grund wurde das statistische Verfahren zur Signifikanztestung erst zum Auswertungszeitpunkt festgelegt und wird im Ergebnisteil berichtet.

Da mit einer Abbrecherquote von 50% gerechnet werden musste und die Aufnahmekapazität des Yoga-Kurses auf maximal 50 Teilnehmer begrenzt war, war auch eine a priori durchgeführte Stichprobenplanung nicht möglich. Für die Testung der einzelnen Hypothesen wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0{,}05$ festgelegt. Die Effektstärke soll für die einzelnen Tests berechnet werden und wird ebenfalls im Ergebnisteil berichtet.

3 Ergebnisse

Von den 44 Teilnehmern der Voruntersuchung nahmen noch 31 an der Nachuntersuchung teil. Im folgenden werden zunächst die Ergebnisse bezüglich der 31 Probanden dargestellt, die den Kurs abgeschlossen haben. Eine Abbrecheranalyse folgt im zweiten Teil dieses Kapitels.

Die Stichprobenkennwerte für die verbliebenen 31 Teilnehmer unterschieden sich von den Werten der Gesamtstichprobe. Der Altersdurchschnitt betrug nun 26,4 Jahre (Median 24 Jahre). Der älteste Teilnehmer hatte ein Alter von 52 Jahren, der jüngste Teilnehmer war 16 Jahre alt. Der Anteil der männlichen Kursteilnehmer betrug 22,6 Prozent($N_{♂} = 7$).

3.1 Übungszeiten

Neben dem zweimal wöchentlich stattfindenden Yoga-Kurs, bei dem ein Übungsleiter anwesend war, waren die Teilnehmer angehalten auch individuell zu üben. Während der 10-wöchigen Kursdauer sollten alle Übungsstunden protokolliert werden. Zusätzlich wurde bei den Kursstunden eine Anwesenheitsliste geführt. Diese Daten wurden ausgewertet und die Übungszeiten nach freier Übung und Übungsstunden unter Anleitung zusammengefasst.

Tabelle 5: Übungszeiten in Minuten

GRUPPE	GESAMT	Übungsstunden	Freie-Übung
N	31	31	31
Mittelwert	1178	1033	145
Standardfehler des Mittelwertes	72	53	41
Standardabweichung	404	294,86	227
Median	1150	1005	50
Minimum	550	465	0
Maximum	2485	1530	955

Durchschnittlich nahm jeder Teilnehmer an 11,5 Übungsstunden teil und übte 145 Minuten für sich alleine. Tatsächlich übten 12 Teilnehmer gar nicht alleine und das obere Quartil der freien Übungszeit lag bei 205 Minuten in 10 Wochen. Die Kursteilnehmer kamen also regelmäßig einmal in der Woche zu den Übungsstunden – das untere Quartil für die Übungsstunden lag bei 810 Minuten – übten individuell aber meist sehr wenig.

3.2 Baroreflex-Sensitivität

Die Baroreflex-Sensitivität spielte in den Überlegungen zur Wirkungsweise des Yoga-Trainings eine zentrale Rolle. Zum einen ist sie ein Maß für den vagalen Tonus und eine Steigerung des vagalen Tonus durch Yoga-Training würde die therapeutische Wirksamkeit des Yoga bei einer Reihe von Störungen, die durch eine verminderte Aktivität des Parasympathikus gekennzeichnet sind, erklären. Zum andern gibt es Anhaltspunkte für eine Kopplung der Absorptionsfähigkeit und der Baroreflex-Sensitivität (Hülsmann, 2001). So wurde vermutet, dass Yoga über spezifische Einwirkungen auf das Herzkreislauf-System Persönlichkeitsveränderungen bewirkt.

3.2.1 Frequenzabhängigkeit der Herzraten-Blutdruck-Kopplung

Der wichtigste kurzfristige Mechanismus der Herzraten-Blutdruck-Kopplung ist der Baroreflex. Dieser Reflex spielt eine große Rolle in der respiratorischen Sinusarrhythmie, bei der er die bei der Inspiration steigende Herzrate in der Exspirationsphase wieder verlangsamt. Ausgelöst wird der Baroreflex dabei durch den Anstieg des Blutdrucks, der dem atmungsbedingten Anstieg der Herzrate folgt.

Beobachtungen der Herzrate hatten gezeigt, dass die Variabilität in der Herzrate ungefähr bei einer (Atem-)Frequenz von 0,1 Hz maximal ist. Bei niedrigeren Frequenzen nahm die Variabilität der Herzrate wieder ab. Ein Anliegen dieser Studie war es, die Kopplung von Herzrate und Blutdruck zu untersuchen um festzustellen, ob es eine „optimale“ Frequenz gab

und wo diese läge. Außerdem interessierte die Frage, wie nah die spontane Atmung dieser Frequenz kam und ob sich nach dem Yoga-Kurs Veränderungen in der Herzraten-Blutdruck-Kopplung zeigten. Folglich wurde ein Versuchsaufbau für die Messung von Herzrate und Blutdruck gewählt, bei dem die Probanden zunächst fünf Minuten spontan ohne Vorgabe atmeten und danach einer Atemführung folgten, bei der innerhalb von 15 Minuten die Frequenz von 0,25 Hz linear auf 0,05 Hz gesenkt wurde. Dabei wurden kontinuierlich der Blutdruck und das EKG erfasst.

Frequenzanalyse

Die Frequenzanalyse sollte Auskunft darüber geben, inwieweit die Atemvorgabe eingehalten wurde und wie sich das Schwingungsverhalten der Herzkreislauf-Systeme zueinander verhielt.

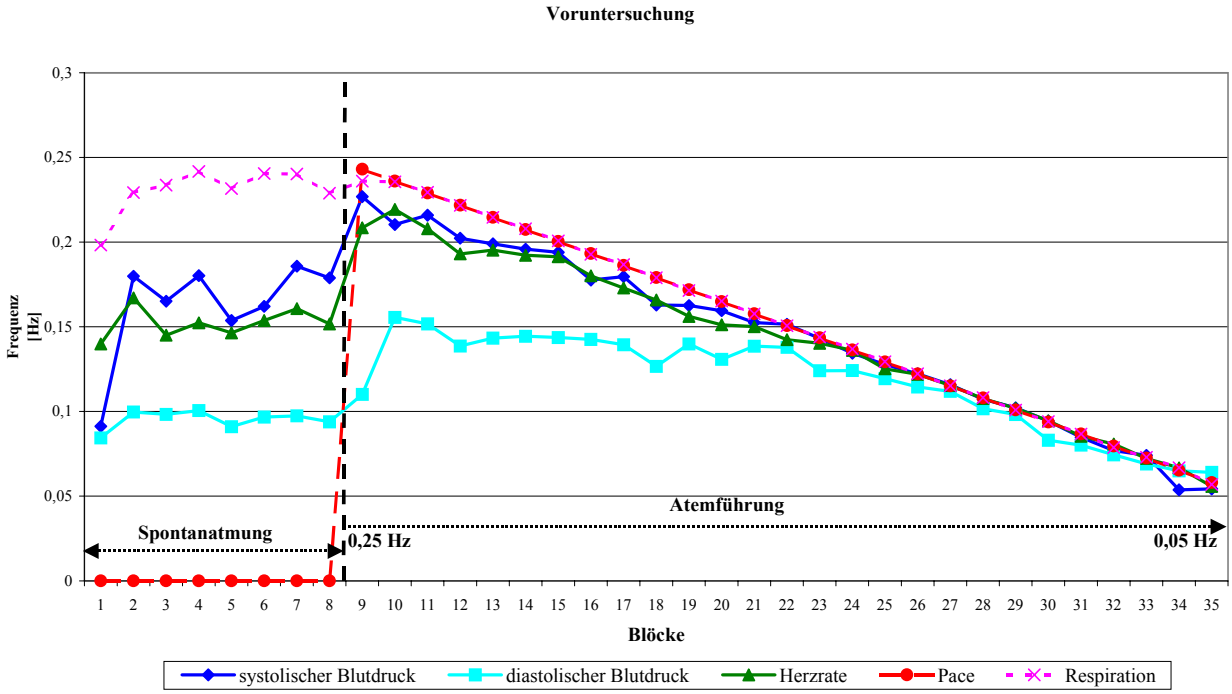

Abbildung 4: Darstellung der Frequenzen von Atemvorgabe (Pace), Atmung (Respiration) und dem Mittel der Herzkreislauf-Signale bei der Voruntersuchung

Bei der Frequenzanalyse waren die Daten in zwei Abschnitte aufgeteilt worden, den Abschnitt der spontanen Atmung und den Abschnitt der geführten Atmung. Jeder Abschnitt wurde in Blöcke von 64 Sekunden Länge eingeteilt, die sich jeweils zur Hälfte mit ihren Nachbarblöcken überlappten. So gab es acht Blöcke für die fünf Minuten spontaner Atmung und 27 Blöcke für die 15 Minuten geführter Atmung. Tabelle 6 zeigt welcher Frequenzbereich der Atemführung in einen Analyseblock dieses Abschnittes fiel.

Tabelle 6: Frequenzbereiche der Analyseblöcke

Analyseblock	9. Block		11. Block		13. Block		15. Block		17. Block		19. Block		21. Block
Frequenz [Hz]	0,25	0,243	0,236	0,229	0,222	0,215	0,206	0,2	0,193	0,186	0,18	0,172	0,165	0,158
Analyseblock		10. Block		12. Block		14. Block		16. Block		18. Block		20. Block		

21. Block		23. Block		25. Block		27. Block		29. Block		31. Block		33. Block		35. Block
0,158	0,151	0,144	0,136	0,129	0,122	0,115	0,108	0,101	0,094	0,087	0,08	0,073	0,065	0,058	0,05
22. Block		24. Block		26. Block		28. Block		30. Block		32. Block		34. Block		

Für jeden Block wurde die Peak-Frequenz des jeweiligen Signals berechnet. Die Peak-Frequenz ist die Frequenz mit der stärksten Power innerhalb eines Analyseblocks. In den Abbildungen sind die Frequenzen der Atemvorgabe (Pace), des systolischen Blutdrucks, des diastolischen Blutdrucks, der Herzrate und der Atmung (Respiration) dargestellt.

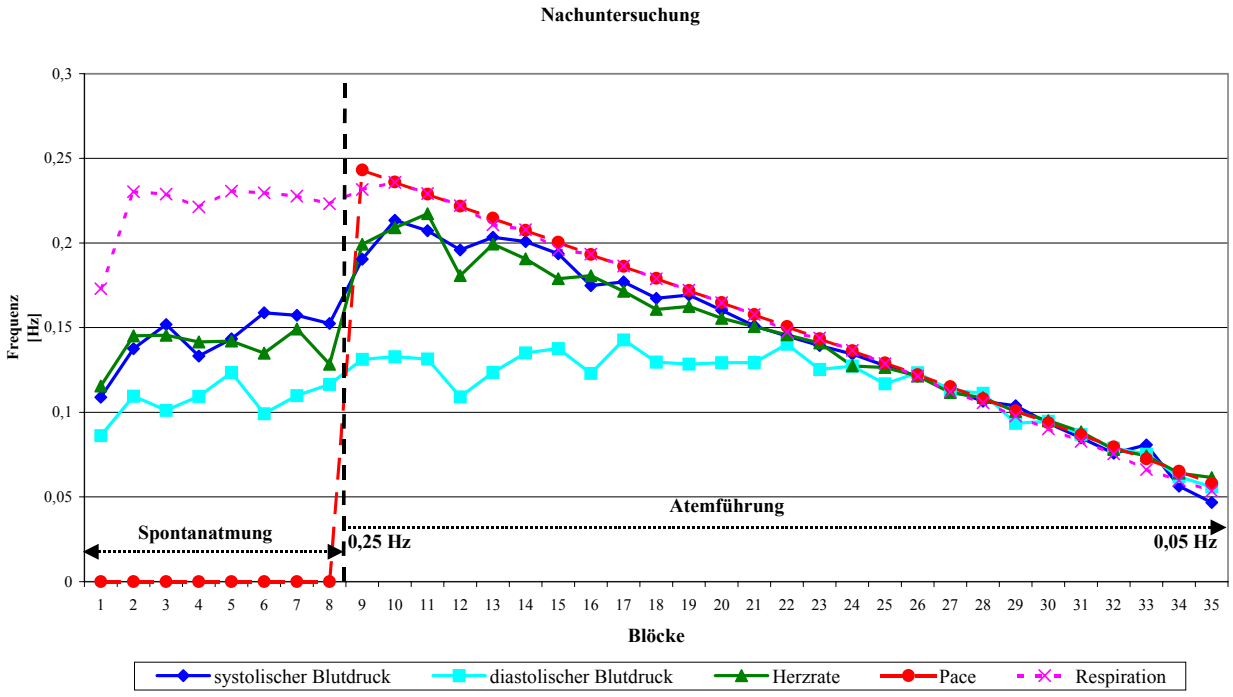

Abbildung 5: Darstellung der Frequenzen von Atemführung (Pace), Atmung (Respiration) und dem Mittel der Herzkreislauf-Signale bei der Nachuntersuchung

Zunächst werden die Signalverläufe bei Vor- und Nachuntersuchung in der Phase der Spontanatmung beschrieben. Die Messwerte im ersten Block wurden vernachlässigt, denn sie wichen deutlich von den übrigen Werten dieses Abschnittes ab. Dies könnte von der Untersuchungssituation herrühren, die zum Anfang der Messung noch ungewohnt war und deshalb einen anderen Atemrhythmus hervorrief. Das Atemsignal lag zu beiden Messzeitpunkten im Bereich zwischen 0,2 Hz und 0,25 Hz, wobei die Werte der Nachuntersuchung sich minimal unterhalb der Werte der Voruntersuchung befanden. Der systolische Blutdruck bewegte sich bei der Voruntersuchung im Frequenzbereich von 0,15 Hz und 0,2 Hz. Bei der Nachuntersuchung waren die Blockmittelwerte nur noch im Bereich um

die 0,15 Hz zu finden. Umgekehrt waren die Werte für den diastolischen Blutdruck bei der Nachuntersuchung etwas höher als bei der Voruntersuchung. Sie lagen bei 0,1 Hz und etwas darüber. Die Werte der Voruntersuchung betrugen recht konstant 0,1 Hz. In der Herzrate bestanden ebenfalls leichte Unterschiede zwischen den Werten zu beiden Messzeitpunkten. Zum ersten Messzeitpunkt waren die Werte um die 0,15 Hz angeordnet mit einer Tendenz zu höheren Frequenzen. Bei der Nachuntersuchung wurde in der Phase der spontanen Atmung kein Blockmittel gefunden, welches 0,15 Hz überschritt. Was die Kopplung von Herzrate und systolischem Blutdruck betrifft, so lag die Herzratenfrequenz bei der Voruntersuchung immer unter jener des systolischen Blutdrucks. Bei der Nachuntersuchung kreuzten sich die Verläufe der Frequenzen beider Signale mehrfach und die Werte beider Signale befanden sich dichter beieinander.

In den Abbildungen ist das Signal der Atemvorgabe (Pace) mit aufgenommen. Der Verlauf dieses Signals dient als Vergleichsreferenz für die übrigen Signale. Der Frequenzverlauf des Atemsignals zeigte, dass die Atemvorgabe zu beiden Messzeitpunkten gut befolgt wurde, da der Frequenzverlauf größtenteils mit dem der Atemvorgabe übereinstimmte und Abweichungen nur minimal waren. Mit dem Beginn der Atemführung machten alle Signale einen Sprung in die Richtung der vorgegebenen Frequenz. Der systolische Blutdruck und die Herzrate verhielten sich zu beiden Messzeitpunkten ähnlich. Sobald die Atemführung begann, lagen beide Signale sehr nah beieinander. Ihre Frequenz war niedriger als die der Atemführung, näherte sich dieser aber mit zunehmender Messdauer immer weiter an, um dann ab einer Frequenz von ungefähr 0,15 Hz mit ihr synchron zu laufen. Dieser Zeitpunkt der Übereinstimmung der Signale von systolischem Blutdruck, Herzrate und Atmung unterschied sich zwischen beiden Messzeitpunkten nicht. Anders verhielt es sich mit dem diastolischen Blutdruck. Bei der Voruntersuchung stieg er mit dem Beginn der Atemführung auf ein Niveau von fast 0,15 Hz. Dieses Niveau behielt er bei, bis die Atemführung und damit auch die tatsächliche Atmung diese Frequenz erreichten. Danach fiel er mit der Atemfrequenz ab, lag aber immer etwas unter deren Niveau. Im Unterschied zur Voruntersuchung stieg der diastolische Blutdruck bei Beginn der Atemführung in der Nachuntersuchung auf ein Niveau, dass tiefer lag als jenes, welches er bei der Voruntersuchung erreichte. Dieses Niveau hielt er jedoch wie bei der ersten Messung, bis es von der Atmung erreicht wurde. Anschließend passte sich auch der diastolische Blutdruck dem vorgegebenen Rhythmus sehr genau an.

Poweranalyse

Die Poweranalyse ist synchron zur Frequenzanalyse mit dem gleichen Auswertungsprogramm durchgeführt worden. Deshalb besaßen die Powerdaten dieselbe Struktur, wie die Frequenzdaten. D.h. die ersten acht Blöcke bildeten den ersten Abschnitt und repräsentierten die Phase der spontanen Atmung. Der zweite Abschnitt bestand aus den darauffolgenden 27 Blöcken und stellte die Power der Signale während der Atemführung dar. Tabelle 6 enthält die Zuordnung der Atemfrequenzvorgabe auf die einzelnen Analyseblöcke des zweiten Abschnitts. Die Blöcke innerhalb eines Abschnitts überlappten ihre Nachbarblöcke zu jeweils fünfzig Prozent. Die Power repräsentiert die Größe der Schwingungen, so dass sie dazu diente, die Variabilität der einzelnen Signale zu quantifizieren.

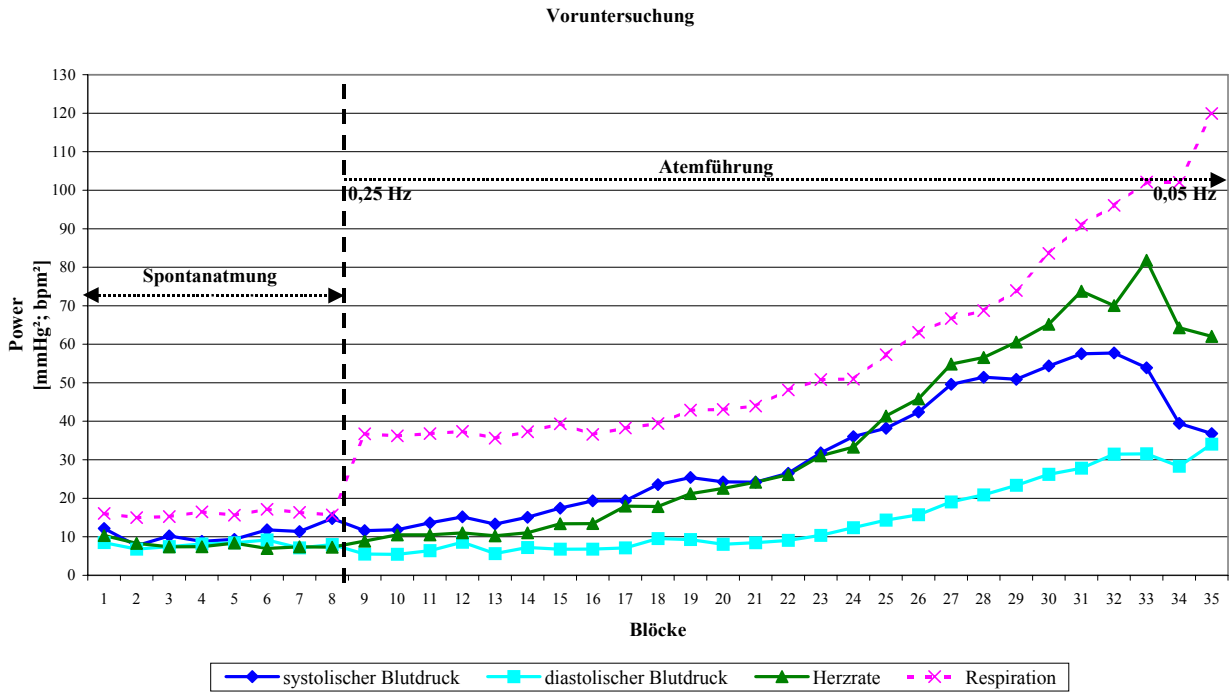

Abbildung 6: Darstellung des Powerverlaufes der Atmung und der Herzkreislauf-Signale bei der Voruntersuchung

Die in den Abbildungen dargestellten Signale sind die Atmung (Respiration), der systolische Blutdruck, der diastolische Blutdruck und die Herzrate.

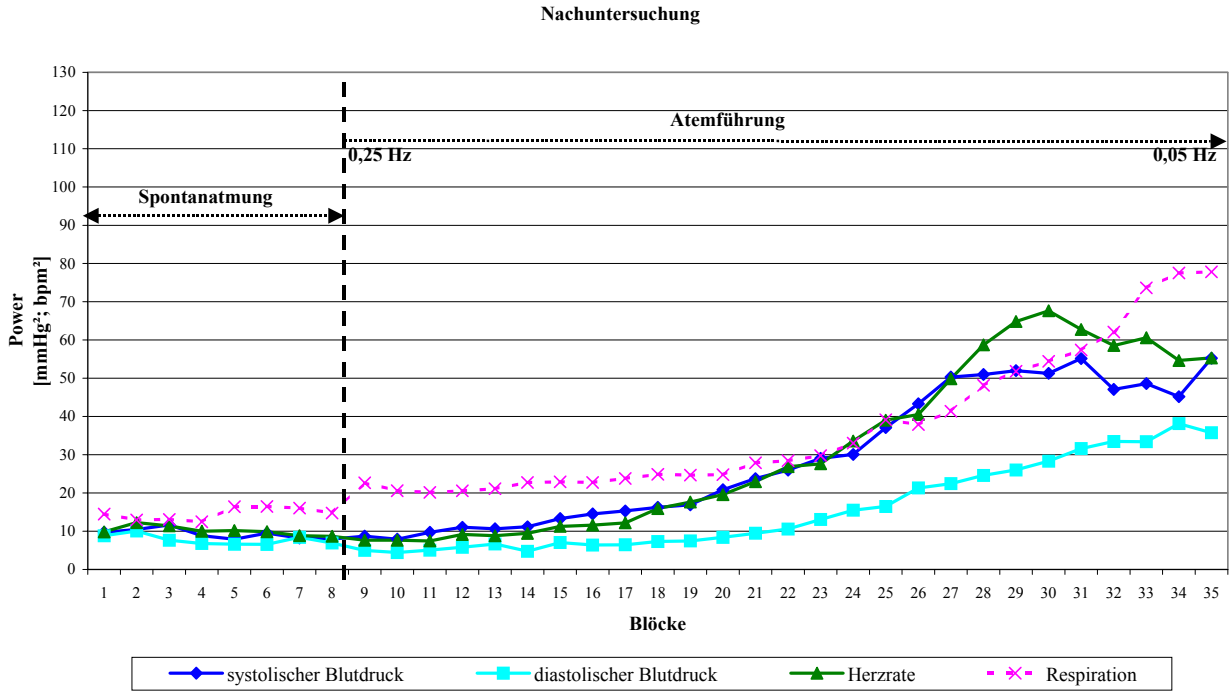

Abbildung 7: Darstellung des Powerverlaufes der Atmung und der Herzkreislauf-Signale bei der Nachuntersuchung

Das Atemsignal wurde mit einem Sensor gemessen, der aus einem einfachen elektrischen Widerstand bestand und der seinen Wert temperaturabhängig veränderte. Unter den Nasenlöchern angebracht, erwärmte er sich bei der Ausatmung und der Widerstandswert nahm ab. Bei konstanter Erwärmungs- und Auskühldauer, also konstanter Atemfrequenz, kann die Power des Atemsignals mit dem Luftvolumen eines Atemzuges in Verbindung gebracht werden. Da die Atemfrequenzen zu beiden Messzeitpunkten während der Spontanatmungsphase annähernd konstant und gleich groß waren, konnten die Powerwerte verglichen werden. Die Betrachtung der Power der Herzkreislauf-Signale während der Spontanatmung war von Interesse, da in dieser Phase eventuelle Veränderungen im nicht kontrollierten alltagsnahen Verhalten des Herzkreislauf-Systems aufgezeigt werden konnten.

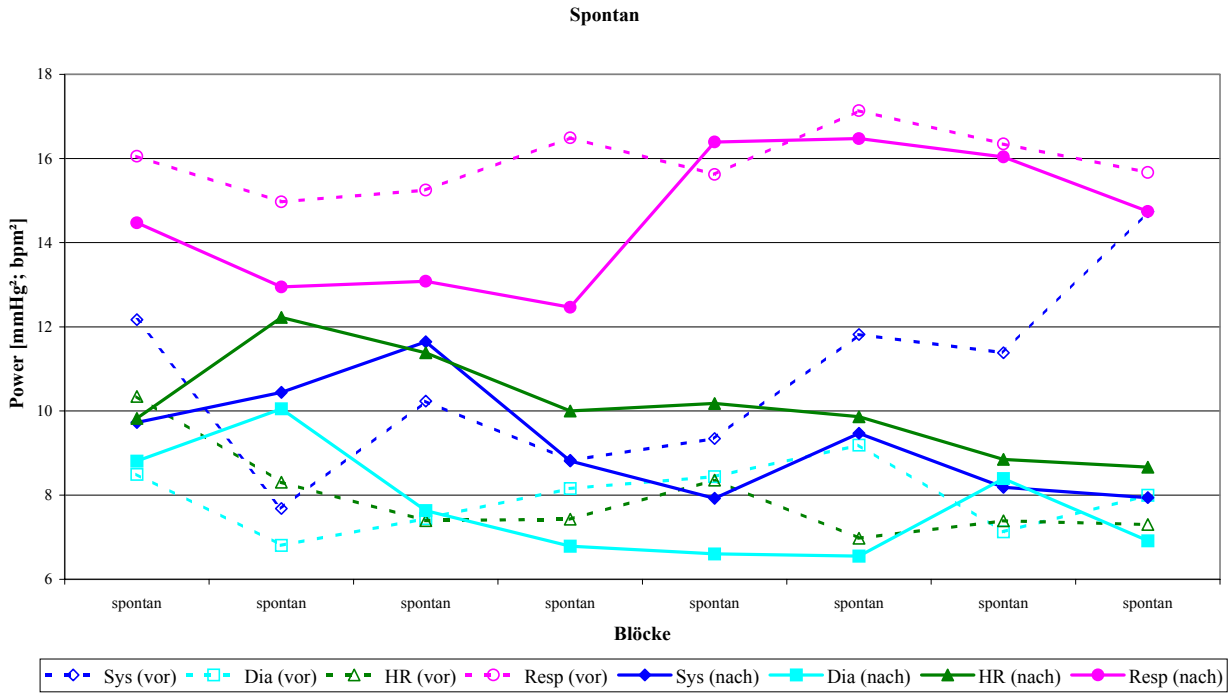

Abbildung 8: Darstellung der Powerverläufe in der Phase der spontanen Atmung für beide Messzeitpunkte

Abbildung 8 zeigt die Phase der Spontanatmung in einer höheren Auflösung, so dass die Unterschiede der Power der Signale besser erkennbar sind. Der erste Block wurde aus denselben Gründen wie bei der Frequenzanalyse nicht berücksichtigt. Der Werteverlauf der Atmungspower war bei der Voruntersuchung annähernd konstant. Zu Anfang der zweiten Messung lagen die Power-Werte um etwa zwei Einheiten niedriger als bei der Voruntersuchung. Ab dem fünften Block stiegen sie auf Werte, die von der Größenordnung mit denen der Voruntersuchung vergleichbar waren. Der Verlauf der Power-Werte für die Herzkreislauf-Signale war nicht einheitlich. So stieg die Power des systolischen Blutdrucks bei der Voruntersuchung tendenziell mit fortschreitender Messdauer an, während sie bei der Nachuntersuchung eher abfiel. Die Verläufe des diastolischen Blutdrucks von Vor- und Nachuntersuchung schnitten sich zweimal, bewegten sich aber etwa auf dem gleichen Niveau, so dass kein eindeutiger Unterschied zwischen den beiden Messungen ersichtlich war. Anders verhielt es sich bei den Werten der Herzrate. Der Powerverlauf der Herzratenwerte bei der Voruntersuchung befand sich permanent unter dem der Nachuntersuchung. Die Herzratenvariabilität war in der Spontanatmungsphase nach dem Yoga-Kurs größer als vorher. Bei der zweiten Messung waren die Amplitudenveränderungen von Herzrate und systolischem Blutdruck in den letzten drei Blöcken der Spontanatmung scheinbar proportional, wie sich aus dem parallelen Verlauf der Power-Werte schließen ließ. Bei der Voruntersuchung waren die Powerverläufe dieser beiden Signale nie so aneinander gekoppelt, wie es oben für die Nachuntersuchung beschrieben wurde. Da die Atemfrequenzen zwischen

beiden Messzeitpunkten während der Spontanatmung vergleichbar waren, könnte diese Kopplung bereits auf eine Sensitivierung des Baroreflexes hindeuten.

Mit dem Beginn der Atemführung veränderten sich die Powerverläufe aller Signale. Das respiratorische Signal machte in seinem Verlauf mit dem Beginn der Atemführung einen Sprung auf ein höheres Niveau. Dieser Sprung fiel bei der Voruntersuchung deutlich größer aus. In der ersten Hälfte der geführten Atmung stieg das Power-Niveau der Atmung nur geringfügig an. In der zweiten Hälfte wurde der Anstieg steiler. In der Größe der Steigung im zweiten Abschnitt unterschieden sich die respiratorischen Signale der beiden Messungen. Während die Steigung bei der Voruntersuchung steiler war und die Werte bis zum letzten Block immer weiter stiegen und am Ende einen Wert von 120 Einheiten erreichten, so stieg der Werteverlauf bei der Nachuntersuchung sanfter an. Gegen Ende der zweiten Messung stabilisierten sich die Power-Werte der Atmung und überschritten die Marke von 80 Einheiten nicht. Da die Frequenzen, mit denen geatmet, wurde über beide Messungen gleich waren und die Atemführung befolgt wurde (siehe Frequenzanalyse), kann davon ausgegangen werden, dass die Probanden bei der zweiten Messung ein geringeres Luftvolumen atmeten und sich ihre Atemluft besser „einteilten“. Der Verlauf der Power-Werte des systolischen Blutdrucks begann mit dem Einsetzen der Atemführung auch langsam zu steigen. Im 27. Block erreichten die Power-Werte von beiden Messungen ein Plateau von 50 $mmHg^2$. Bei der Voruntersuchung stiegen die Werte noch einmal langsam an, um im 32. Block ihr Maximum unterhalb der Marke von 60 $mmHg^2$ zu erreichen. Danach fielen die Werte wieder bis auf etwa 35 $mmHg^2$ im letzten Block ab. Ab dem 27. Block unterschied sich der Werteverlauf der Power des systolischen Blutdrucks bei der Nachuntersuchung von dem der Voruntersuchung. Die Werte hielten das Niveau von ungefähr 50 $mmHg^2$, hatten im 31. Block noch einmal einen Gipfel mit ca. 55 $mmHg^2$, fielen danach aber nur sehr wenig ab, um im letzten Block noch einmal einen Wert von ungefähr 55 $mmHg^2$ zu erreichen. Beim diastolischen Blutdruck war der Verlauf der Power-Werte bei beiden Messungen ähnlich. Das Niveau blieb lange sehr konstant und stieg im zweiten Teil der Atemführung langsam an. Auch der Beginn des Anstiegs war in beiden Messreihen fast identisch. Die Marke von 10 $mmHg^2$ wurde bei der Voruntersuchung im 23. und bei der Nachuntersuchung im 22. Block überschritten. Die Power-Werte des diastolischen Blutdrucks waren in der zweiten Hälfte der Atemführung an die der Atmung gekoppelt. Das Niveau der Werte des diastolischen Blutdrucks scheint zwar niedriger als das der Atmung, doch sind die Einheiten nicht vergleichbar, entscheidend war die Ähnlichkeit im Werteverlauf. Dieser Zusammenhang stützte die Vermutung, dass die Schwankungen des diastolischen Blutdrucks größtenteils auf die mechanische Pumpwirkung

des Brustkorbs durch die Atembewegungen zurückzuführen war. Die Power-Verläufe der Herzrate unterschieden sich zwischen den Messzeitpunkten. In der Voruntersuchung stiegen die Power-Werte zu Anfang der Atemführung auf etwa zehn bpm^2 (beats per minute). Dieses Niveau wurde bis zum 14. Block gehalten und dann begannen die Werte zu steigen. Der Werteverlauf hatte eine eher lineare Form. Im 31. Block wurde ein erstes Maximum bei fast 75 bpm^2 erreicht. Der 32. Wert lag wieder etwas niedriger, wohingegen im 33. Block mit über 80 bpm^2 das absolute Maximum erreicht wurde. Danach fielen die Werte auf etwas mehr als 60 bpm^2. Der erste Unterschied im Verlauf der Herzraten-Power-Werte bei der Nachuntersuchung zeigte sich in einem leichten Abfall des Niveaus zu Beginn der Atemführung. Ab dem 11. Block stiegen die Werte langsam wieder an und überschritten, wie bei der Voruntersuchung die Marke von 10 bpm^2 im 15. Block. Danach war der Anstieg steiler, blieb aber unter dem der Voruntersuchung. Das Maximum im 30. Block maß keine 70 bpm^2 und wurde nicht so abrupt erreicht wie bei der Voruntersuchung. Danach fielen die Power-Werte ab und hielten sich bei etwa 55 bpm^2. Die Power-Verläufe von Herzrate und systolischem Blutdruck waren in beiden Messungen bis zum 27. und 28. Block eng aneinander gekoppelt. Bei der Nachuntersuchung lagen die Verläufe enger beieinander. Sie näherten sich zum Ende der Messung, als sie sich auf ein konstantes Niveau einpendelten, einander an. Bei der Voruntersuchung fielen die Werte beider Signale zum Ende deutlicher ab und die Verläufe klafften weit auseinander.

Bei der Nachuntersuchung schienen Herzrate und systolischer Blutdruck sowohl bei der spontanen Atmung als auch während der Atemführung stärker aneinander gekoppelt zu sein als bei der Voruntersuchung.

3.2.2 Deskriptivstatistik

Aus den mit dem Colin-Messgerät aufgezeichneten Daten lassen sich – wie im Methodenteil beschrieben – Sequenzen bestimmen, bei denen die Dauer der Interbeatintevalle und das Niveau des systolischen Blutdrucks bei aufeinanderfolgenden Herzschlägen zunahmen. Daraus wurden Indizes für die Baroreflex-Sensitivität bestimmt. Problematisch war, dass die Anzahl der Sequenzen in den verschiedenen Datensätzen stark unterschiedlich war. So wurden in 75 Messungen 4893 Sequenzen gefunden. Dies entsprach im Mittel etwa 65,24 Sequenzen pro Datensatz. Allerdings betrug das Minimum neun Sequenzen in einem Messdurchgang, wogegen das Maximum bei 124 Sequenzen lag. Aus Abbildung 9, die die Verteilung der Sequenzanzahl über die verschiedenen Messungen darstellt, ist ersichtlich,

dass die Messreihen auf einer sehr unterschiedlichen Datenbasis beruhten, was bei der Auswertung der Baroreflex-Sensitivität berücksichtigt werden musste.

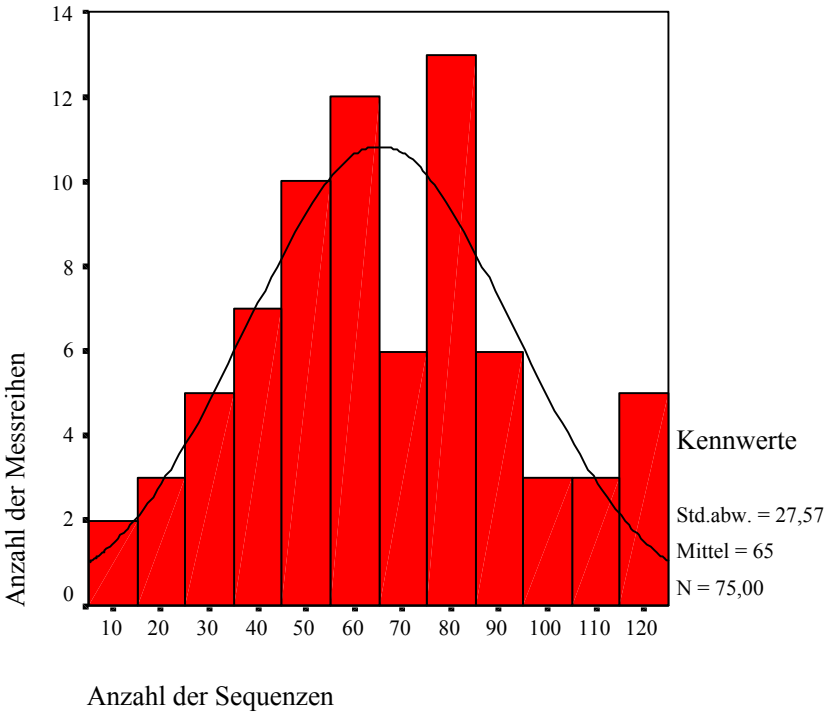

Abbildung 9: Verteilung der Sequenzen über alle Datensätze (Vor-, Nachuntersuchung und Abbrecher)

Darüber hinaus musste berücksichtigt werden, dass die Baroreflex-Sensibilität von der Atemfrequenz abhängig ist. Um dies zu veranschaulichen, wurden die Sequenzen bezüglich des Zeitpunktes ihres Auftretens auf das Blocksystem, welches bei der Frequenz- und Poweranalyse verwendet wurde, aufgeteilt (Abbildung 10). Dabei war zu beachten, dass aufgrund der Überlappung der Blöcke, fast alle Sequenzen zwei Blöcken zugewiesen wurden. Für jeden Datensatz wurden die Baroreflex-Indizes der Sequenzen innerhalb eines Blocks, sofern Sequenzen in diesem vorhanden waren, gemittelt. So entstanden Baroreflex-Sensitivitäts-Verläufe über den Zeitraum der Messung, die für die letzten 15 Minuten der Messung in Abhängigkeit von der Atemfrequenz standen. Dann wurden die einzelnen Blockmittelwerte der Messreihen zu einem Gesamtmittel für den jeweiligen Block zusammengefasst. Zur Erinnerung sei hier noch einmal darauf hingewiesen, dass nicht jeder Proband in jedem Block eine Sequenz produzierte. Oben geschildertes Vorgehen, die Zusammenfassung der Blockmittel der Probanden zu einem Gesamtblockmittel, entsprach einer Gewichtung, die notwendig war, um zu verhindern, dass die Verläufe aus Messreihen mit vielen Sequenzen den Verlauf der Gesamtmittel dominierten und verzerrten, was der Fall gewesen wäre, wenn über alle Sequenzen gemittelt worden wäre. Vereinzelt gab es Baroreflex-Sensibilitäts-Indizes, deren Werte 100 und sogar 200 Einheiten überschritten. Das

Auftreten solcher Werte war unwahrscheinlich und es war anzunehmen, dass sie von Herzschlagaussetzern herrührten. Da diese Sequenzen großen Einfluß auf die Blockmittel hätten nehmen können, wurden sie nicht in die Auswertung mit einbezogen. Dieser Einschränkung fielen nur sehr wenige Werte zum Opfer, da das 99,5%-Perzentil über die Baroreflex-Sensitivitäts-Indizes aller Sequenzen 81,73 mSec/mmHg betrug.

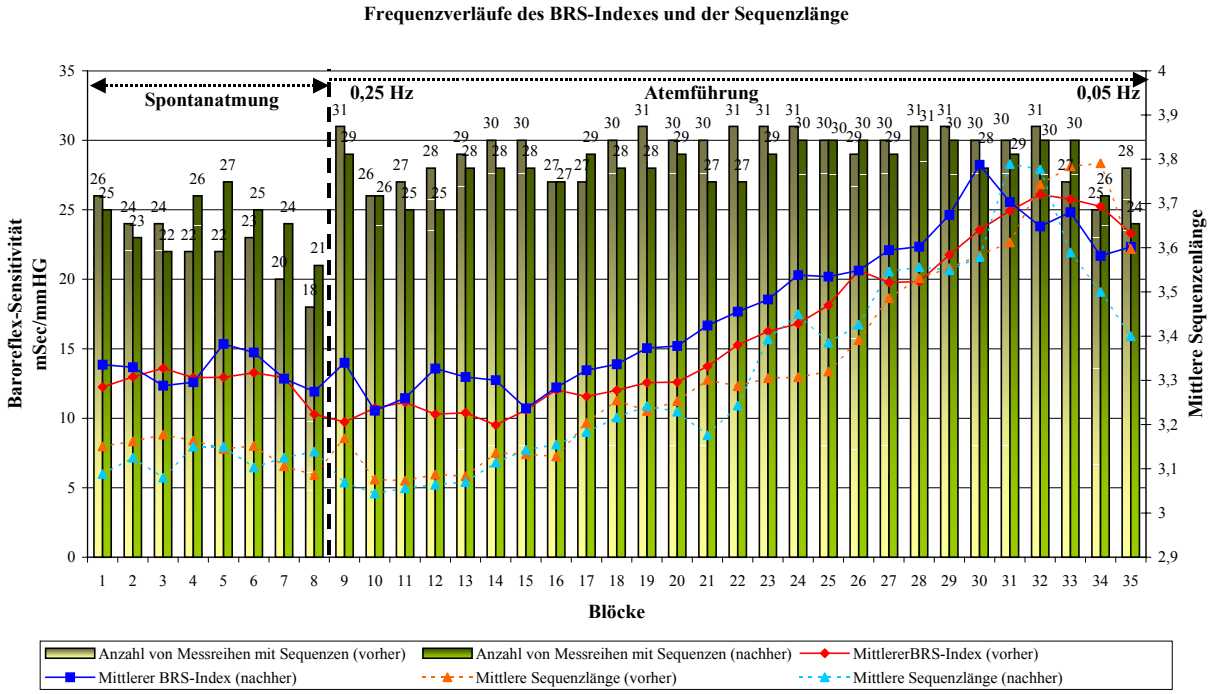

Abbildung 10: Verlauf der BRS-Mittel und der Anzahl von Messreihen mit Sequenzen, sowie die mittlere Länge der Sequenzen bei der Vor- und Nachuntersuchung über die Blöcke

Am Verlauf der Kurven in Abbildung 10 zeigt sich die Frequenzabhängigkeit der Baroreflex-Sensitivität und der Sequenzlänge. Die Balken im Diagramm zeigen an, bei wie vielen der 31 Probanden eine Sequenz in dem jeweiligen Block gefunden wurde. Dass auch das Auftreten von Sequenzen frequenzabhängig ist, illustriert Abbildung 23 im Diskussionsteil. In der Poweranalyse zeigte sich, dass die Variabilitäten von Herzrate und systolischem Blutdruck ihre Maxima in den Blöcken 27 bis 33 erreichten und danach wieder abfielen. Dies entsprach einem Frequenzbereich von 0,122 Hz bis 0,065 Hz (siehe Tabelle 6). Dieses Muster wiederholte sich bei der Baroreflex-Sensitivität und bei der Sequenzlänge. Die Anzahl der Sequenzen erreichte ihr Maximum vor diesem Zeitpunkt, wie die Balken in Abbildung 10 andeuten.

Der Verlauf der Baroreflex-Sensibilität unterschied sich zwischen Vor- und Nachuntersuchung. Meistens lagen die BRS-Mittel der Nachuntersuchung über denen der ersten Messung. Nur zum Ende nach Überschreiten der Maxima verliefen die Werte der zweiten Messung in mehreren aufeinanderfolgenden Blöcken unterhalb derer der

Voruntersuchung. Die mittleren Sequenzlängen hatten bei beiden Messungen etwa dasselbe Niveau, und ihre Maxima unterschieden sich nur in der Lokation, die sich anscheinend nach dem Maximum der Baroreflex-Sensitivität richtete.

Auffallend war die höhere Anzahl von Sequenzen während der Atemführung (Abbildung 23 im Diskussionsteil). Es gab einige Messreihen, in denen während der spontanen Atmung keine Sequenzen gefunden wurden. In Block 9, in dem die Atemführung begann, zeigten sich außergewöhnlich viele Sequenzen, was nicht in das Frequenzmuster passte. Folglich scheint das Auftreten von Sequenzen durch rhythmische, gleichmäßige Atmung begünstigt zu werden.

3.2.3 Inferenzstatistik

Ziel der Signifikanztestung war es, die Hypothese, die eine Steigerung der Baroreflex-Sensibilität durch Yoga-Training vorhersagte, zu prüfen. Dabei galt es zu beachten, dass es nicht sinnvoll war, einen mittleren BRS-Index für jeden Probanden aus den BRS-Indizes der einzelnen Sequenzen einer jeden Messreihe zu bilden, da – wie im vorherigen Abschnitt dargestellt – zum einen die Datenbasen der Messreihen stark unterschiedlich waren und die Anzahl der Sequenzen pro Messreihe sehr differierte. Zum anderen häuften sich die Sequenzen in bestimmten Abschnitten und die Baroreflex-Sensitivität war frequenzabhängig. Bei Messreihen mit wenigen Sequenzen wäre der BRS-Index überschätzt worden, weil diese Sequenzen vornehmlich in Bereichen höherer Baroreflex-Sensitivität gelegen hätten. Illustriert wird dies durch die Säulen in Abbildung 10, die anzeigen wie viele Messreihen in diesem Block eine Sequenz aufwiesen sowie der Abbildung 23 (im Diskussionsteil), welche die gesamte Anzahl an Sequenzen in einem Block angibt, und den Einzeldarstellungen auf der CD im Anhang.

Um die Hypothese zu testen, musste eine Anordnung der Daten gewählt werden, die es ermöglichte, die Baroreflex-Indizes in Abhängigkeit der Atemfrequenz zu überprüfen. Deshalb wurde ein Vergleich der mittleren BRS-Indizes zwischen den einzelnen Blöcken durchgeführt. Die Frequenzanalyse hatte gezeigt, dass die Atemfrequenzen in der Phase der spontanen Atmung zwischen den beiden Messungen und den einzelnen Blöcken sich etwa auf gleichem Niveau befanden. Deshalb waren die BRS-Indizes dieser Blöcke ebenfalls miteinander vergleichbar. Als Test für die statistische Signifikanz wurde ein t-Test für gepaarte Stichproben verwendet, der die mittleren BRS-Indizes der einzelnen Blöcke zwischen der Vor- und der Nachuntersuchung verglich. Die mittleren BRS-Indizes eines

Blockes setzten sich aus den BRS-Indizes der einzelnen Probanden für diesen Block zusammen. Diese wiederum waren die Mittel der BRS-Indizes aller Sequenzen der Messreihe, die in den jeweiligen Block fielen. So wurde die gesamte Datenbasis unter Berücksichtigung der Frequenzabhängigkeit der Baroreflex-Sensitivität und der ungleichen Verteilung der Sequenzen genutzt.

Tabelle 7: t-Test für gepaarte Stichproben zwischen den mittleren BRS-Indizes der Blöcke bei der Vor- und Nachuntersuchung

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
-1,3480	1,8476	,3123	-1,9826	-,7133	-4,316	34	0,000

Vorraussetzung für die Durchführung eines t-Tests für gepaarte Stichproben ist die Normalverteilung der Merkmalsvariablen. Bei einem Stichprobenumfang von mehr als 29 Untersuchungseinheiten ($N > 29$) kann diese Vorraussetzung als erfüllt angesehen werden und muss nicht extra überprüft werden (Bortz, 1999).

Die Korrelation der Blockmittel zwischen der Vor- und der Nachuntersuchung betrug $r = 0{,}938$ und war hochsignifikant ($p < 0{,}001$). Dies unterstrich nocheinmal den spezifischen Werteverlauf und damit die Frequenzabhängigkeit der Baroreflex-Sensitivität. Tabelle 7 stellt die Ergebnisse des Signifikanztests dar. Für die einseitige Hypothese musste der Signifikanzwert halbiert werden (Diehl & Staufenbiel, 2001). Der Unterschied war auf dem Niveau $p < 0{,}001$ signifikant und die Hypothese 1, welche eine Steigerung der Baroreflex-Sensitivität durch Yoga-Training vorhersagte, konnte bestätigt werden. Der gefundene Effekt beträgt nach der Formel $d = t / \sqrt{df} = -0{,}74$ (Rosenthal, 1991). Das Vorzeichen ist zu vernachlässigen, da es nur die Reihenfolge der in die Berechnung eingegangenen Variablen widerspiegelt.

3.3 Absorptionsfähigkeit

Die Absorptionsfähigkeit war mit der TAS (*Tellegen Absorption Scale*) gemessen worden. Da bei der Absorptionsfähigkeit geschlechtsspezifische Unterschiede bestehen, werden die Ergebnisse für die Gesamtstichprobe sowie für die Teilstichproben der Männer und der Frauen berichtet. Ein Proband wurde von der Auswertung ausgeschlossen, da die Messwerte auf unerwünschte Einflussfaktoren hindeuteten, wie sie situationsbedingt auftreten können

(Ritz, Maß & Dahme, 1993). Bei dieser Versuchsperson fiel der TAS-Wert von 106 Punkten, dem höchsten Wert bei der Vormessung auf 54 Punkte bei der Nachmessung.

3.3.1 Deskriptivstatistik

Die Absorptionsfähigkeit wird als Persönlichkeitseigenschaft angesehen (Ritz, Maß & Dahme, 1993) und ist in ihrer Ausprägung als zeitlich stabil zu betrachten. Da erwartet wurde, dass es durch die Intervention zu einer Zunahme an Absorptionsfähigkeit kommt, wird die Stichprobe zu beiden Messzeitpunkten beschrieben.

Voruntersuchung

Tabelle 8:TAS-Kennwerte der Voruntersuchung

Messzeit-punkt	SEX	N	Mittelwert	Median	Standardfehler des Mittelwertes	Minimum	Maximum	Standard-abweichung
t_0	**weiblich**	23	65,91	64,00	3,00	36	97	14,37
	männlich	7	57,14	57,00	7,96	34	93	21,06
	Insgesamt	30	63,87	63,00	2,96	34	97	16,21

Von den 30 Probanden, deren Messwerte in die Auswertung eingingen, waren 7 männlich. Es wurde ein mittlerer TAS-Wert von 63,87 Punkten gemessen. Bei den Männern lag der Mittelwert bei 57,14 Punkten und bei den Frauen bei 65,91 Punkten. Der Maximalwert hatte eine Höhe von 97 Punkten (Männer 93 Punkte) und der Minimalwert von 34 Punkten (Frauen 36 Punkte). Weitere Verteilungskennwerte sind der Tabelle 8 zu entnehmen.

Nachuntersuchung

Tabelle 9: TAS-Kennwerte der Nachuntersuchung

Messzeit-punkt	SEX	N	Mittelwert	Median	Standardfehler des Mittelwertes	Minimum	Maximum	Standard-abweichung
t_1	**weiblich**	23	69,13	69,00	3,11	42	100	14,92
	männlich	7	58,71	63,00	7,87	26	89	20,82
	Insgesamt	30	66,70	68,50	3,05	26	100	16,69

Zum zweiten Messzeitpunkt wurde ein Mittelwert von 66,70 Punkten gemessen. Bei den Männern lag der Wert bei 58,71 und bei den Frauen bei 69,13 Punkten. Der maximale Wert betrug 100 Punkte (Männer 89 Punkte) und der minimale Wert 26 Punkte (Frauen 42 Punkte).

In der obigen Tabelle sind weitere Verteilungskennwerte zum zweiten Messzeitpunkt enthalten.

Vergleich mit der Normstichprobe

Ritz und Dahme (1995) haben eine Untersuchung durchgeführt, um Normkennwerte für die deutsche Form des TAS zu ermitteln. In einer Stichprobe mit N = 252 Probanden ermittelten sie einen Mittelwert von 60,05 Punkten, der mit dem Geschlecht variierte. Bei der Gruppe der Frauen (N = 121) war der Mittelwert 66,29 Punkte, die Standardabweichung betrug 19,45 Punkte und die Extremwerte lagen bei 23 und 115 Punkten. Für die Subgruppe der Männer (N = 131) wurden ein Mittelwert von 55,37 Punkten, eine Standardabweichung von 19,91 und Extremwerte von 14 und 110 Punkten berichtet.

Die Stichprobe in der vorliegenden Studie entsprach in ihrer Kennwertverteilung der Normstichprobe. Der Mittelwert lag zwar etwas höher, wich aber nicht weit vom Mittelwert der Normstichprobe ab. Die Geschlechtsunterschiede im TAS-Wert zeigten sich in der vorliegenden Studie ebenfalls, auch die Größe dieser Unterschiede war vergleichbar. Das Spektrum, über das die Werte streuten, war in dieser Untersuchung kleiner, allerdings war der Stichprobenumfang mit N = 30 auch viel geringer. Diese Überlegungen gelten auch für die Werte, die bei der Nachuntersuchung erhoben wurden, so dass davon ausgegangen werden konnte, dass die untersuchte Stichprobe bezüglich der Absorptionsfähigkeit repräsentativ war.

Retestreliabilität bei dieser Untersuchung

Wie oben schon angemerkt wurde, ist die Absorptionsfähigkeit als Persönlichkeitsmerkmal aufzufassen und als solches als zeitlich stabil anzusehen. Aus diesem Grund bot es sich an, die Retestreliabilität zwischen den beiden Messzeitpunkten zu berechnen. Die Retestreliabilität der Normuntersuchung lag bei $r_{tt} = 0{,}64$ (Ritz & Dahme, 1995). Für diese Untersuchung ist eine Korrelation von $r_{tt} = 0{,}81$ gefunden worden. Würde die ausgeschlossene Person mit in die Berechnung einbezogen, so belief sich die Korrelation nur noch auf $r_{tt} = 0{,}67$.

3.3.2 Inferenzstatistik

Um festzustellen, ob sich die TAS-Werte signifikant erhöht hatten, wurde ein t-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt. Die mit dem SPSS-Programm bestimmten Ergebnisse der Analyse sind in der Tabelle 10 dargestellt. Die Voraussetzung der Normalverteilung war bei dem vorhandenen Stichprobenumfang gegeben (Bortz, 1999).

Tabelle 10: t-Test für gepaarte Stichproben (TAS-Werte vor und nach dem Yoga-Kurs)

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
-2,8333	10,1780	1,8582	-6,6339	,9672	-1,525	29	0,138

Da die Hypothese einseitig formuliert war, muss der Signifikanzwert halbiert werden (Diehl & Staufenbiel, 2001). So betrug der Signifikanzwert 0,069 und der Test blieb insignifikant. Die Effektstärke wurde mit der Formel $d = t/\sqrt{df} = -0,28$ berechnet (Rosenthal, 1991). Das Vorzeichen beruht auf der Reihenfolge der Eingabe der Variablen und kann vernachlässigt werden. Für diesen Effekt resultiert bei dem gegebenen Stichprobenumfang von $N = 30$ und einem α-Fehlerniveau von 0,05 eine Teststärke von $(1-\beta) = 0,44$ (Buchner, Erdfelder & Faul, 1996; Faul & Erdfelder, 1992).

3.3.3 Zusammenhang zwischen Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität

Die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit war eine der Kernfragen dieser Untersuchung. Wenn ein solcher Zusammenhang besteht und durch Yoga-Training die Baroreflex-Sensibilität steigt, so gäbe es einen Erklärungsansatz für die Veränderungen der Persönlichkeit, die durch Yoga-Praxis hervorgerufen werden. Denn die Absorptionsfähigkeit, eine Persönlichkeitseigenschaft, wiese dann eine gemeinsame Variation mit der Baroreflex-Sensitivität auf.

Da davon ausgegangen werden musste, dass die Baroreflex-Sensitivität von der Atemfrequenz abhängig ist und deshalb nicht über den Messzeitraum konstant war, bestanden mehrere Möglichkeiten einen Zusammenhang zu untersuchen. Für die Absorptionsfähigkeit konnten die TAS-Werte des jeweiligen Messzeitpunktes verwendet werden. Die Wahl der Indizes für die Baroreflex-Sensitivität bot mehrer Alternativen. Gesucht wurden Indizes, die repräsentativ für die Baroreflex-Sensitivität waren und einen Bezug zwischen den einzelnen Subjekten herstellten. Als problematisch erwies sich die Frequenzabhängigkeit der Baroreflex-Sensitivität und die sehr unterschiedliche Anzahl von Sequenzen innerhalb der Messreihen. Eine Möglichkeit, einen solchen Index zu wählen, war der minimale oder der maximale BRS-Index einer Messreihe. Diese Werte sind unabhängig vom Zeitpunkt des Auftretens und sie wären robust gegen interindividuelle Unterschiede im frequenzabhängigen Verlauf der BRS-Indizes. Eine andere Möglichkeit besteht darin, einen Messabschnitt zu bestimmen, in dem alle Messreihen eine vergleichbare Wertdichte aufweisen. Auf dieser Basis kann ein

Referenzwert – beispielsweise Median oder Mittelwert aller BRS-Indizes im gewählten Abschnitt – gebildet werden.

Die dritte aufgestellte Hypothese sagte einen proportionalen Anstieg von Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit vorher. Um sie zu prüfen, wurden die Differenzen von Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit miteinander korreliert. Für die Baroreflex-Sensitivität wurden drei Indizes ausgewählt und getrennt voneinander ausgewertet. Bei diesen Indizes handelte es sich um das Minimum und das Maximum, sowie den Mittelwert der Blockmittel der Blöcke 24-35. Das Mitteln der Blockmittel entspricht einer Gewichtung, die verhindern soll, dass Blöcke die mehr Sequenzen enthalten dominant werden. Die Wahl des Zeitabschnitts wurde durch die Datenbasis begründet. In diesem Abschnitt wiesen alle Messreihen in mindestens zwei Dritteln der Blöcke Sequenzen auf, so dass der gebildete Index die Messreihen vergleichbar machte.

Tabelle 11: Korrelationen der Differenzen verschiedener BRS-Indizes und der TAS-Werte zwischen Vor- und Nachuntersuchung

Korrelationen				
		Differenz des gemittelten Index aus den Blöcken 24-35	**Differenz des absoluten Minimums aller BRS-Indizes**	**Differenz des absoluten Maximums aller BRS-Indizes**
Differenz der TAS-Werte	**Korrelation nach Pearson**	,248	,230	,280
	Signifikanz (2-seitig)	,178	,212	,127
	N	31	31	31

Tabelle 11 zeigt das keine der berechneten Korrelationen signifikant wurde. Hypothese 3 musste abgelehnt werde.

Um zu untersuchen, ob überhaupt ein Zusammenhang zwischen der Baroreflex-Sensitivität und der Absorptionsfähigkeit besteht, wurden die einzelnen BRS-Indizes mit den TAS-Werten nach Messzeitpunkten getrennt korreliert.

Tabelle 12: Korrelation zwischen den Werten der TAS und dem Minimum und Maximum der BRS-Indizes, sowie dem Mittelwert der Blockmittel der BRS-Indizes der Blöcke 28-32

		TAS	
		vorher	**nachher**
Minimum aller BRS-Indizes	**Korrelation nach Pearson**	,157	,559(**)
	Signifikanz (2-seitig)	,398	,001
	N	31	31
Maximum aller BRS-Indizes	**Korrelation nach Pearson**	,030	,201
	Signifikanz (2-seitig)	,872	,277
	N	31	31
Mittelwert der Blockmittel der Blöcke 24-35	**Korrelation nach Pearson**	,066	,337
	Signifikanz (2-seitig)	,724	,063
	N	31	31
** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.			

Insgesamt sind zur Überprüfung des Zusammenhang von Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität sechs Korrelationen berechnet worden. Um ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0{,}05$ aufrecht zu erhalten, muss eine einzelne Korrelation nach einer Bonferoni-Korrektur (Bortz, 1999) auf einem Niveau von $\alpha' = \alpha/m = 0{,}005$ signifikant werden. Dies trifft nur für die Korrelation zwischen dem TAS-Wert und dem Minimum der BRS-Indizes bei der Nachuntersuchung zu. Alle anderen Korrelationen haben nicht einmal einen Signifikanz-Wert von $p < 0{,}05$ unterschritten. Ein Zusammenhang konnte also nur bei der Nachuntersuchung gezeigt werden, so dass nicht von einem allgemeinen Zusammenhang zwischen Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit ausgegangen werden kann.

3.4 Gesundheit

Der Gesundheitszustand der Versuchsteilnehmer wurde mit dem Evaluationsinstrumentarium für das autogene Training von Krampen (1991) erfasst. Dabei fand einmal die Symptomliste für einen vorher-nachher Vergleich Verwendung. Diese gliedert sich in sechs Subskalen, aus denen ein Gesamtwert berechnet wurde. Darüber hinaus wurden nach dem Kurs die erlebten Veränderungen mit einem weiteren dafür konzipierten Fragebogen erhoben. Dieser Fragebogen erfasste anhand von zwölf Items, wie stark die erlebten Veränderungen bezüglich

der Entspannung und des Wohlbefindens auf die Intervention zurückgeführt wurden (Krampen, 1991).

3.4.1 Deskriptivstatistik

Zunächst werden die Daten, die mit der Symptomliste erhoben worden sind, durch ihre statistischen Kennwerte beschrieben. Anschließend folgt eine Beschreibung der Daten des Veränderungsfragebogens.

Symptomliste

Die Kennwerte der Symptomliste zu beiden Messzeitpunkten sind in Tabelle 13 dargestellt. Es werden die Werte auf den einzelnen Subskalen der änderungssensitiven Symptomliste und der Gesamtwert berichtet. Das Augenmerk bei der Betrachtung dieser Daten war auf die Differenz der Messwerte zwischen beiden Messzeitpunkten gerichtet.

Der Mittelwert der Symptomliste sank zwischen den beiden Messzeitpunkten um mehr als 11 Punkte. Mit 15 Punkten war der Abfall des Medianes sogar noch größer. Da Standardfehler und Standardabweichung zu beiden Messzeitpunkten vergleichbar waren, kann davon ausgegangen werden, dass bei dem großen Teil der Versuchspersonen die Anzahl und Intensität der berichteten Symptome zurückgegangen ist. Ein Vergleich der Extremwerte über beide Messzeitpunkte zeigte, dass es vereinzelt auch eine Zunahme der Symptome gegeben hatte. Auf allen Subskalen präsentierte sich ein ähnliches Bild. Mittelwert und Median nahmen ebenfalls ab, wobei Standardfehler und Standardabweichung über beide Messungen in ihrer Größenordnung konstant blieben. Zum zweiten Messzeitpunkt wurden also insgesamt und auf allen Subskalen weniger Symptome berichtet als zu Beginn des Yoga-Kurses.

Tabelle 13: Verteilungskennwerte der Symptomliste des AT-EVA

Kennwerte	Er-schöpfung		An-spannung		Dysre-gulation		Leistung		Schmerz		Selbstbe-stimmung		GESAMT	
Messzeitpunkt	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1
N	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Mittelwert	13,45	10,90	10,94	8,45	6,16	5,26	10,90	9,48	6,06	5,19	9,94	7,13	57,52	46,42
Median	13,00	10,00	10,00	7,00	6,00	4,00	12,00	9,00	6,00	5,00	10,00	7,00	57,00	42,00
Standardfehler des Mittelwertes	,76	,76	,89	,76	,59	,57	,74	,71	,61	,60	,76	,57	3,14	3,21
Standard-abweichung	4,21	4,21	4,93	4,23	3,28	3,17	4,13	3,95	3,41	3,33	4,21	3,15	17,51	17,88
Minimum	5	2	4	3	2	1	5	1	1	0	1	2	23	24
Maximum	24	21	23	21	14	16	18	19	15	17	18	16	87	109

Mittelwert und Median lagen auf allen Variablen und zu beiden Messzeitpunkten dicht beieinander. Ausnahmen bildeten lediglich die Leistungsschwierigkeiten zum Zeitpunkt t_0 und die psychophysiologische Dysregulation zum Zeitpunkt t_1. Im ersten Fall betrug der Wert für das untere Quartil 7 Punkte, während das obere Quartil mit 14 Punkten viel näher am Median (12 Punkte) lag. Daraus konnte gefolgert werden, dass mehrere Probanden mit ihren Punktwerten für die Subskala Leistungsschwierigkeiten im unteren Bereich einzuordnen waren, wogegen nur wenige Messwerte in den oberen Bereich fielen. Im Fall der Dysregulation erreichten die Quartile Werte von 4 und 6 Punkten, wobei der Median ebenfalls 4 Punkte betrug. D. h. der Wert 4 trat gehäuft auf und es gab einige Ausreißer im oberen Bereich der Skala, die den Mittelwert nach oben zogen. Diese Annahme wurde durch den Maximalwert von 16 Punkten gestützt.

Insgesamt zeigte sich über alle Skalen ein sehr homogenes Bild der Werteverläufe, welches sich im Gesamtwert widerspiegelte.

Veränderungsfragebogen zum Entspannungserleben und Wohlbefinden

Dieser Fragebogen erfasste, mit zwölf Items, die subjektiv erlebten Veränderungen während des Yoga-Kurses. In Tabelle 14 sind die Kennwerte für alle Items und für den Gesamtwert aufgeführt. Maximal waren für ein Item 3 Punkte zu erreichen. Für den Gesamtwert konnte entsprechend ein Maximalwert von 36 Punkten erlangt werden. Die Skalen waren um die Null zentiert, so dass die Minimalwerte –3 Punkte auf Itemebene und –36 Punkte insgesamt annehmen konnten.

Der Gesamtmittelwert war mit 10,00 Punkten deutlich positiv. Die Mittelwerte der einzelnen Items lagen ebenfalls alle im positiven Bereich. Auch die Werte der Mediane und der unteren Quartile fielen in keinem Fall unter den Nullpunkt, wogegen die Minimalwerte der einzelnen

Items auch negative Werte annahmen. Insgesamt bestand jedoch eine Tendenz, die auf den Kurs attribuierten Veränderungen als positiv zu bewerten. Der Gesamtwert keines Probanden war kleiner als Null.

Tabelle 14: Verteilungskennwerte für den Veränderungsfragebogen des AT-EVA (N = 31)

	Mittelwert	Standardfehler	Standard-abweichung	Median	Minimum	Maximum	Unteres Quartil	Oberes Quartil
Ich kann mich besser körperlich entspannen.	1,32	,17	,94	1,00	0	3	1,00	2,00
Ich kann besser abschalten und mich erholen.	1,03	,16	,87	1,00	-1	3	1,00	2,00
Ich fühle mich insgesamt gesünder.	1,26	,17	,96	1,00	-1	3	1,00	2,00
Ich bin weniger besorgt, wenn ich an die Zukunft denke.	,45	,13	,72	0	0	2	0	1,00
Ich fühle mich ruhiger und ausgeglichener.	,97	,14	,75	1,00	-1	3	1,00	1,00
Ich schlafe besser.	,71	,19	1,04	1,00	-2	3	0	1,00
Ich nehme weniger Medikamente.	,19	,13	,70	0	-1	3	0	0
Ich habe mehr Ausdauer und gebe nicht so schnell auf.	,61	,12	,67	1,00	0	2	0	1,00
Ich kann mich besser konzentrieren.	,55	,13	,72	0	-1	2	0	1,00
Unerwartete Ereignisse nehme ich gelassener hin.	,55	,15	,81	0	0	3	0	1,00
Ich fühle mich wohler.	1,42	,14	,81	1,00	0	3	1,00	2,00
Ich komme mit Stress und Belastungen besser zurecht.	,94	,15	,81	1,00	0	3	0	1,00
Summe	10,00	1,24	6,88	9,00	0	29	6,00	13,00

In der linken Spalte der Tabelle sind die Items in ihrem Wortlaut wiedergegeben. Die Kennwerte sind mit SPSS Version 10.05 berechnet worden.

3.4.2 Inferenzstatistik

Krampen (1991) gibt als Auswertungshilfe seines Instrumentariums zur Evaluation des autogenen Trainings kritische Differenzen an, die er aus einer Normstichprobe gewonnen hat. Allerdings empfiehlt er bei ausreichendem Datenmaterial eine eigene inferenzstatistische Auswertung. Die Veränderungen in den Angaben bei der Symptomliste wurden, da der Stichprobenumfang ausreichend groß war, mittels eines t-Tests für gepaarte Stichproben ausgewertet. Der Veränderungsfragebogen wurde bezüglich der von Krampen angegebenen Normwerte ausgewertet.

Symptomliste

Die Signifikanztestung wurde mit einem t-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt. Von der Normalverteilung des Merkmals konnte aufgrund des Stichprobenumfangs ausgegangen werden (Bortz, 1999).

Der Test über die Veränderung des Gesamtwertes wurde mit einem p-Wert von 0,001 hoch signifikant. Der gefundene Effekt betrug $d = t/\sqrt{df} = 0{,}64$ (Rosenthal, 1991). Um ein differenzierteres Bild zu bekommen, wurden im Anschluss die einzelnen Subskalen auf signifikante Unterschiede getestet. Da es sich um eine explorative Zusatzanalyse handelte, ist auf die Fehleradjustierung verzichtet worden. Bei der Testung der Subskalen zeigten sich auch auf den Subskalen der „Erschöpfung", „Anspannung" und „Selbstbestimmung" Unterschiede, die auf dem 1%-Niveau signifikant wurden. Die Subskalen „Dysregulation" und „Leistung" lagen unterhalb des 5%-Niveau und nur die Subskala „Schmerz" blieb insignifikant. Zur Interpretation der Angaben in Tabelle 15 sei noch einmal daran erinnert, dass der Signifikanzwert für die Testung gerichteter Hypothesen, wie in diesem Fall, halbiert werden muss (Diehl & Staufenbiel, 2001).

Tabelle 15: Signifikanztest für die Symptomliste des AT-EVA

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
Erschöpfung	2,55	5,08	,91	,69	4,41	2,794	30	,009
Anspannung	2,48	4,30	,77	,91	4,06	3,219	30	,003
Dysregulation	,90	2,71	,49	-9,17E-02	1,90	1,854	30	,074
Leistung	1,42	4,15	,74	-,10	2,94	1,906	30	,066
Schmerz	,87	2,94	,53	-,21	1,95	1,649	30	,110
Selbstbestimmung	2,81	3,87	,69	1,39	4,23	4,040	30	,000
Gesamt	11,10	17,72	3,18	4,60	17,60	3,486	30	,002

Die Effekte auf den Subskalen betrugen $d = 0{,}51$ für Erschöpfung, $d = 0{,}59$ für Anspannung, $d = 0{,}34$ für Dysregulation, $d = 0{,}35$ für Leistung, $d = 0{,}30$ für Schmerz und $d = 0{,}74$ für Selbstbestimmung (berechnet nach der Formel $d = t/\sqrt{df}$, Rosenthal, 1991).

Die Veränderung auf der Subskala „Schmerz" verfehlt das Signifikanzniveau von 5 Prozent mit einem p-Wert von 0,055 nur knapp. Deshalb sei hier noch einmal auf die geringe Teststärke von $(1-\beta) = 0{,}50$ (Faul & Erdfelder, 1992) hingewiesen. Allerdings muss auch

erwähnt werden, dass keine der Differenzen zwischen Vor- und Nachuntersuchungs-Wert der Schmerz-Skala den Wert der kritischen Differenz, den Krampen (1991) berichtete, auf dem 10%-Niveau überschritt.

Der Vergleich der Gesamtwert-Differenz mit Krampens kritischen Differenzen ergab, dass bei 4 Probanden eine Überschreitung des Wertes in Richtung einer Verschlechterung bezogen auf das 5%- und das 10%-Niveau vorlag. Eine Verbesserung, bezüglich der kritischen Differenz für den Gesamtwert lag auf dem 10%-Niveau bei 21 Probanden vor. Von diesen 21 Probanden überschritten 20 auch den kritischen Wert des 5%-Niveaus.

Veränderungsfragebogen zum Entspannungserleben und Wohlbefinden

Die von Krampen (1991) angegebene kritische Differenz für zwei Testwerte beträgt 7,1 Punkte auf dem 5%-Niveau und 5,9 Punkte auf dem 10%-Niveau. Mittelwert und Median der untersuchten Stichprobe überschritten den 5%-Wert der kritischen Differenz. Auf individueller Ebene blieben sieben (23%) der Probanden unter dem 10%-Wert und 14 (45%) unter dem 5%-Wert der kritischen Differenz. Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass der Yoga-Kurs bei der Mehrheit der Probanden einen fördernden Einfluss auf das Entspannungserleben und Wohlbefinden gehabt hat, da das Stichprobenmittel die kritische Differenz überschritten hat und 55% der Teilnehmer auch mit ihren individuellen Werten über dem kritischen Wert für das 5%-Niveau lagen.

3.5 Beweglichkeit

Für die Auswertung waren die Messwerte der diagnostischen Übungen in Prozentwerte umgerechnet worden. Diese Prozentwerte bildeten einen Beweglichkeitsindex bezüglich der besten und der schlechtesten gemessenen Leistung bei einer Übung. Der Gesamtindex war der Mittelwert der Prozentwerte der sieben diagnostischen Übungen. Diese Übungen bestanden aus der Messung des Abstandes des linken und des rechten Knies zum Boden, wenn der Proband sich im Schmetterlingssitz befand. Die dritte Übung erfasste den Abstand des Handgelenks zum Boden in der Hand-Fuß-Stellung. Im Yoga-***Mudrā*** wurde der Abstand der Stirn zum Boden gemessen. Dann wurde der Drehwinkel nach links und rechts im Drehsitz erhoben. Die siebte Übung erfasste die Differenz im Brustkorbumfang zwischen der Aus- und der Einatmung. Nähere Beschreibungen dieser Übungen befinden sich im Methodenteil (Abschnitt 2.2.3).

3.5.1 Deskriptivstatistik

Bei allen 31 Versuchspersonen, die den Yoga-Kurs abgeschlossen haben, wurden Verbesserungen der Beweglichkeit festgestellt. Eine Ausnahme war die Brustkorbdehnung. Hier wies der Mittelwert bei der Nachuntersuchung einen geringeren Wert als bei der Voruntersuchung auf. Auch der Median fiel, im Vergleich zum Mittelwert, deutlich ab. Da eine Verkleinerung der Differenz des Brustkorbumfangs bei der Atmung unwahrscheinlich war, wurde davon ausgegangen, dass die Messung nicht reliabel war. Zum einen war das Bandmass, mit dem der Umfang gemessen wurde, nicht genau genug und zum anderen war die Messung über der Kleidung durchgeführt worden und diese hatte sich zu beiden Messzeitpunkten wahrscheinlich unterschieden, da die erste Messung im Herbst und die zweite Messung im Winter stattgefunden hatte. Bei den übrigen reinen Beweglichkeitsübungen sind durchweg starke Verbesserungen aufgetreten

Tabelle 16 : Beweglichkeitskennwerte

Kennwerte	Schmetterling links		Schmetterling rechts		Hand-Fuß		Yoga-mudra		Drehsitz links		Drehsitz rechts		Brustkorb dehnung		GESAMT	
Messzeitpunkt	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1	t_0	t_1
N	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Mittelwert	53,05	61,23	51,16	57,18	58,06	76,92	65,00	77,03	39,76	58,69	46,07	69,19	42,79	39,68	50,85	62,67
Median	55,17	62,07	48,28	58,81	51,35	81,64	58,70	77,17	39,13	58,70	45,65	73,51	46,67	38,89	50,61	60,96
Standard-abweichung	19,63	19,46	21,01	21,98	32,47	25,83	26,27	19,43	18,02	19,10	18,01	18,57	20,92	16,02	13,39	13,93
Standardfehler des Mittelwertes	3,52	3,49	3,77	3,94	5,83	4,64	4,71	3,48	3,23	3,43	3,23	3,33	3,75	2,87	2,40	2,50

In obiger Tabelle 16 sind die Kennwerte für die Beweglichkeitsmessung zusammengefasst. Die Verteilungen waren sich zu beiden Zeitpunkten sehr ähnlich. Die Abnahme in der Standardabweichung und im Standardfehler bei der Hand-Fuß-Stellung und im Yoga-*Mudrā* kamen durch einen Bodeneffekt zustande, da der Abstand zum Boden nicht kleiner als Null werden konnte.

3.5.2 Inferenzstatistik

Um die Hypothese zu testen, ob der Beweglichkeitszuwachs signifikant war, wurde ein t-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt. Die Voraussetzung der Normalverteilung brauchte aufgrund des Stichprobenumfangs nicht geprüft werden (Bortz, 1999). Zunächst wurde der Gesamtindex getestet und im Anschluss die Prozentwerte der einzelnen Übungen. Da es sich bei der Testung der einzelnen Übungen um eine zusätzliche Untersuchung handelte, die über

die eigentliche Hypothese hinausging, wurde keine Fehleradjustierung für die diese Tests vorgenommen.

Der Beweglichkeitszuwachs, der sich im Gesamtindex widerspiegelt war hochsignifikant. Mit Ausnahme des Indexes für die Brustkorbdehnung wurden auch alle anderen Beweglichkeitsindizes signifikant. Die Veränderung des Indexes für die Brustkorbdehnung wies, wie bei der Deskriptivstatistik aufgeführt, nicht in die erwartete Richtung. Für diesen Index bestehen Zweifel bezüglich seiner Reliabilität.

Tabelle 17: Signifikanztest für Beweglichkeit mit dem SPSS-Programm

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
Schmetterling links	-9,89	10,90	1,96	-13,90	-5,90	-5,01	30	,000
Schmetterling rechts	-7,56	11,46	2,06	-11,77	-3,36	-3,68	30	,001
Hand-Fuß	-17,26	16,24	2,92	-23,22	-11,31	-5,91	30	,000
Yogamudra	-13,04	16,45	2,95	-19,08	-7,01	-4,42	30	,000
Drehsitz links	-20,26	13,37	2,40	-25,17	-15,36	-8,44	30	,000
Drehsitz rechts	-23,77	13,49	2,42	-28,72	-18,82	-9,81	30	,000
Brustkorb	3,19	15,51	2,79	-2,50	8,88	1,15	30	,261
Gesamt	-12,66	7,28	1,31	-15,33	-9,99	-9,69	30	,000

Es ist zu beachten, dass die in der Tabelle angegebenen 2-seitigen Signifikanzwerte zu halbieren sind, da gerichtete Hypothesen überprüft wurden (Diehl & Staufenbiel, 2001). Der Effekt für den Gesamtwert betrug $d = t/\sqrt{df} = -1,77$ (Rosenthal, 1991). Das Vorzeichen beruht auf der Einführung der Variablen in die Analyse und kann vernachlässigt werden. Für die Anschlusstests der einzelnen Übungen beliefen sich die Effekte auf $d = -0.92$ für den Schmetterlingssitz auf der linken Seite, $d = -0,67$ für die rechte Seite, $d = -1,08$ für die Hand-Fuß-Stellung, $d = -0,81$ für das Yoga-*Mudrā*, $d = -1,54$ für den Drehsitz nach links, $d = -1,79$ nach rechts und $d = 0,21$ für die Brustkorbdehnung.

3.6 Tranceinduktion

Zur Tranceinduktion wurde die Atemführung bei der physiologischen Messung verwandt. Nachdem die Versuchspersonen fünf Minuten spontan geatmet hatten, begann die

Atemführung mit einer Frequenz von 0,25 Hz. Die Frequenz wurde dann über 15 Minuten linear auf 0,05 Hz abgesenkt. Anschließend füllten die Probanden den PCI in Bezug auf die zwanzigminütige Messung aus. Die Auswertung der hypnoidalen Punktwerte, die bei den beiden physiologischen Messungen und bei der Baseline-Messung aus dem PCI berechnet wurden, wird hier dargestellt.

3.6.1 Befolgen der Atemvorgabe

Zunächst musste festgestellt werden, inwieweit die Versuchspersonen der Atemführung folgen konnten. Da ein Trancezustand durch die Atemführung hergestellt werden sollte, war das Befolgen der Atemvorgabe eine wichtige Vorraussetzung für die Überprüfung der Hypothese.

Um zu überprüfen, wie eng die Atemvorgabe erfüllt wurde, wurde eine Frequenzanalyse durchgeführt. Analysiert wurden das Signal des Atemsensors und das Signal der Atemvorgabe. Dadurch konnte die Abweichung der Atmung von der Atemvorgabe ermittelt werden, indem die Frequenzverläufe gegenübergestellt wurden. Dort, wo sich die Frequenzverläufe der beiden Signale deckten, wurde die Atemführung befolgt.

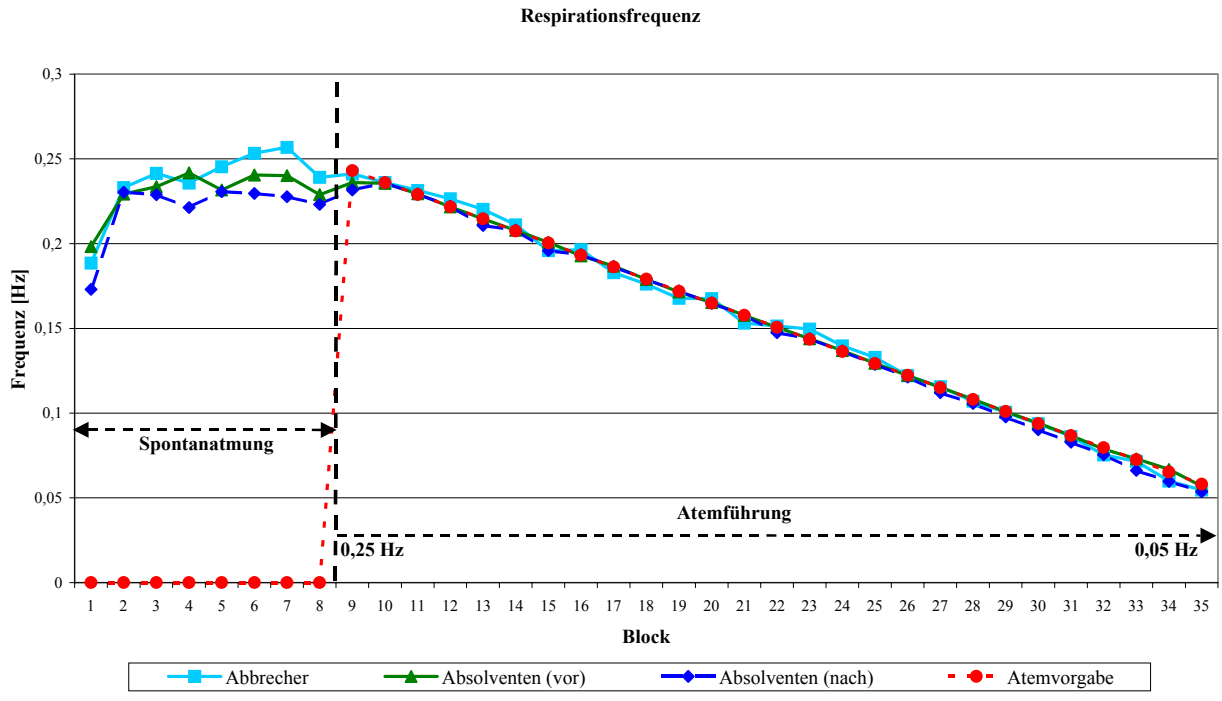

Abbildung 11: Frequenzanalyse der Atmung und der Atemvorgabe

In Abbildung 11 sind die Frequenzverläufe der Atemführung, der Vor-, sowie der Nachuntersuchung und der Abbrecher aufgetragen. Die Blöcke eins bis acht repräsentieren

die Phase der spontanen Atmung. Ab Block neun beginnt die Atemführung. In diesem Bereich sind die Kurven der realen Atmung fast deckungsgleich mit der Kurve der Atemvorgabe, so kann davon ausgegangen werden, dass der Atemführung gefolgt wurde.

3.6.2 Hypnoidale Punktwerte

Das *Phenomenology of Consciousness Inventory* (PCI) von Pekala liefert als Index für den Bewusstseinszustand eines Probanden in einer bestimmten Situation den hypnoidalen Punktwert (pHGS). Dieser wird mittels einer Prädiktionsgleichung aus einigen der 26 Subskalen, die mit dem PCI erhoben werden, berechnet. Um die Bewusstseinsveränderung oder Trancetiefe in einer Situation zu erfassen, wird der pHGS-Wert aus dieser Situation mit dem pHGS-Wert einer Referenzsituation (Baseline) verglichen.

Deskriptivstatistik

Abbildung 12 zeigt die gemittelten pHGS-Werte der Baseline und der beiden Atemführungen. Es ist zu erkennen, dass der hypnoidale Wert nach der geführten Atmung höher lag als der Baseline-Wert. Allerdings erreichte er bei der Nachuntersuchung nicht mehr dieselbe Höhe wie zur Voruntersuchung.

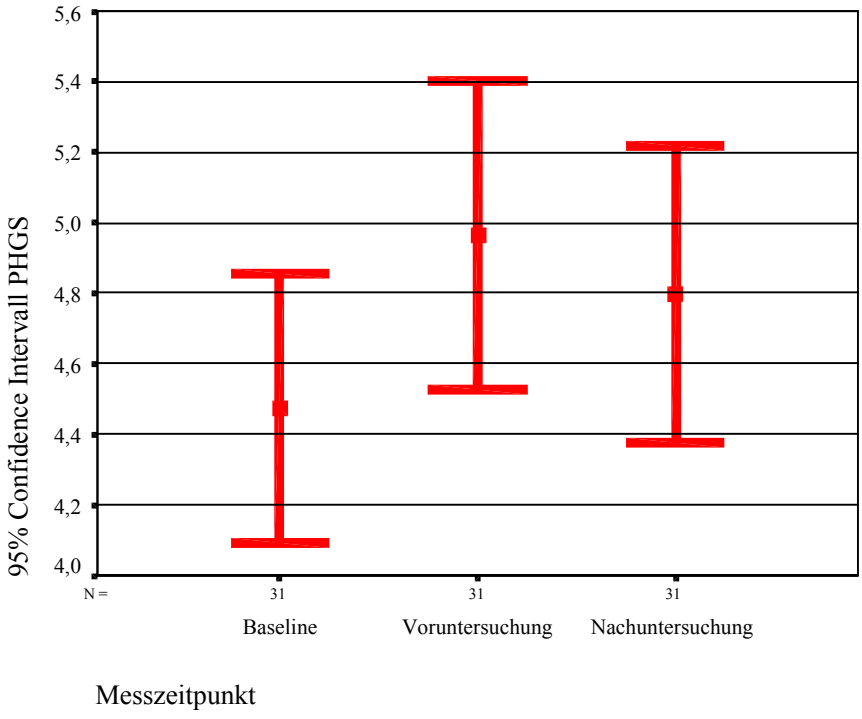

Abbildung 12: Hypnoidale Werte mit Angabe des Standardfehlers

Hypnoidale Werte von mehr als fünf Punkten können als leichte Trance angesehen werden, tiefe Trancezustände werden bei pHGS-Werten von 7 und darüber angesiedelt (Pekala & Nagler, 1989, nach Rux, 2002). Für die Baseline berichtet Rux (2002) Normwerte von 3,45. Für die vorliegende Stichprobe waren die Baseline-Werte etwas größer. Die Atemführung schien den Bewusstseinszustand auch zu verändern, einen Trancezustand vermochte sie jedoch nicht zu induzieren. Bei der Nachuntersuchung erreichte der gemittelte pHGS-Wert nicht mehr das Niveau der Vormessung, ein deutlicher Unterschied bestand zwischen den beiden Messungen mit Atemführung jedoch nicht.

Mit der Betrachtung der Subskalen sollte ein differenzierteres Bild der Bewusstseinszustände gezeichnet werden, um eventuelle Unterschiede zwischen den beiden Messungen auf einzelnen Subskalen aufzuzeigen. Nicht alle Subskalen gehen in die Berechnung des pHGS-Wertes ein. Um die Interpretation zu vereinfachen wird hier die Prädiktionsgleichung wiedergegeben:

$$\begin{aligned} pHGS = {} & 4.51 + 0.35*\text{Altered Experience} + 0.31*\text{Altered State} + 0.23*\text{Rationality} \\ & + 0.19*\text{Absorption} + 0.13*\text{Time Sense} \\ & - 0.28*\text{Volitional Control} - 0.27*\text{Self-Awareness} - 0.14*\text{Memory} \\ & - 0.11*\text{Internal Dialogue} - 0.07*\text{Body Image} \end{aligned}$$

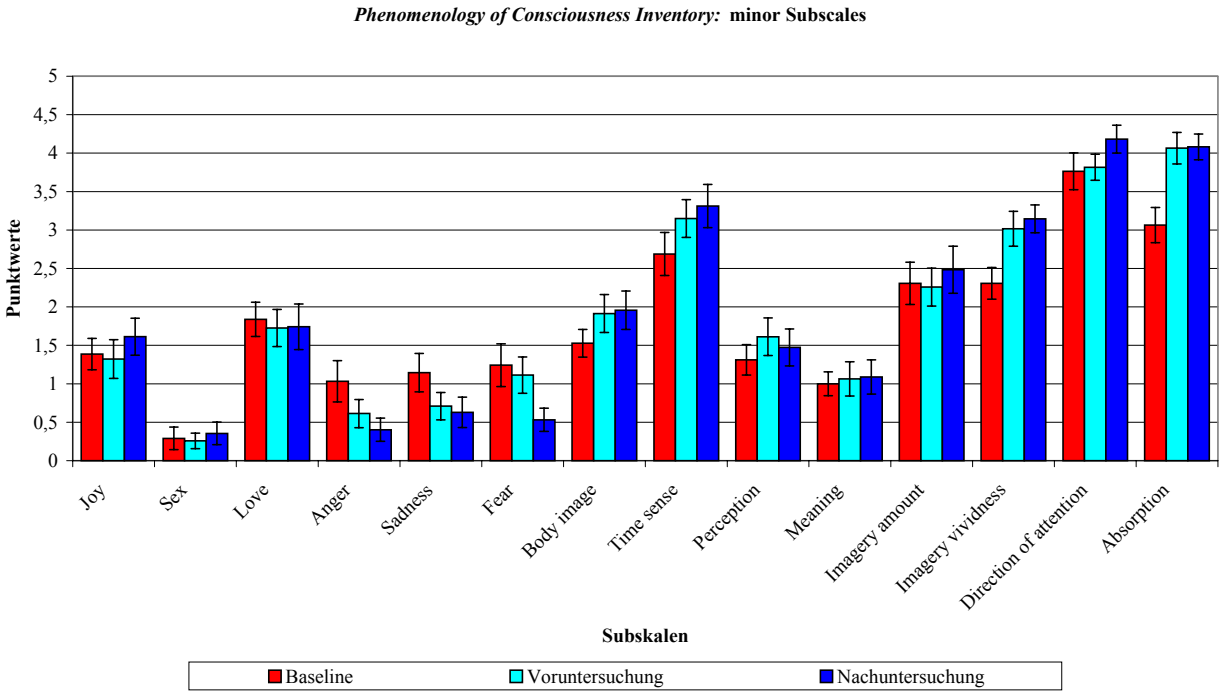

Abbildung 13: Minor Subskalen des PCI mit Indikatoren für den Standardfehler

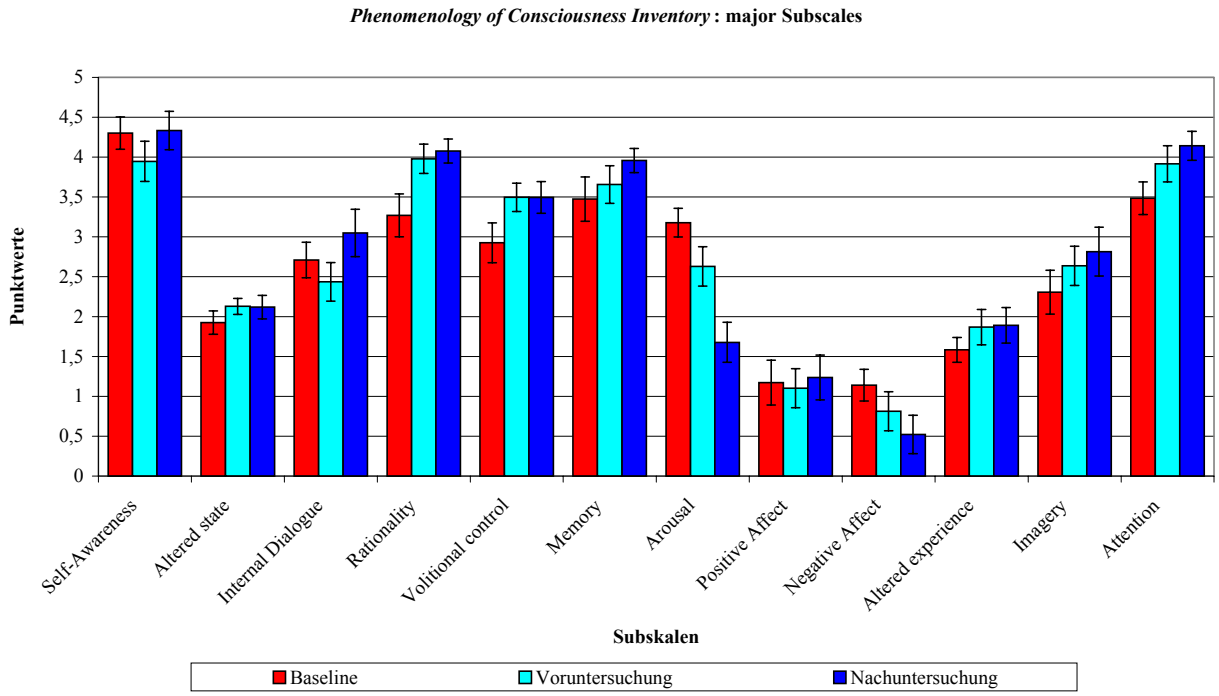

Abbildung 14: Major Subskalen des PCI mit Indikatoren für den Standardfehler

Subskalen, die mit positivem Vorzeichen in die Vorhersagegleichung eingehen, unterschieden sich nicht auffallend zwischen Vor- und Nachuntersuchung. Für „Rationality“, „Absorption“ und „Time Sense“ bestanden deutliche Unterschiede zwischen den Baseline-Werten und den Werten der beiden Atemführungen. Auf diesen Subskalen waren die Werte während der Atemführung höher und würden einen Trancezustand begünstigen. Bei den Prädiktoren mit negativem Vorzeichen unterschieden sich die Subskalen „Self-Awareness“ und „Internal Dialogue“ zwischen den beiden Atemführungen. Bei beiden war der Wert der Voruntersuchung kleiner, was einen größeren pHGS-Wert begünstigte. Der Vergleich der Baseline-Werte mit den Werten der Atemführung zeigte Unterschiede auf den Skalen „Body Image“ und „Volitional Control“. In beiden Fällen war der Baselinewert kleiner und sprach somit gegen eine Tranceinduktion der Atemführung. Das die Werte der „Volitional Control“ während der Atemführung höher waren, ist inhaltlich plausibel, denn das Befolgen der Atemvorgabe erforderte eine starke willentliche Kontrolle der Atmung.

Bei den für die Prädiktion des hypnoidalen Punktwertes irrelevanten Skalen traten Unterschiede zwischen Atemführung und Baseline auf den Skalen „Anger“, „Sadness“, „Imagery Vividness“, „Arousal“, „Negative Affect“, und „Attention“ auf. Unterschiede zwischen den beiden Situationen mit Atemführung zeigten sich auf den Dimensionen „Anger“, „Fear“, „Direction of Attention“, „Arousal“ und „Negative Affekt“. Die Art der Unterschiede lässt sich in Abbildung 13 und Abbildung 14 ablesen.

Tabelle 18: Korrelationen der pHGS-Werte der Baseline und der beiden Atemführungen

Korrelationen				
		PHGSBASE	**PHGSVOR**	**PHGSNACH**
pHGS-Wert der Baseline	**Korrelation nach Pearson**	1,000	,497(**)	,758(**)
	Signifikanz (2-seitig)	,	,004	,000
	N	31	31	31
pHGS-Wert der ersten Messung	**Korrelation nach Pearson**	,497(**)	1,000	,575(**)
	Signifikanz (2-seitig)	,004	,	,001
	N	31	31	31
pHGS-Wert der zweite Messung	**Korrelation nach Pearson**	,758(**)	,575(**)	1,000
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,001	,
	N	31	31	31
** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.				

Die pHGS-Werte der Baseline und der beiden Messungen korrelierten hoch miteinander. An dieser gemeinsamen Variation zeigte sich, dass die Bewusstseinsveränderung, die durch die Atemführung als Induktionsstimulus ausgelöst wurde, auf alle Probanden eine ähnliche Wirkung hatte.

3.6.3 Signifikanzprüfung

Die Ergebnisse der statistischen Testverfahren, die in diesem Abschnitt dargestellt werden, sollten die Fragen beantworten, ob sich durch die Atemführung ein Trancezustand induzieren ließ und ob der Trancezustand nach dem Yoga-Training tiefer war als vorher.

Unterschiede zwischen Baseline und Atemführung

Um die Frage zu beantworten, ob durch die Atemführung der Bewusstseinszustand verändert wurde, wurden die hypnoidalen Punktwerte von Baseline und Voruntersuchung, sowie Baseline und Nachuntersuchung auf einen signifikanten Unterschied geprüft. Die Ergebnisse der Signifikanztests (t-Test für gepaarte Stichproben) sind in Tabelle 19 dargestellt. Die Normalverteilung der Merkmale brauchte nicht geprüft werden (Bortz, 1999). Da die Hypothesen einseitig formuliert waren – die Atemführung induziert einen veränderten Bewusstseinszustand – war der Signifikanzwert zu halbieren (Diehl & Staufenbiel, 2001). Weil zwei Signifikanztests durchgeführt wurden, musste das Signifikanzniveau nach Bonferoni adjustiert werden und betrug $\alpha' = \alpha/2 = 0{,}025$.

Tabelle 19: Signifikanzprüfung des Unterschieds im pHGS zwischen Baseline und Atemführung

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
Baseline-Voruntersuchung	-,4906	1,1302	,2030	-,9052	-7,6097E-02	-2,417	30	,022
Baseline-Nachuntersuchung	-,3232	,7705	,1384	-,6059	-4,0592E-02	-2,336	30	,026

Der Vergleich zwischen Baseline und Voruntersuchung zeigte, ebenso wie der Vergleich zwischen Baseline und Nachuntersuchung, ein signifikantes Ergebnis. Also konnte davon ausgegangen werden, dass die Atemführung einen veränderten Bewusstseinszustand hervorrief. Die Effektstärken betrugen für den Vergleich von Baseline und Voruntersuchung $d = t/\sqrt{df} = 0{,}44$ (Rosenthal, 1991) und für den Vergleich von Baseline und Nachuntersuchung $d = 0{,}43$.

Unterschiede zwischen Vor- und Nachuntersuchung

Die Hypothese, die zweite Atemführung nach dem Yoga-Kurs rufe einen tieferen Trancezustand hervor, leitete sich aus der Annahme ab, die Absorptionsfähigkeit steige durch das Yoga-Training, denn, wie in Kapitel 1.3 ausgeführt besteht ein Zusammenhang zwischen der Fähigkeit, veränderte Bewusstseinszustände zu erleben, und der Absorption.

So wurden die hypnoidalen Punktwerte, die von den Versuchspersonen bei den beiden Atemführungen erreicht wurden, mit einem t-Test für gepaarte Stichproben auf statistisch signifikante Unterschiede geprüft.

Tabelle 20: Signifikanzprüfung auf Unterschiede des pHGS-Wertes zwischen Vor- un Nachuntersuchung

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
Voruntersuchung-Nachuntersuchung	,1674	1,0812	,1942	-,2292	,5640	,862	30	,395

Aufgrund der einseitig formulierten Hypothese musste der Signifikanzwert aus Tabelle 20 halbiert werden. Mit 0,1975 blieb dieser Wert größer als das Signifikanzniveau von $p = 0{,}05$ und die Nullhypothese, die besagte, dass keine Unterschied in der erwarteten Richtung bestand, musste beibehalten werden. Der im Abschnitt „Deskriptivstatistik“ berichtete kleinere Mittelwert im hypnoidalen Wert bei der Nachuntersuchung hatte dieses Ergebnis vorweggenommen. In Bezug auf die Herleitung der hier geprüften Hypothese sei daran

erinnert, dass auch die Hypothese, Yoga-Training bewirke eine Zunahme der Absorptionsfähigkeit, nicht bestätigt werden konnte (Abschnitt 3.3.2).

3.6.4 Zusammenhang mit der Absorptionsfähigkeit

Eine Möglichkeit, den Zusammenhang zwischen dem pHGS-Wert und der Absorptionsfähigkeit zu überprüfen, wäre die Berechnung einer Korrelation zwischen dem TAS-Wert und der Differenz der pHGS-Werte der Messung und der Baseline gewesen. Mittels einer Regressionsanalyse, die den TAS-Wert aus beiden pHGS-Werten vorhersagen soll, kann die Höhe der absoluten pHGS-Werte zusätzlich noch in die Berechnung einfließen, so dass mehr Information verwendet wird. Dabei sollten zum einen die pHGS-Werte der Baseline und der Voruntersuchung den TAS-Wert der Voruntersuchung vorhersagen und zum anderen sollten die pHGS-Werte der Baseline und der Nachuntersuchung den TAS-Wert der Nachuntersuchung vorhersagen. Diese Analyse wurde durchgeführt und in beiden Fällen war die multiple Korrelation signifikant. Für den ersten Messzeitpunkt vor dem Yoga-Kurs wurde ein Signifikanzwert von $p = 0{,}010$ für den multiplen Korrelationskoeffizienten errechnet. Die multiple Korrelation betrug $R = 0{,}530$ und die Varianzaufklärung lag bei $R^2 = 0{,}281$. Für die Nachuntersuchung ergaben sich Werte von $p = 0{,}009$, $R = 0{,}536$ und $R^2 = 0{,}287$. Der aus der Theorie angenommene Zusammenhang zwischen Absorptionsfähigkeit und der Fähigkeit, veränderte Bewusstseinszustände zu erleben, konnte also bestätigt werden.

3.7 Abbrecheranalyse

Von den 44 Personen, die den Yoga-Kurs begannen, brachen 13 vor dem Kursende ab und erschienen nicht mehr zur Nachuntersuchung.

3.7.1 Deskriptivstatistik

Alle 13 Abbrecher waren weiblichen Geschlechts. Der Altersmittelwert betrug 27,8 Jahre, der Median lag bei 25 Jahren.

Übungszeiten

Die Kurs-Abbrecher nahmen im Mittel an drei Übungsstunden teil. Ob sie zuhause übten, ist nicht dokumentiert, da sie nicht an der Nachuntersuchung teilnahmen und deshalb keine Übungsprotokolle vorlagen. Meist fielen diese Stunden in die Periode zu Beginn des Yoga-

Kurses. Eine Teilnehmerin nahm an der Vormessung teil, erschien aber nie zu einer Übungsstunde. Die letzte Abbrecherin verließ den Kurs, nachdem sie sechs Übungsstunden besucht hatte.

Baroreflex-Sensitivität

Analog zu der Auswertung der Daten bei den Kurs-Absolventen wurden bei den Abbrechern Frequenz- und Poweranalysen durchgeführt. Eine Berechnung der BRS-Indizes aus den Sequenzen und deren Zusammenfassung nach Versuchspersonen und Analyseblöcken wurde ebenfalls vorgenommen.

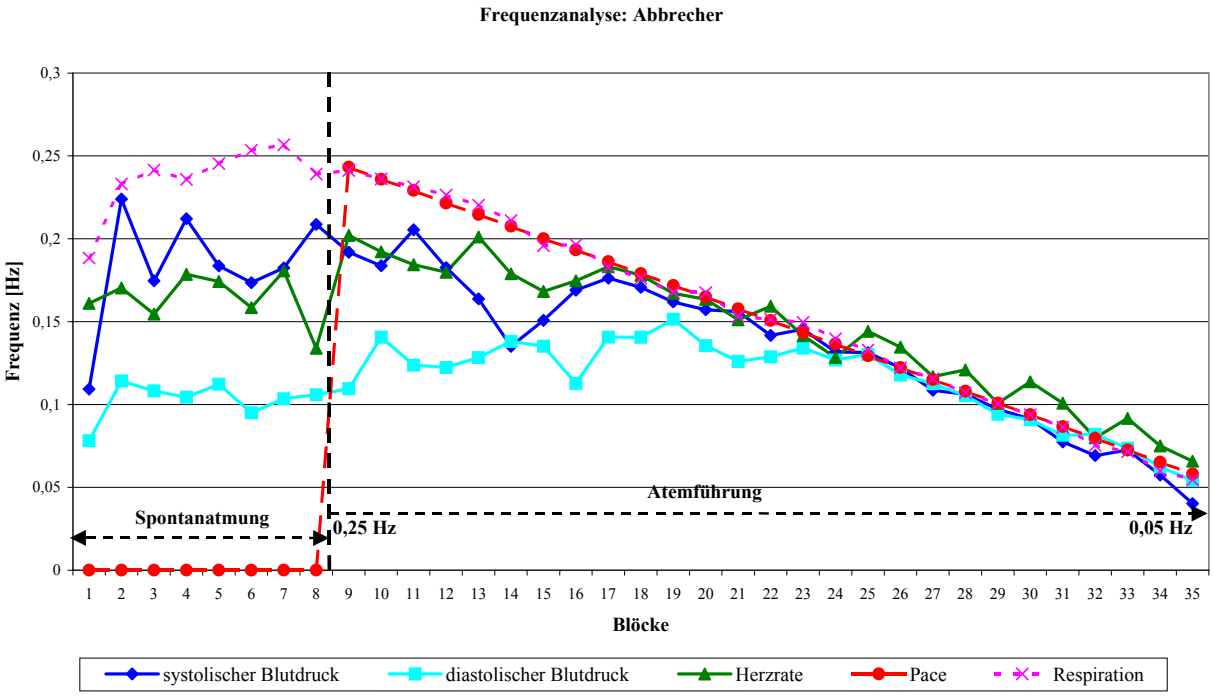

Abbildung 15: Frequenzanalyse der Messreihen der Kurs-Abbrecher

In Abbildung 15 ist die Frequenzanalyse der Atmung und der Herzkreislaufsignale der Abbrecher dargestellt. Diese Abbildung muss mit Abbildung 4 verglichen werden, in der die Frequenzanalyse der Messreihen der Kurs-Absolventen bei der Voruntersuchung aufgezeichnet ist. Mit einer Ausnahme waren die Signalverläufe vergleichbar. Der Frequenzverlauf der Herzrate unterschied sich vom Verlauf bei den Kurs-Absolventen. Die Phase, in der die Herzrate während der Atemführung synchron mit der Atmung schwang, begann früher und hielt nicht bis zum Ende der Messung an. Begann bei den Absolventen der synchrone Verlauf bei etwa 0,151 Hz und bestand bis zum Ende der Messung bei 0,05 Hz, so verlief die Herzrate bei den Abbrechern im Bereich von ca. 0,193 Hz bis 0,129 Hz synchron

mit der Atmung. Danach schwang die Herzrate schneller als die Atmung und diese beiden Signale stimmten nur noch sporadisch für kurze Zeitabschnitte überein.

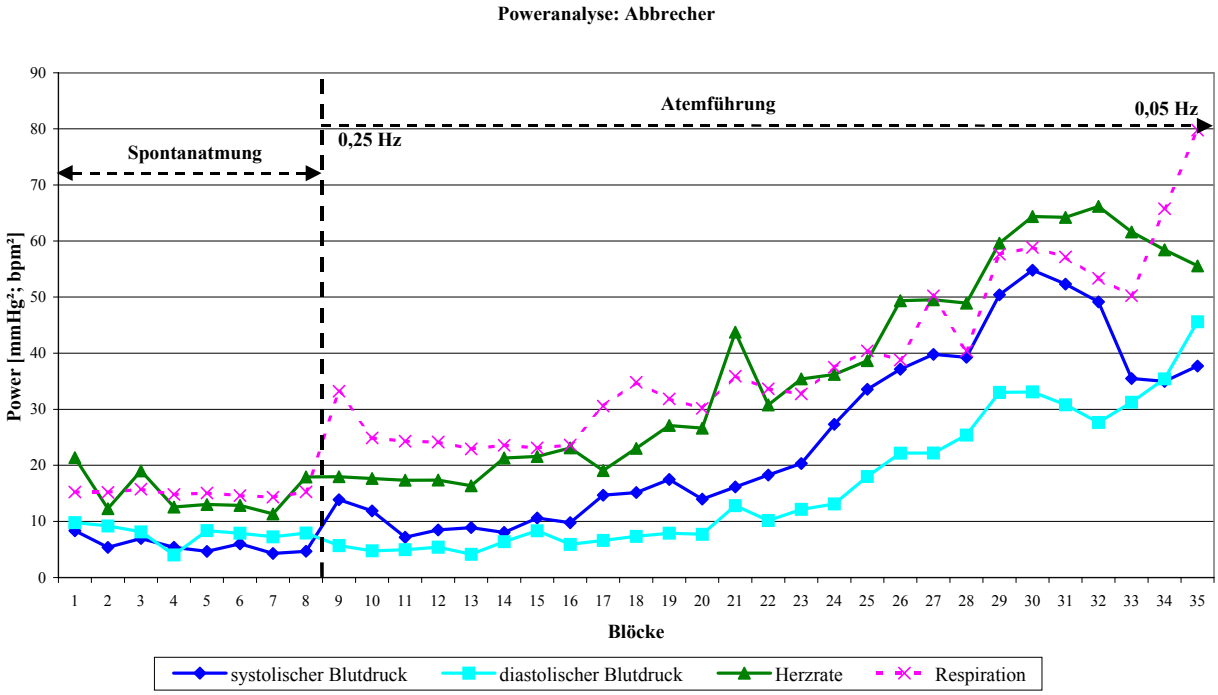

Abbildung 16: Poweranalyse der Messreihen der Kurs-Abbrecher

Bei der Poweranalyse zeigte sich im Atemsignal eine Abweichung von der Absolventengruppe, die darauf hindeutete, dass die Abbrecher ein anderes Atemmuster hatten. Während bei den Kurs-Absolventen die Power des Atemsignals kontinuierlich anstieg, war sie bei den Kurs-Abbrechern sehr unregelmäßig. Dabei ist jedoch der kleinere Stichprobenumfang von N = 13 zu berücksichtigen. Die Power des Atemsignals kann mit dem Luftvolumen eines Atemzuges in Verbindung gebracht werden (siehe 3.2.1). So kann vermutet werden, dass bei den Kurs-Abbrechern das Atemvolumen unregelmäßig war und sich nicht, wie bei den Kurs-Absolventen in der Voruntersuchung, mit abnehmender Atemfrequenz erhöhte. Diese Unregelmäßigkeiten der Atmungspower schienen sich in der Power des systolischen und des diastolischen Blutdrucks widerzuspiegeln, was einen Zusammenhang zwischen Atemtiefe und Blutdruck nahe legen würde.

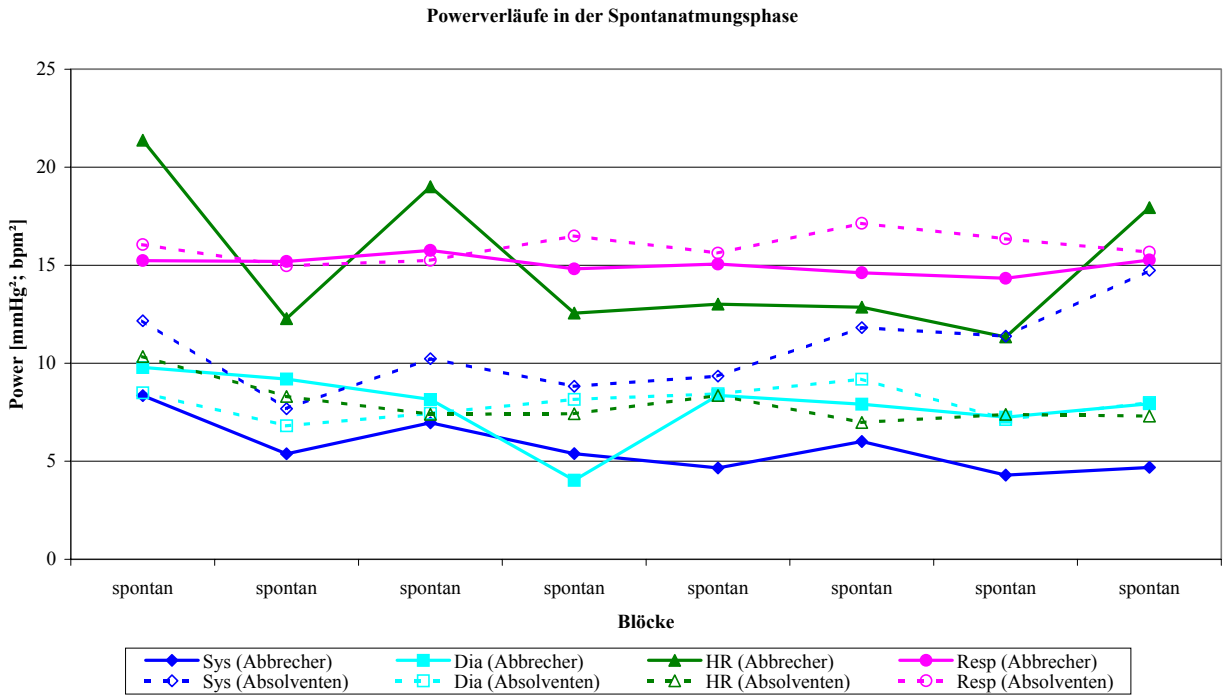

Abbildung 17: Vergleich der Powerverläufe in der Spontanatmungsphase zwischen Abbrechern und Absolventen

Bei einer genaueren Betrachtung der Powerverläufe in der Phase der spontanen Atmung fiel bei einem Vergleich mit den Powerverläufen der Kurs-Absolventen auf (Abbildung 17), dass die Verhältnisse zwischen der Power der Herzrate und des systolischen Blutdrucks umgekehrt waren. Bei den Abbrechern lag das Powerniveau der Herzrate durchweg über dem des systolischen Blutdrucks, während bei den Absolventen das Niveau der Power des systolischen Blutdrucks höher war. Auch im Vergleich dieser beiden Signale untereinander fand sich ein Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Bei den Abbrechern war das Powerniveau der Herzrate höher als bei den Absolventen, wogegen das Niveau des systolischen Blutdrucks unterhalb des Niveaus der Vergleichsgruppe lag.

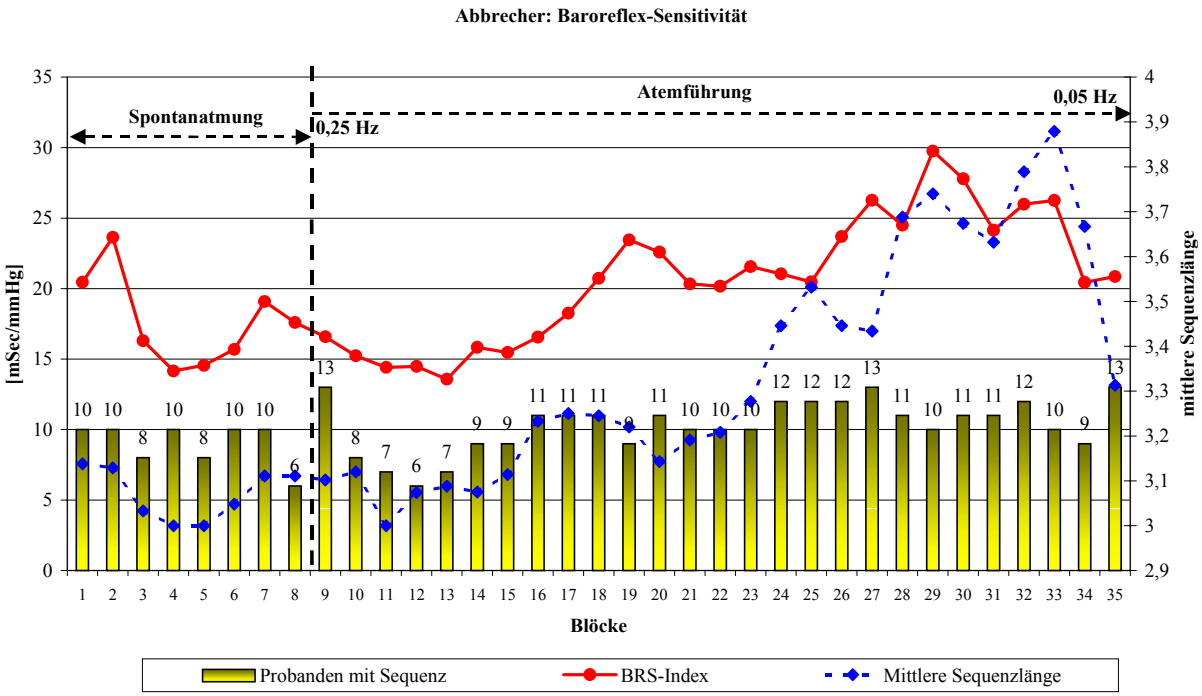

Abbildung 18: Berechnung der mittleren BRS- Indizes und der Sequenzlänge aus den Blockmitteln der einzeln Probanden

Abbildung 18 enthält dieselben Datenstruktur, wie Abbildung 10. Ein Vergleich mit den Werten der Voruntersuchung zeigte einen parallelen Verlauf bei der Anzahl von Probanden, die Sequenzen in den einzelnen Blöcken aufwiesen. Die Länge der Sequenzen war bei den Abbrechern viel unregelmäßiger. Es fiel auf, dass die Sequenzen in der Spontanatmungsphase und in den letzten beiden Blöcken kürzer waren als die in der Referenzgruppe. Die Blockmittel der BRS-Indizes lagen in den ersten 30 Blöcken zum Teil deutlich über denen der Voruntersuchung. Der Verlauf der BRS-Indizes zeigte die Frequenzabhängigkeit bei den Abbrechern nicht so offensichtlich, wie bei den Absolventen des Kurses.

Absorptionsfähigkeit

Ein Verglich der Kennwerte der ausschließlich weiblichen Abbrecherrinnen und der Kennwerte für die weiblichen Absolventinnen des Kurses wies deutliche Unterschiede zwischen diesen beiden Subgruppen auf. Tendenziell erreichten die Abbrecherrinnen höhere Werte für Absorptionsfähigkeit, was sich in dem viel höheren Mittelwert und Median zeigte. Allerdings fiel auch der Minimalwert mit 15 Punkten deutlich niedriger aus als in der Vergleichsgruppe.

Tabelle 21: Vergleich der TAS-Kennwerte zwischen Abbrechern und Absolventen

Messzeit-punkte	SEX	N	Mittelwert	Median	Standardfehler des Mittelwertes	Minimum	Maximum	Standard-abweichung
Abbrecher	**weiblich**	13	76,92	81,00	7,01	15	111	25,29
	Insgesamt	13	76,92	81,00	7,01	15	111	25,29
Absolventen	**weiblich**	23	65,91	64,00	3,00	36	97	14,37
	männlich	7	57,14	57,00	7,96	34	93	21,06
	Insgesamt	30	63,87	63,00	2,96	34	97	16,21

Wie bei den Kursabsolventen in der Voruntersuchung wurde in der Abbrechergruppe keine der Korrelationen signifikant. Allerdings sei in diesem Zusammenhang auf den geringen Stichprobenumfang (N = 13) hingewiesen. Trotzdem unterschieden sich die beiden Gruppen bezüglich der Kopplung von Baroreflex-Sensitivität und TAS-Werten.

Tabelle 22: Korrelation der TAS-Werte und verschiedener BRS-Indizes in der Gruppe der Kursabbrecher

Korrelation		TAS
Minimum aller BRS-Indizes	**Korrelation nach Pearson**	-,302
	Signifikanz (2-seitig)	,316
	N	13
Maximum aller BRS-Indizes	**Korrelation nach Pearson**	-,325
	Signifikanz (2-seitig)	,279
	N	13
Mittelwert der Blockmittel der Blöcke 24-35	**Korrelation nach Pearson**	-,407
	Signifikanz (2-seitig)	,167
	N	13

Denn auffallend war in der Gruppe der Kursabbrecher, dass alle Korrelationen ein negatives Vorzeichen aufwiesen. In der Gruppe der Kursabsolventen lag keine negative Korrelation vor.

AT-EVA

Beim AT-EVA Instrumentarium konnte nur ein Vergleich zwischen Abbrechern und Kurs-Absolventen bezüglich der änderungssensitiven Symptomliste vorgenommen werden. Der Veränderungsfragebogen wurde nach Abschluss des Kurses ausgefüllt und lag aus diesem Grund bei den Kurs-Abbrechern nicht vor.

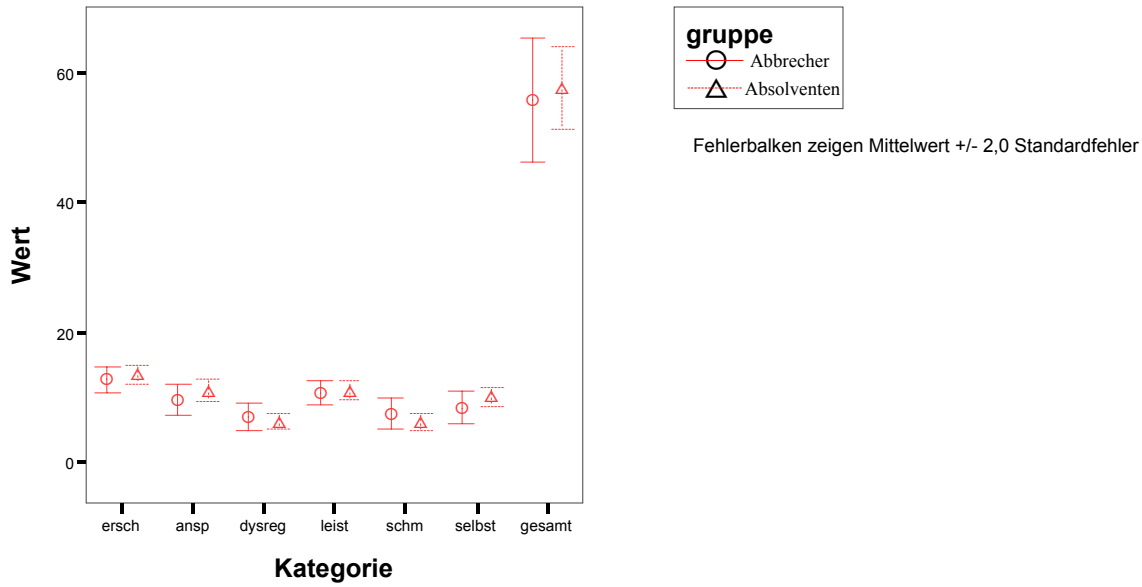

Abbildung 19: Mittelwerte und Standardfehler für die Skalen und den Gesamtwert der änderungssensitiven Symptomliste des AT-EVA für Abbrecher und Absolventen bei der Voruntersuchung

Abbildung 19 zeigt die Standardfehler des Mittelwertes für die Mittelwerte aller Subskalen der Symptomliste und deren Gesamtwert für Abbrecher und Kurs-Absolventen zum ersten Messzeitpunkt. Aus dem Schaubild ließ sich erkennen, dass die Mittelwerte der Abbrechergruppe auf allen Skalen und im Gesamtwert innerhalb des Fehlerintervalls des Mittelwertes der Absolventengruppe lag. Deshalb konnte davon ausgegangen werden, dass zwischen den beiden Gruppen bezüglich der berichteten Symptome keine Unterschiede bestanden.

Beweglichkeit

Die Beweglichkeitsindizes der Abbrecher-Gruppe unterschieden sich nicht von denen der Absolventen des Yoga-Kurses. Der Gesamtindex und die übrigen Indizes bewegten sich bei der Größenordnung im selben Bereich wie bei den Kursabsolventen.

Phenomenology of Consciousness Inventory

Hinsichtlich des pHGS-Wertes wurden keine Unterschiede zwischen den Abbrechern und den Absolventen des Yoga-Kurses offensichtlich.

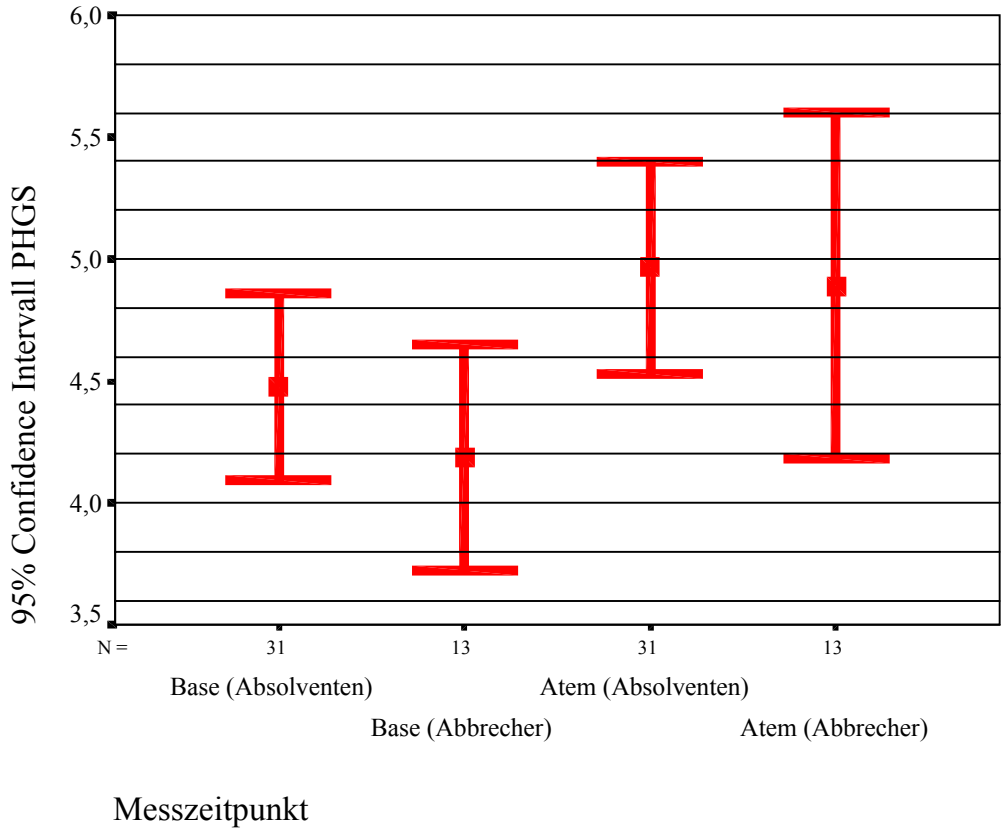

Abbildung 20: Vergleich der pHGS-Werte der Absolventen und Abbrecher des Yoga-Kurses

Die Werte der Abbrecher lagen im Mittel niedriger als die der Absolventen. In der Baseline war dieser Unterschied deutlicher zu sehen. Auch der Standardfehler war bei den Abbrechern größer, wobei jedoch der geringere Stichprobenumfang berücksichtigt werden muss. Die Differenz der Mittelwerte des pHGS zwischen der Atemführung und der Baseline war bei den Abbrechern größer, also hatte die Atemführung bei ihnen eine größere Bewusstseinsveränderung hervorgerufen. Allerdings war der pHGS-Wert auch bei der geführten Atmung kleiner als fünf, so dass es sich auch bei den Abbrechern nicht um einen Trancezustand handelte.

Die Subskalen des PCI, auf denen sich die Abbrecher von den Absolventen deutlich unterschieden waren „Sex“, „Love“, „Anger“, „Imagery vividness“, „Direction of Attention“, „Positive Affect“ und „Memory“ als einzige Subskala, die in die Prädiktionsgleichung des pHGS einging. Die Unterschiede in den Punktwerten der einzelnen Subskalen sind in Abbildung 20 veranschaulicht. Da der „Memory“-Wert negativ in die Vorhersagegleichung eingeht, trugen die höheren Werte in der Abbrechergruppe zu den geringeren pHGS-Werten bei.

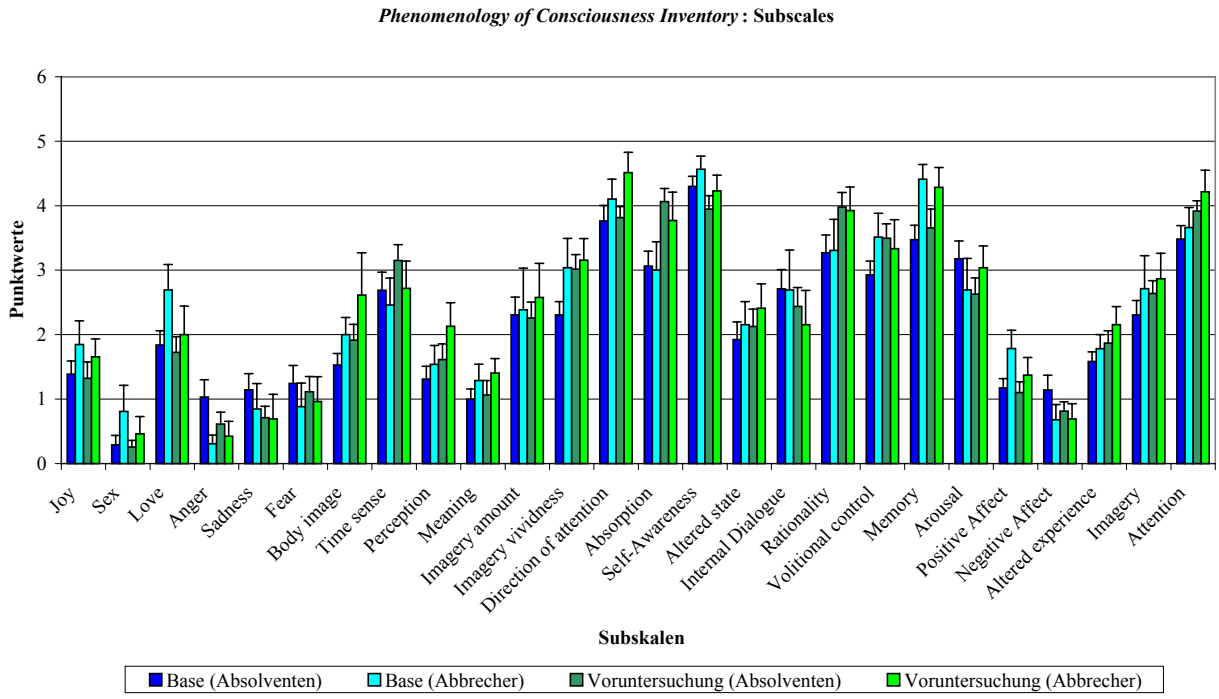

Abbildung 21: Vergleich der Subskalen-Werte des hypnoidalen Wertes bei Absolventen und Abbrechern des Yoga-Kurses mit Angabe des Standardfehlers

Der Zusammenhang zwischen der Absorptionsfähigkeit und der Fähigkeit, veränderte Bewusstseinszustände zu erleben, konnte in der Subgruppe der Kurs-Abbrecher nicht bestätigt werden. Der Versuch, die aus der Untersuchung des Zusammenhangs bei den Kurs-Absolventen gewonnene Regressionsgleichung für die Voruntersuchung an den Abbrechern einer Kreuzvalidierung zu unterziehen, gelang nicht. Die Korrelation zwischen den vorhergesagten und den tatsächlichen TAS-Werten betrug in der Subgruppe der Abbrecher nur $r = 0{,}130$ und blieb insignifikant. Die multiple Korrelation der Regressionsgleichung aus der Subgruppe der Absolventen bei der Voruntersuchung hatte $R = 0{,}530$ betragen. Die Ergebnisse dieser Subgruppe ließen sich in diesem Fall nicht auf die Abbrecher generalisieren. Also schienen sich die beiden Gruppen bezüglich des Zusammenhangs von Absorptionsfähigkeit und dem Erleben veränderter Bewusstseinszustände zu unterscheiden. Auffällig war, dass die Prädiktionsgleichung den TAS-Wert bei den Abbrechern deutlich unterschätzte. Die mittlere Differenz von tatsächlichem und vorhergesagtem TAS-Wert war positiv und betrug 13,73 Punkte. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, dass die Abbrecher, im Vergleich zu den Absolventen, einen TAS-Wert aufwiesen, der im Mittel um 11 Punkte höher lag.

3.7.2 Inferenzstatistik

Um festzustellen, ob sich die Gruppe der Kurs-Abbrecher signifikant von der Gruppe der Kurs-Absolventen unterschied, wurde eine Diskriminanzanalyse durchgeführt. Diese sollte auch die Frage beantworten, bezüglich welcher Variablen sich beide Gruppen gegebenenfalls unterschieden.

Die Datenbasis bildete die Werte aller Messungen der 44 Probanden aus der Voruntersuchung. Dies waren zunächst Alter und Geschlecht. Weitere Daten bestanden aus der Beweglichkeit, repräsentiert durch den Beweglichkeitsindex, der aus den fünf diagnostischen Übungen berechnet worden war, dem Gesundheitszustand, erhoben über die änderungssensitive Symptomliste des AT-EVA, der Absorptionsfähigkeit, quantifiziert über die TAS, der Änderung des Bewusstseinszustandes, bestimmt durch die Differenz des pHGS-Wertes von erster physiologischer Messung und Baseline und des Indexes der Baroreflex-Sensitivität. Bei letzterem wurde als Baroreflex-Sensitivitäts-Index eines jeden Probanden das Minimum aller BRS-Werte gewählt, da dieses sich als relevant in Bezug auf die Absorptionsfähigkeit gezeigt hatte.

Diese sieben Prädiktoren wurden schrittweise in die Analyse einbezogen, um jene zu isolieren, die signifikant zur Unterscheidung der Gruppen beitrugen. Das Kriterium für die Aufnahme in die Diskriminanzfunktion war eine F-Wahrscheinlichkeit unter 10% und das Kriterium für den Ausschluss eine F-Wahrscheinlichkeit von über 15%.

Mit diesen Festlegungen wurden zwei Prädiktoren in die Diskriminanzfunktion aufgenommen. Zunächst die Baroreflex-Sensibilität und dann die Absorptionsfähigkeit. Die kanonische Korrelation der Funktion betrug $R = 0{,}413$ und war mit einem p-Wert von $p = 0{,}021$ signifikant. 75% der Probanden wurden mit dieser Diskriminanzfunktion korrekt ihren Gruppen zugeordnet (5/13 der Abbrecher und 28/31 der Absolventen).

4 Diskussion

In der abschließenden Diskussion dieser Studie sollen zunächst die Ergebnisse betrachtet werden. Dabei geht es darum, die Ergebnisse in Bezug auf die einzelnen Hypothesen zu analysieren. Darüber hinaus sollen die Ergebnisse miteinander in Zusammenhang gestellt werden. Daran anschließend folgt eine Diskussion der Methoden. Zunächst soll die Versuchsplanung besprochen werden, darauf folgend werden die verwendeten Messinstrumente diskutiert. Zum Schluss soll ein Fazit gezogen werden, in dem die Studie

noch einmal rückblickend bewertet wird und das einen Ausblick auf künftige Untersuchungen gibt.

4.1 Interpretation der Ergebnisse

In diesem Abschnitt erfolgt die Interpretation der Ergebnisse dieser Studie im Hinblick auf die aufgestellten Hypothesen und die ihnen zugrunde liegenden Theorien unter Berücksichtigung der statistischen Auswertung.

4.1.1 Übungszeit

Die Yogameister fordern ihre Schüler dazu auf, unablässig und unnachgiebig zu üben, damit der Yoga seine Wirkung entfalten kann (Iyengar, 2000a, 2000b, Vivekananda, 1988). Allerdings muss bei dieser Aufforderung berücksichtigt werden, dass sie als Ziel der Yoga-Praxis die Erleuchtung ansehen und ihr Handeln daran orientieren. Zeitgenössische Yogalehrer sind sich der Tatsache bewusst, dass der Yoga, insbesondere der *Haṭha*-Yoga im westlichen Kulturkreis, oft aus gesundheitlichen Gründen praktiziert wird, und übertragen diese Sichtweise auch auf den geforderten Übungsumfang (Metha, 1993).

Um in einer Studie Effekte eines Yoga-Kurses nachweisen zu können, ist ein Übungsumfang nötig, der Trainingseffekte auftreten lässt. Aus diesem Grund wurde angestrebt, die Kursteilnehmer soviel wie möglich zum Üben anzuhalten. Dazu wurden zweimal wöchentlich Übungsstunden angeboten. Zudem wurde ein Begleitheft mit Übungen entwickelt und verteilt, um die Teilnehmer zum individuellen Üben anzuhalten.

Durchschnittlich nahm jeder Kursteilnehmer an 11,5 von 19 möglichen Übungsstunden teil. Das untere Quartil lag bei neun und das Minimum bei fünf Übungsstunden.

Im Kurs gab es eine Gruppe von Teilnehmern, die sehr regelmäßig zu beiden wöchentlichen Übungsstunden kam. Etwa zwei Drittel der Absolventen des Kurses kamen nur einmal in der Woche und einige davon sehr unregelmäßig. Am Umfang der freien Übungszeit wird dieses Bild noch deutlicher. Nur eine Teilnehmerin übte regelmäßig für sich allein. Das obere Quartil für die freie Übungszeit betrug 205 Minuten in zehn Wochen. Dies entspricht etwa fünf bis sechs Übungseinheiten. Zwölf Teilnehmer übten gar nicht eigenständig. Insgesamt gab es also einige wenige motivierte Teilnehmer, die aber auch einer geleiteten Übungsstunde bedurften, um aktiv zu werden. Der größte Teil der Teilnehmer zeigte zwar Interesse am Yoga, jedoch keine ausgeprägte Motivation aktiv zu werden und besuchte die Übungsstunden

eher sporadisch, wie es bei Hochschulsportkursen des öfteren der Fall ist. Es muss zudem davon ausgegangen werden, dass einige Teilnehmer den Kurs nur beendeten, da es sich um eine Studie handelte und sie sich verpflichtet fühlten.

4.1.2 Baroreflex-Sensitivität

Die Baroreflex-Sensitivität ist ein Index für den vagalen Tonus. Mittels des Baroreflexes und der respiratorischen Sinusarrhythmie wird der parasympathische Einfluss auf das Herz quantifiziert. Die Einheit für die Baroreflex-Sensitivität ist Millisekunden pro Millimeter Quecksilbersäule. Sie drückt aus, um welches Zeitintervall das Interbeatintervall des Herzschlages sich verlängert, wenn der systolischen Blutdruck um eine Einheit zunimmt. Die Höhe des durch die Baroreflex-Sensitivität repräsentierten vagalen Tonus ist ein Maß für die Homöostasefähigkeit eines Organismus.

Die Wirksamkeit von Yoga-Übungen in der Therapie von Störungen, die mit einem sympathovagalen Ungleichgewicht einhergehen, ist schon mehrfach gezeigt worden. Daraus wurde die Vermutung abgeleitet, dass Yoga den vagalen Tonus anhebt. Diese Annahme sollte in dieser Studie überprüft werden. Aus der theoretischen Hypothese, Yoga steigert den vagalen Tonus, lässt sich die empirische Hypothese, Yoga steigert die Baroreflex-Sensibilität, ableiten.

Die enge Verknüpfung des Herzkreislauf-Systems mit der Atmung ist in der Einleitung ausführlich dargestellt worden. So lag es auf der Hand, die Veränderungen der Herzkreislauf-Signale und der Atmung ebenfalls zu untersuchen. Das Augenmerk war dabei auf die Variabilitätsphänomene gerichtet, die im Rahmen der respiratorischen Sinusarrhythmie auftreten. Bekannt war, dass die Variabilität der Herzkreislauf-Signale bei einer bestimmten individuell unterschiedlichen Atemfrequenz maximal wird. Über die Bestimmung der Baroreflex-Sensitivität hinaus sollte mittels Frequenz- und Poweranalysen festgestellt werden, ob sich die Variabilität nach dem Yoga-Kurs erhöht hatte und ob die Frequenz, bei der die maximale Variabilität auftrat, sich verändert hatte. Darüber hinaus war die Frage von Interesse, ob sich die spontane Atemfrequenz in Richtung der Frequenz mit maximaler Variabilität verschoben hatte.

Zur Bestimmung der Baroreflex-Sensitivität und der Variabilität von Herzrate und Blutdruck war eine kontinuierliche Messung von Herzrate und Blutdruck erforderlich. Um die interessierenden Fragestellungen bezüglich der Variabilität zu beantworten, wurde eine Messanordnung gewählt, bei der die Probanden zunächst fünf Minuten frei atmen konnten.

Anschließend wurde ihnen der Atemrhythmus vorgegeben. Dabei wurde die Frequenz linear, über einen Zeitraum von fünfzehn Minuten, von 0,25 Hz auf 0,05 Hz abgesenkt. Auf diese Weise war die Wahrscheinlichkeit, die individuelle Frequenz der Mayer-Wellen einzuschließen, sehr groß.

Frequenzanalyse

Mit der Frequenzanalyse konnte zunächst festgestellt werden, ob der Atemführung gefolgt worden war. Die Ergebnisse sprechen für eine Befolgung der Atemführung. Die meisten Probanden berichteten allerdings über Schwierigkeiten, den langsamen Frequenzen, die gegen Ende der Messung vorgegeben wurden, zu folgen. Eine Betrachtung der Frequenzverläufe des Atmungssignals in der Phase der spontanen Atmung zeigte, dass die Atemfrequenz bei der Nachuntersuchung minimal langsamer war als bei der Voruntersuchung. Da für die spontane Atmung nur acht Analyseblöcke existierten, die Datenbasis also klein war, wurde auf eine Signifikanztestung des Unterschieds verzichtet.

Was die Synchronizität der Herzkreislaufsignale und der Atmung betraf, so ließ sich anhand der Frequenzanalyse erkennen, dass Herzrate und systolischer Blutdruck bezüglich ihrer Frequenz eng beieinander lagen. In der Phase der Spontanatmung war ihre Frequenz jedoch deutlich niedriger als die der Atmung. Dies änderte sich schlagartig mit dem Einsetzen der Atemführung, die Frequenz von Herzrate und Blutdruck näherte sich der Atemfrequenz an, ohne sie jedoch ganz zu erreichen. Synchron waren die Schwingungen von Atmung, Herzrate und systolischem Blutdruck erst unterhalb einer Frequenz von etwa 0,15 Hz. Dabei trat kein sichtbarer Unterschied in Vor- und Nachuntersuchung auf. Anders war das Verhalten des diastolischen Blutdrucks. Dieser schwang bei der Voruntersuchung während der spontanen Atmung zunächst konstant mit 0,1 Hz und stieg zu Beginn der Atemführung auf etwa 0,15 Hz an. Diese Frequenz behielt er bei, bis die Atemführung sie erreicht hatte. Darauf hin passte sich auch der diastolische Blutdruck der Atemfrequenz an. Der Unterschied bei der Nachuntersuchung bestand darin, dass der diastolische Blutdruck in der Spontanatmungsphase mit einer höheren Frequenz oszillierte, diese betrug etwas mehr als 0,1 Hz und erreichte Werte von ca. 0,13 Hz. Auch bei der Nachuntersuchung behielt die Schwingung des diastolischen Blutdrucks dieses Niveau bei, bis die Atemführung bei dieser Frequenz angelangt war, um danach mit der Frequenz der Atmung zu schwingen.

Für die Interpretation der Verläufe der Peak-Frequenzen ist eine Betrachtung der Frequenzverläufe der einzelnen Probanden sinnvoll. Deshalb sind alle individuellen Verläufe auf der beiliegenden CD einzusehen.

Die vorgefundenen Muster deuten darauf hin, dass die freie Atmung meist sehr unregelmäßig war und Herzrate und Blutdruck den Frequenzänderungen nicht folgen konnten. Aus diesem Grund schwangen sie langsamer. Diese Annahme wird dadurch gestützt, dass Herzrate und systolischer Blutdruck der Atemfrequenz mit Beginn der Atemführung folgten, denn ab diesem Moment wurde die Atmung gleichmäßig. Was die Ozillation des diastolischen Blutdrucks betrifft, so spielten hierbei die Atembewegungen vermutlich eine große Rolle. So kam es möglicherweise bei tiefer Atmung und starken Druckveränderungen im Brustkorb zu einer Pumpwirkung im Rhythmus der Atmung. Dies würde erklären, warum der diastolische Blutdruck der Atmung erst ab einer bestimmten Frequenz folgte. Denn ab dieser Frequenz waren die Atembewegungen groß genug, um eine ausreichende Pumpwirkung zu entfalten. Wenn diese Annahme zutrifft, musste die Atmungspower, die das Atemzugvolumen widerspiegelt, und damit auch das Ausmaß der Atembewegungen repräsentiert, erst einen kritischen Wert übersteigen. Ab diesem Wert war die Pumpwirkung stark genug den diastolischen Blutdruck zum Schwingen anzuregen.

Poweranalyse

Die Poweranalyse gab Auskunft über die Variabilität der gemessenen Signale. Damit konnte die Frequenz bestimmt werden, bei der eine maximale Resonanz auftrat und es konnte verglichen werden, ob sich diese Frequenz vor und nach dem Yoga-Kurs unterschied. Die Poweranalyse über die gemittelten Werte zeigte die Maxima an Variabilität deutlich. Allerdings unterschieden sich die einzelnen Signale im Verlauf ihrer Power-Werte. Die Herzratenpower zeigte einen klaren Gipfel. Bei der Voruntersuchung lag dieser im Block 32, was einer Frequenz von 0,087-0,072 Hz entsprach. Zum zweiten Messzeitpunkt lag das Maximum der Herzratenpower im Block 29 bei einer Frequenz von 0,108-0,094 Hz. Der systolische Blutdruck bildete keinen so eindeutigen Gipfel, sondern hatte ein Plateau, das sich über einige Blöcke hielt und um den Block der maximalen Herzratenpower lag. Beim diastolischen Blutdruck blieb die Power lange konstant, um ab einem bestimmten Zeitpunkt kontinuierlich anzusteigen. Der Powerverlauf des Atemsignals stieg mit Beginn der Atemführung sprunghaft an, nachdem er in der Spontanatmungsphase recht konstant geblieben war. Bei der Nachuntersuchung war dieser Sprung deutlich kleiner als bei der Voruntersuchung.

Die Frequenz, bei der die Resonanz auftrat, schien sich in einen höherfrequenten Bereich verschoben zu haben. Ein möglicher Erklärungsansatz für diese Veränderung ist eine Zunahme des vagalen Tonus, der mit einer Steigerung der Baroreflex-Sensitivität einhergeht. In diesem Fall würde der Rückkopplungsmechanismus des Baroreflexes früher greifen, so dass die Schwingungen der Herzkreislauf-Signale früher verstärkt würden. Auch die Tatsache, dass die Herzrate und der systolische Blutdruck ihre maximale Variabilität zum selben Zeitpunkt entfalteten, lag an der Kopplung durch den Baroreflex. Die Plateauform der maximalen Variabilität beim systolischen Blutdruck könnte auf den eingeschränkten Wirkungsbereich der Barorezeptoren zurückzuführen sein. Bei diesen kommt es oberhalb von etwa 140 mmHg zu einem „Deckeneffekt“ , denn die Feuerungsrate steigt nicht weiter an. Der Verlauf der Power des diastolischen Blutdrucks spricht für die Annahme einer mechanischen Pumpwirkung durch die Atembewegungen, denn der Anstieg der Power begann ungefähr dort, wo der diastolische Blutdruck sich mit der Atmung synchronisierte. Ebenso deutet das Anwachsen der Power bis zum Ende der Messung auf eine mechanische Pumpwirkung hin.

Baroreflex-Sensitivität

Zur Bestimmung der Baroreflex-Sensibilität wurde die Sequenzmethode verwendet. Dazu war eine kontinuierliche Aufzeichnung der Interbeatintervalle und des systolischen Blutdrucks notwendig. Das verwendete Messgerät (Colin-BP–508) lieferte entsprechende Daten. Wie von Parati (2000) beschrieben, wurden Sequenzen von mindestens drei Herzschlägen Länge gesucht, bei denen das Interbeatintervall um mindestens fünf Millisekunden zunahm und einen Puls zuvor der systolische Blutdruck angestiegen war. Bei dieser Sequenzmethode wird die Baroreflex-Sensitivität durch die Steigung der Regressionsgeraden der Interbeatintervalle auf den systolischen Blutdruck quantifiziert. Folglich ist ihre Maßeinheit auch Millisekunden pro Millimeter Quecksilbersäule. Sie drückt aus, wie stark die Herzrate fällt, wenn der Blutdruck ansteigt. Solche Sequenzen treten zu Beginn der Exspiration auf, denn die vagale Hemmung, zu der es während der Inspiration kommt, wird aufgehoben und die Herzrate beginnt zu fallen. Der systolische Blutdruck befindet sich jedoch noch, bedingt durch die Herzratenakzeleration während der Inspiration, im Anstieg. In diesem Zeitabschnitt zeigt sich, wie lange der Baroreflex braucht um über eine Dezeleration der Herzrate den Blutdruck zu senken.

Die Sequenzen waren mittels eines Auswertungsprogrammes isoliert worden, das auch die Indizes für die Baroreflex-Sensitivität berechnete. Der große Wertebereich, den die BRS-Indizes einer Messreihe bildeten, legte die Annahme nahe, dass es nicht eine konstante

Baroreflex-Sensitivität gibt, sondern dass diese, wie die anderen Herzkreislaufsignale, mit der Atmung variiert. Diese Annahme wird durch Studien gestützt, die den Einfluss des Atemzugvolumens auf die respiratorische Sinusarrhythmie gezeigt haben (Hirsch & Bishop, 1981; Parati, 2000). So wurden die BRS-Indizes dieser Studie in Abhängigkeit der Atemfrequenz betrachtet, indem sie auf die Analyseblöcke, die für die Frequenz- und Poweranalyse gebildet worden waren, aufgeteilt wurden. Die Verläufe der BRS-Indizes über den Zeitraum der Messung zeigten ein ähnliches Bild wie die Powerverläufe von Herzrate und systolischem Blutdruck. Dies spricht für die Abhängigkeit der Baroreflex-Sensitivität von der Atmung. Allerdings scheint es sich nicht um eine alleinige Abhängigkeit vom Atemzugvolumen zu handeln, denn in diesem Fall müsste der Verlauf der BRS-Indizes kongruent zum Verlauf der Atmungspower gewesen sein. Da der Gipfel des BRS-Verlaufes jedoch nah bei dem des Verlaufs der Herzratenpower und der Power des systolischen Blutdrucks lag, ist ein Zusammenhang der Baroreflex-Sensitivität mit der Variabilität dieser Signale und damit der Atemfrequenz wahrscheinlich.

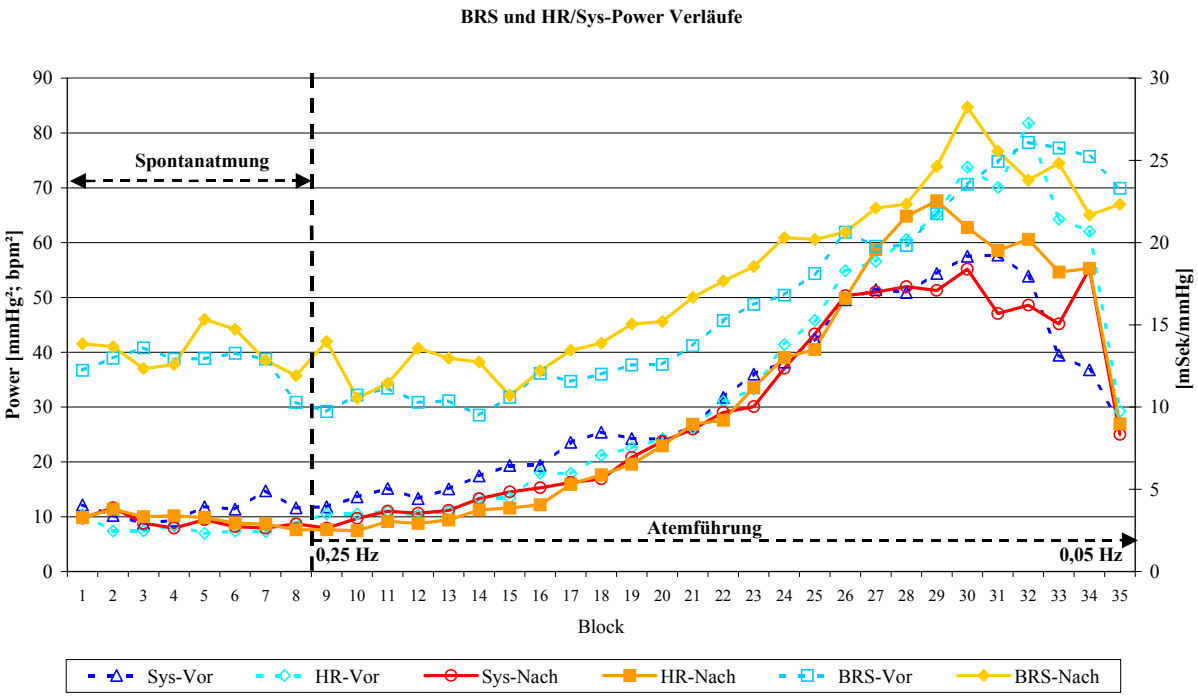

Abbildung 22: Vergleich der Verläufe der BRS und der Power von Herzrate und sytolischem Blutdruck zu beiden Messzeitpunkten

Aufgrund der anzunehmenden Frequenzabhängigkeit der Baroreflex-Sensitivität wurden keine einzelnen Indizes über eine gesamte Messreihe gebildet, um einen vorher-nachher Vergleich zu rechnen, sondern es wurden BRS-Indizes, die in einem Analyseblock lagen, zusammengefasst und diese Verläufe wurden einem vorher-nachher Vergleich unterzogen. Dieser Vergleich zeigte einen Unterschied, der auf dem $p < 0{,}001$ Niveau signifikant wurde.

Mit d = 0,74 wurde ein Effekt in Richtung der Hypothese gefunden, der in die Kategorie mittel bis groß eingeordnet werden kann. Diese Studie stützt also die Annahme, dass Yoga den vagalen Tonus anhebt. Dieses deutliche Resultat ist in Anbetracht der geringen Übungszeit erstaunlich. So scheint der Einfluss, den Yoga auf die autonome Regulation ausübte, sehr stark gewesen zu sein. Dies würde erklären, warum Yoga einen therapeutischen Effekt auf Störungen wie Bluthochdruck, Diabetes oder andere Erkrankungen hat, die mit einer gestörten autonomen Balance einhergehen.

Darüber hinaus sind die Befunde zur Frequenzabhängigkeit der Baroreflex-Sensitivität, die in dieser Studie aufgedeckt wurden, durchaus von physiologischem Interesse. Deuten sie doch darauf hin, dass es einen atmungsbedingten, optimalen Wirkungsbereich des vegetativen Systems gibt. In diesem Zusammenhang erwähnenswert scheint die Anmerkung, dass nicht nur für die Baroreflex-Sensitivität ein frequenzabhängiges Verlaufsmuster auftrat, sondern auch für die Länge der gefundenen Sequenzen. Diese erreichten ihr Maximum jeweils nach dem Maximum der BRS-Indizes, wenn diese wieder abzunehmen begannen (siehe Abbildung 10 im Ergebnisteil). Auch die Auftrittszeitpunkte der Sequenzen sind aufschlussreich.

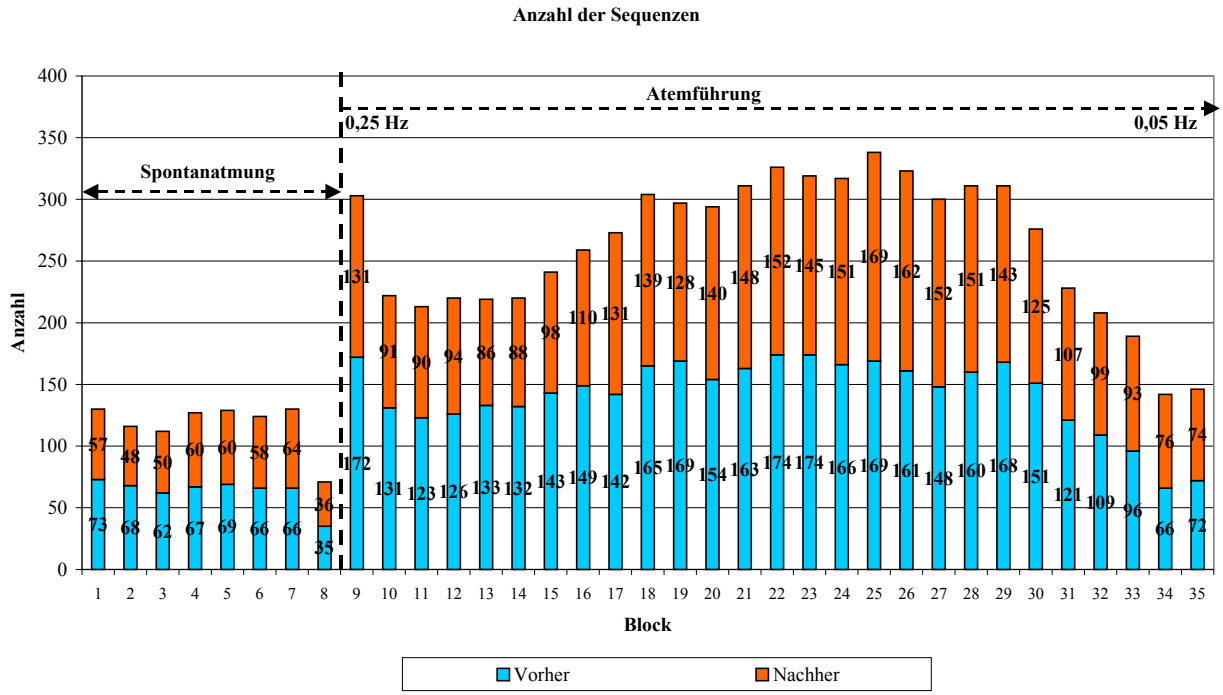

Abbildung 23: Anzahl der Sequenzen in den einzelnen Analyseblöcken aufgeteilt nach den Messzeitpunkten

Bei der Spontanatmung traten viel weniger Sequenzen auf. Dies könnte an der relativ unregelmäßigen Atmung in diesem Abschnitt gelegen haben. Im neunten Block, mit dem Beginn der Atemführung, stieg die Anzahl der Sequenzen drastisch an. In diesem Block fand

sich in jeder Messreihe mindestens eine Sequenz. Die plötzliche Synchronisation von Herzrate und Blutdruck durch eine gleichmäßige Atmung führte wahrscheinlich zu einer gebündelter auftretenden Veränderung des systolischen Blutdrucks. Obwohl die Variabilität nicht anstieg, verteilte sie sich nun auf gleichmäßige Schwingungen. Dies ließ zunächst viele Sequenzen auftreten. In der Folge passten sich die Barorezeptoren den veränderten Anforderungen an und die Anzahl der Sequenzen nahm wieder ab.

Dass die Sequenzen maximaler Länge zu einem Zeitpunkt auftraten, als die Baroreflex-Sensitivität ihr Maximum bereits überschritten hatte (siehe Abbildung 10 im Ergebnisteil), hängt ebenfalls mit der Variabilität des systolischen Blutdrucks zusammen. In dieser Phase war die Variabilität im Herzkreislauf-System sehr hoch und stieg weiter an (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7). Also mussten größere Blutdruckveränderungen ausgeglichen werden. Da die Baroreflex-Sensitivität abnahm, wurde die Herzrate nicht mehr so stark gesenkt. Vor allem verlangsamte sich aber die Atmung weiter. So dehnte sich auch die Exspirationsphase, in welche die Sequenzen fielen, aus. Dadurch verlängerten sich die Sequenzen, denn zur Regulation der großen Schwankungen im Blutdruck wurde die Herzrate während der gesamten Ausatmung gesenkt. So wurde eine Sequenz durch das Einsetzen der Herzratenakzeleration zu Beginn der Inspiration unterbrochen. Also führte die Verlangsamung der Atmung zu einer Verlängerung der Sequenzen. Als gegen Ende der Messung die Blutdruck-Variabilität abnahm, wurden die Sequenzen wieder kürzer.

4.1.3 Absorptionsfähigkeit

Problematisch bei der Messung der Absorptionsfähigkeit ist die Interaktion zwischen dem Aspekt der Persönlichkeitseigenschaft und dem der Situation. Dies schlägt sich möglicherweise in der geringen Retestreliabilität der deutschen Version der *Tellegen Absorption Scale* von $r_{tt} = 0{,}64$ nieder. So musste in dieser Untersuchung ein Proband von der Auswertung der TAS-Werte ausgeschlossen werden, da seine Messwerte von Vor- und Nachuntersuchung um deutlich mehr als zwei Standardabweichungen der Verteilung aller TAS-Werte voneinander abwichen. Die Werte der verbliebenen Versuchspersonen stimmten zu beiden Messzeitpunkten gut mit der Werte-Verteilung der Normstichprobe überein. Auch die geschlechtsspezifischen Unterschiede zeigten sich in dieser Studie in derselben Ausprägung wie in der Normstichprobe. Die Retestreliabilität zwischen Vor- und Nachuntersuchung betrug $r_{tt} = 0{,}81$. Dies deutet auf eine relative Stabilität dieses Merkmals hin und stützt die Auffassung von Absorptionsfähigkeit als Persönlichkeitseigenschaft.

Die Hypothese, Absorptionsfähigkeit würde durch Yoga-Training gesteigert werden, konnte in dieser Untersuchung nicht statistisch bestätigt werden. Der mittlere TAS-Wert stieg zwar, wie vorhergesagt, an, doch der Unterschied wurde nicht signifikant. Allerdings betrug der gefundene Effekt $d = 0{,}28$. Bei einem Stichprobenumfang von $N = 30$ und einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0{,}05$ belief sich die Teststärke auf $(1-\beta) = 0{,}44$. Eine zutreffende Alternativhypothese hatte es somit sehr schwer sich durchzusetzen. In dieser Studie repräsentierte die statistische Alternativhypothese die empirische Hypothese.

Wenn die theoretische Hypothese in dieser Untersuchung keine empirische Stützung fand, so gibt es doch einige Gründe weiter an ihr festzuhalten. Wie in der Einleitung beschrieben, besteht eine große Ähnlichkeit zwischen dem Konzept der Absorptionsfähigkeit, insbesondere wenn es um die Zustände der Absorbiertheit geht, und den Bewusstseinszuständen, wie sie durch Yoga oder Meditation hervorgerufen werden können. Zu den durch Yoga und Meditation ausgelösten Zuständen ist anzumerken, dass diese eine intensive Praxis voraussetzen. Selbst der optimistische Swami Vivekananda (1988) veranschlagt einige Monate täglichen Übens. Wie weiter oben schon ausgeführt wurde, war die Übungsintensität der Teilnehmer des untersuchten Yoga-Kurses mäßig. Hinzu kommt die Annahme, dass die Teilnahme bei den meisten Teilnehmern eher gesundheitlich als spirituell motiviert war. Vor diesem Hintergrund konnte nur ein kleiner Effekt erwartet werden. Die vorliegenden Daten zeigen einen Effekt, der es unter den gegebenen Bedingungen schwer hatte, signifikant zu werden. Eine Stichprobenplanung, bei der auch ein kleiner Effekt hätte nachgewiesen werden können, wäre jedoch nicht in Betracht gekommen, da die Kapazität des Yoga-Kurses begrenzt war und mit hohen Abbrecherquoten hätte gerechnet werden müssen.

Zusammenhang von Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität

Die Frage nach dem Zusammenhang von Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität war von zentralem Interesse bei der Überprüfung des postulierten Wirkmechanismus von Yoga-Training. Vermutet wurde, dass der Anstieg der Baroreflex-Sensitivität mit einer Zunahme in der Absorptionsfähigkeit einhergeht. Gestützt wurde diese Annahme durch Befunde von früheren Studien an der Universität Gießen. Bei diesen Studien wurde untersucht, ob eine rhythmische Stimulation der Barorezeptoren Trance induzieren könnte. Durch hin und her kippen des auf dem Rücken liegenden Körpers zwischen Positionen, in denen einmal der Kopf nach oben und die Füße nach unten und umgekehrt die Füße nach oben und der Kopf nach unten gerichtet waren, wurden die Barorezeptoren durch die Veränderung der Flüssigkeitsverteilung im Körper gereizt. Zusätzlich wurden sie noch durch

die Atmung und die dadurch gesteuerte respiratorische Sinusarrhythmie stimuliert. Wenn die Kippfrequenz und die Atemfrequenz synchron waren, konnte die Reizung der Barorezeptoren gesteigert werden, wenn mit dem Senken des Kopfes ausgeatmet wurde. Wurde mit der Senkung des Kopfes eingeatmet, so verminderte dies die Reizung der Barorezeptoren, da die Effekte der respiratorischen Sinusarrhythmie und des Kippens einander aufhoben. Bei einem solchen Versuch wurde eine Korrelation zwischen Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit gefunden. Unabhängig davon bestanden schon seit langem Hypothesen, die den Barorezeptoren eine inhibierende Wirkung auf das zentrale Nervensystem zusprachen, so dass ein Zusammenhang zwischen Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität plausibel ist.

Um festzustellen, ob die Veränderungen der Baroreflex-Sensitivität proportional zu den Veränderungen der Absorptionsfähigkeit waren, wurden in dieser Studie die Differenzen der TAS-Werte und der BRS-Indizes miteinander korreliert. Bei der Wahl eines geeigneten BRS-Indizes musste die Abhängigkeit der Baroreflex-Sensitivität von der Atemfrequenz berücksichtigt werden. So wurden Indizes gewählt, die unabhängig von der Frequenz waren, wie beispielsweise der minimale oder der maximale BRS-Index oder ein Kennwert von BRS-Indizes eines bestimmten Frequenz-Intervalls. Alle drei Möglichkeiten wurden berechnet. Für die Umsetzung der letzten Variante wurde ein Index aus den Blöcken 24 bis 35 gewählt, da dieser Abschnitt die Gipfel der BRS-Verläufe von Vor- und Nachuntersuchung umfasste und alle Probanden in mindestens zwei Dritteln der Blöcke Sequenzen aufwiesen. Keine der Korrelationen wurde jedoch signifikant.

Um ein genaueres Bild des Zusammenhangs zwischen Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität zu entwickeln, wurden anschließend die Korrelationen der oben beschriebenen BRS-Indizes mit den TAS-Werten für die Messzeitpunkte getrennt berechnet. Unter diesen Korrelationen wurde die Korrelation zwischen dem BRS-Minimum und dem TAS-Wert bei der Nachuntersuchung hochsignifikant. Die Korrelation belief sich auf $r = 0{,}559$ ($p = 0{,}001$, zweiseitig). Die Größe des Zusammenhangs vor dem Yoga-Kurs lag bei $r = 0{,}157$ ($p = 0{,}398$, zweiseitig). Alle anderen Korrelationen nahmen nach dem Yoga-Kurs ebenfalls zu, keine wurde jedoch signifikant (siehe Abschnitt 3.3.3). Selbst bei einer Adjustierung des α-Fehlerniveaus, die aufgrund der Tatsache, dass neun Korrelationen berechnet wurden, notwendig erschien, blieb die Korrelation zwischen TAS-Wert und BRS-Minimum bei der Nachuntersuchung signifikant ($\alpha' = 0{,}005$).

In Anbetracht der Tatsache, dass alle Korrelationen stärker wurden, schien der Yoga-Kurs eine Kopplung von Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit bewirkt zu haben. Die Fragen, die diese Ergebnisse jedoch aufwerfen sind:

1. Warum kommt es nur bei der Nachuntersuchung zu einer Korrelation des BRS-Minimums mit den TAS-Werten?
2. Warum korreliert das BRS-Minimum, nicht aber das BRS-Maximum oder das BRS- Mittel mit dem TAS-Wert?

Um einen Erklärungsansatz für die erste Frage zu entwickeln, wurden die Auftrittszeitpunkte der BRS-Minima von Vor- und Nachuntersuchung verglichen (siehe Abbildung 24). Dabei fiel auf, dass die Minima der Nachuntersuchung alle innerhalb der ersten 700 Sekunden der Messung auftraten. Bei der Voruntersuchung hingegen verteilten sich die Minima über die gesamte Messdauer von 1200 Sekunden. Nach 700 Sekunden betrug die Frequenz der Atemvorgabe etwa 0,16 Hz. Dieser Zeitpunkt fiel in den 20. und 21. Analyseblock. Die Verläufe der Baroreflex-Sensitivität (siehe Abbildung 10) und der Power der Herzkreislauf-Signale (siehe Abbildung 6 und Abbildung 7) begannen in beiden Messungen zu diesem Zeitpunkt erst mit ihrem Anstieg. Das Auftreten von BRS-Minima während der niedrigen Atemfrequenzen in der Voruntersuchung könnte stressbedingt gewesen sein. Stress verschiebt die sympathovagale Balance in Richtung des Sympathikus, so dass es parallel zu einem Absinken der Baroreflex-Sensitivität kommt. In der Voruntersuchung könnte das langsame Atmen zu Stress geführt haben, während bei der Nachuntersuchung den niedrigen Atemfrequenzen, vielleicht aufgrund des Yoga-Trainings, besser gefolgt werden konnte. Stress könnte also ein Grund dafür sein, dass es bei der Voruntersuchung zu keiner Korrelation zwischen BRS-Minimum und TAS-Wert gekommen war. Bei der ersten Messung waren Untersuchungsprozedur und Versuchsleiter noch unbekannt. Die zweite Messung verlief analog zur ersten und war daher vertraut. Auch zum Versuchsleiter, der ebenfalls den Yoga-Kurs leitete, bestand bei der Nachuntersuchung ein vertrauteres Verhältnis. So könnten bei der Voruntersuchung auch die BRS-Minima, die währen der ersten 700 Sekunden auftraten, durch Stressreaktionen verzerrt sein. In diesem Zusammenhang sei noch einmal an die Studie von Zachariae et al. (2000) erinnert. Dort konnte gezeigt werden, dass autonome Regulation, Absorptionsfähigkeit und Stress miteinander in Verbindung stehen. Denn in dieser Untersuchung gelang es die autonome Reaktion, gemessen über die Herzraten-Variabilitäts-Änderung, auf einen Stressor, aus der Absorptionsfähigkeit vorherzusagen.

Um einen Erklärungsansatz für die zweite oben gestellte Frage, warum das BRS-Minimum und nicht die anderen BRS-Kennwerte mit dem TAS-Wert korrelieren, zu entwickeln, wurde zunächst ein Vergleich mit anderen Studien angestellt. Die in der Gießener Kippliegenstudie gefundene Korrelation hat mit R = 0,58 die selbe Größenordnung, wie die in der vorliegenden Arbeit gefundene Korrelation von r = 0,559 zwischen dem BRS-Minimum und dem TAS-Wert.

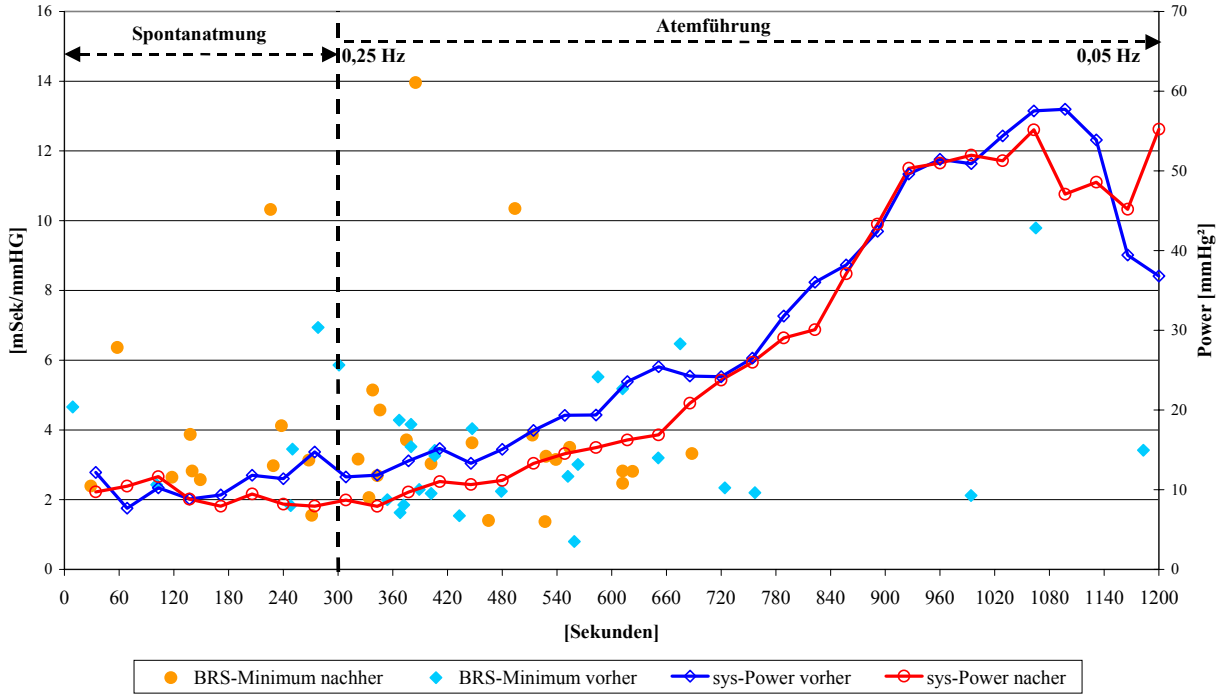

Abbildung 24: Verteilung der BRS-Minima und Variabilitätsverläufe des systolischen Blutdrucks

Unterschiede zwischen beiden Untersuchungen bestanden zum einen in der Art der Erhebung der Baroreflex-Sensitivität und zum anderen im Versuchsaufbau für die physiologische Messung. Bei der Kippliegenstudie wurde die Baroreflex-Sensitivität nicht explizit berechnet, sondern war implizit in der Berechnung des Zusammenhang zwischen TAS und der Power der Herzraten-Signale enthalten, während in dieser Arbeit die Baroreflex-Sensitivität direkt über die Sequenzmethode bestimmt wurde. Der Versuchsaufbau bei der Kippliegenstudie bestand aus fünf Phasen von je sechs Minuten Länge. Die Belastung des Herzkreislauf-Systems war zwischen den einzelnen Phasen unterschiedlich, innerhalb einer Phase jedoch konstant. Bei der vorliegenden Arbeit wurde die Belastung des Herzkreislauf-Systems kontinuierlich durch die Atemführung verändert. In Abbildung 24 ist zu sehen, dass die Power des systolischen Blutdrucks während der ersten 700 Sekunden relativ konstant ist im Vergleich zu dem folgenden Anstieg. So könnte ein Erklärungsansatz darin bestehen, dass das BRS-Minimum die „Grundempfindlichkeit“ für eine spezielle Belastungssituation des Herzkreislauf-Systems ist. Maximum und Mittelwert der Baroreflex-Sensitivität könnten

durch Anpassungsprozesse, wie beispielsweise ein „Einschwingen“, verzerrt worden sein. Die Baroreflex-Sensitivität in der Kippliegenstudie könnte diese „Grundempfindlichkeit“ widerspiegeln, da die Belastung innerhalb der Phasen konstant war und darüber hinaus die erste Minute einer jeden Phase nicht in die Auswertung einging, um „Anpassungsvorgänge“ zu berücksichtigen.

Ein weiterer Erklärungsansatz wäre die Vermutung, dass die Sequenzmethode im Zusammenspiel mit der Atemführung zyklische Fehler produziert. Wenn die Sequenzlänge durch die Veränderung der Belastung variiert, könnte sich die Steigung der Regressionsgraden durch ein Anwachsen der Sequenzlänge ändern. Da die Steigung der Regressionsgrade der Index der Baroreflex-Sensitivität ist, würden solche Fehler sich im Mittelwert der Baroreflex-Sensitivität niederschlagen.

Bei der Studie von Bowman et al. (1997), die eine Steigerung der Baroreflex-Sensitivität nach einem Yoga-Training zeigte, wurde zur Ermittlung der Baroreflex-Sensitivität eine Frequenzanalyse verwendet. Für dieses Verfahren ist die Konstanthaltung der Bedingungen wichtig und so wurde die Messung in einer Situation ohne jegliche äußere Belastung durchgeführt.

Für zukünftige Studien, die den Zusammenhang zwischen Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität untersuchen, sollte der Versuchsaufbau modifiziert werden. Die Atemführung sollte stufenweise aufgebaut werden. Es sollten für jeweils einen Zeitraum von drei bis sechs Minuten konstante Atemfrequenzen vorgegeben werden. Der niedrigsten Frequenz sollte noch einfach zu folgen sein, damit sie keinen Stressor darstellt. Trotzdem sollte sie eine hohe Variabilität der Herzkreislauf-Signale hervorrufen. Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit würden dafür eine Frequenz von etwa 0,1 Hz nahe legen. Mit dem stufenartigen Aufbau ließe sich überprüfen, ob es eine „Einschwingphase“ zu Beginn jeder neuen Belastungssituation gibt und ob die Werte gegen das BRS-Minimum als „Grundempfindlichkeit“ konvergieren. Die Verwendung verschiedener Frequenzen würde es ermöglichen, den Zusammenhang zwischen Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit genauer zu untersuchen. So könnte geprüft werden, ob die „Grundempfindlichkeit“ eines jeden Belastungsniveaus mit der Absorptionsfähigkeit korreliert.

Vor diesem Hintergrund wäre es interessant, die Daten der Kippliegenstudie mittels der Sequenzmethode zu reanalysieren. Dabei könnte die Frage nach einer „Einschwingphase“ und der Zusammenhang zwischen Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität für jede Belastungsphase untersucht werden.

4.1.4 Gesundheit

Die Erwartung, Yoga verbessere den Gesundheitszustand, rührte von den zahlreichen Studien her, die dem Yoga eine therapeutische Wirksamkeit für eine Vielzahl von Störungen bescheinigen. Darüber hinaus wurde eine Steigerung des vagalen Tonus erwartet, die mit stärkerer Homöostase einhergeht und dadurch zu einer guten gesundheitlichen Konstitution beiträgt.

Um den Gesundheitszustand der Probanden festzustellen, wurde die änderungssensitive Symptomliste aus dem Evaluationsinstrumentarium für autogenes Training von Krampen (1991) verwendet. Dieses Instrument erfasst die Symptombelastung auf sechs Subskalen mit je acht Items. Die Summe der Antwortwerte bildet die Werte für die Subskalen und den Gesamtwert. Darüber hinaus wurde nach dem Kurs der Veränderungsfragebogen zum Entspannungs- und Wohlbefinden, ebenfalls aus dem AT-EVA, verwendet, um die subjektive Einschätzung der Wirkungen des Yoga-Kurses zu erheben.

Gemessen an den von Krampen (1991) angegebenen Prozenträngen bewegten sich die Gruppenmittelwerte der Stichprobe auf der Symptomliste zum ersten Messzeitpunkt für den Gesamtwert und für alle Subskalen oberhalb der 50%-Werte. Es handelte sich demnach um eine relativ symptombelastete Gruppe. Der Gesamtwert und die Werte auf allen Subskalen hatten nach dem Kurs abgenommen. Der Unterschied beim Gesamtwert wurde mit einem $p = 0{,}001$ Wert hochsignifikant. Mit Ausnahme der Subskala Schmerz waren die Verbesserungen auf allen Subskalen mindestens auf dem $p < 0{,}05$-Niveau signifikant. Die Skalen Erschöpfung, Anspannung und Selbstbestimmung zeigten sogar Unterschiede, die auf dem $p < 0{,}01$-Niveau signifikant wurden. Alle gefundenen Effektstärken können als mittlerer Effekt angesehen werden. Der Effekt auf der Schmerz-Skala betrug sogar $d = 0{,}74$ und war damit recht groß. Allerdings betrug die Teststärke nur $(1-\beta) = 0{,}50$, so dass es für eine zutreffende Alternativhypothese schwer war sich durchzusetzen. Es bleibt festzuhalten, dass die Symptombelastung insgesamt und auf allen Subskalen stark abgenommen hat.

Dies stimmt auch mit der subjektiven Selbsteinschätzung überein, die im Anschluss an den Kurs mit dem Veränderungsfragebogen durchgeführt wurde. Krampen (1991) hat kritische Werte angegeben, um festzulegen, wann die selbstberichtete Veränderung mit einer tatsächlichen Veränderung einhergeht. Das Gruppenmittel lag oberhalb des kritischen Wertes für das $p < 0{,}01$-Niveau. Auf individueller Ebene wurde der kritische Wert für eine Verbesserung von 23% der Teilnehmer auf dem 0,1%-Niveau, für 42% auf dem 1%-Niveau

und für 55% der Teilnehmer auf dem 5%-Niveau überschritten. Den Wert des 10%-Niveaus überschritten 68% der Teilnehmer. Kein Teilnehmer berichtete Verschlechterungen.

Die Aussage, Yoga steigere das Wohlbefinden, wird durch diese Ergebnisse gestützt. Wie bei der Steigerung des vagalen Tonus, so scheint auch für eine Verbesserung des Wohlbefindens ein relativ kurzes Yoga-Übungsprogramm positive Resultate zu bringen.

4.1.5 Beweglichkeit

Ein solides *Āsana*-Programm, das nicht auf spezielle Effekte abzielt, sollte jedes Gelenk in beide Richtungen auslenken und jeden Muskel des Körpers beanspruchen. Dass ein solches Übungsprogramm die Beweglichkeit steigern sollte, ist naheliegend. Darüber hinaus gab es Überlegungen, den motivatonalen Anreiz des messbaren Beweglichkeitszuwachses zu nutzen. Außerdem könnte die hinzugewonnene Flexibilität einen Indikator für die Übungsintensität darstellen.

Um die Beweglichkeit zu messen, wurden fünf diagnostische Übungen entwickelt, welche die Hauptbewegungsrichtungen abdecken sollten. Zusätzlich wurde ein Messwert erhoben, der die Brustkorbdehnung durch die Atmung erfasste. Die bei den einzelnen Übungen gemessenen Werte wurden in einen Prozentwert umgerechnet, so dass sie vergleichbar waren und sich ein Gesamtindex bilden ließ.

Die Zunahme der im Gesamtindex repräsentierten Beweglichkeit war sehr groß. Das Signifikanzniveau von $p < 0{,}001$ wurde unterschritten und der gefundene Effekt betrug $d = 1{,}77$. Mit Ausnahme der Brustkorbdehnung gab es einen Beweglichkeitszuwachs bei jeder einzelnen Übung. Die Beweglichkeitsunterschiede bei diesen Übungen wurden alle auf dem $p < 0{,}001$-Niveau signifikant. Der kleinste gefundene Effekt betrug $d = 0{,}67$, alle anderen waren größer als $d = 0{,}8$ und zwei mit $d = 1{,}54$ und $d = 1{,}79$ sogar deutlich größer als eins. Der Messung der Brustkorbdehnung fehlte es anscheinend an Reliabilität. Im Vorfeld der Studie war es nicht gelungen, ein Spirometer für die Messungen zu beschaffen, um eine exakte Messung des Lungenvolumens durchzuführen. Eine Messung des Brustkorbumfangs über der Kleidung erwies sich als zu ungenau, da sich beispielsweise die Kleidung zu beiden Messzeitpunkten, bedingt durch die verschiedenen Jahreszeiten, unterschied.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ein systematisches Übungsprogramm von Körperhaltungen aus dem *Haṭha*-Yoga, selbst bei nur einmaligem Üben pro Woche, nach zehn Wochen einen großen Beweglichkeitszuwachs bei Anfängern bewirkt.

4.1.6 Tranceinduktion

Die Hypothese, Yoga-Training erhöhe die Fähigkeit, veränderte Bewusstseinszustände zu erleben, hat ihren Ursprung in mehreren Überlegungen. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Absorptionsfähigkeit. Es wurde berichtet, dass die Trancetiefe, die durch eine bestimmte Stimulation hervorgerufen wird, abhängig von der Absorptionsfähigkeit ist (Pekala, 1985). Zudem gibt es die Verwandtschaft von Zuständen der Absorbiertheit und dem mystischen Erleben, welches durch Yoga ausgelöst werden kann (Ott, 2003). Als Bindeglied gibt es eine Semesterarbeit an der Universität Gießen, die gezeigt hat, dass die bloße Aufmerksamkeit auf die Atmung schon einen veränderten Bewusstseinszustand auslösen kann. Die Atem-aufmerksamkeit wurde dabei durch eine Instruktion erreicht, die den Probanden anwies die Länge der Ein- und der Ausatmung durch Zählen zu bestimmen, ohne dadurch den natürlichen Atemrhythmus zu verändern (Strüwing, 2002). So bot es sich an, die Atemführung, die für die physiologische Messung benutzt wurde, als Tranceinduktion zu verwenden und den Zusammenhang mit der Absorptionsfähigkeit und dem Yoga zu untersuchen. Da eine Steigerung der Absorptionsfähigkeit vorhergesagt wurde, wurde bei der zweiten Messung eine stärkere Bewusstseinsveränderung erwartet. Allerdings berücksichtigte diese Hypothese nicht eventuelle Gewöhnungseffekte, die bei der zweiten Messung auftreten konnten. Quantifiziert wurden die Bewusstseinszustände mit der deutschen Version des *Phenomenology of Consciousness Inventory*, einem Fragebogen, der das Erleben in einer bestimmten Situation erfasst. Eine Situation muss immer bezüglich einer Referenzsituation beurteilt werden, da es interindividuelle Unterschiede im Erleben gibt. Als Referenzsituation diente in dieser Untersuchung ein einminütiges, aufrechtes Sitzen auf einem Stuhl mit geschlossenen Augen. Aus den Items des Fragebogens kann der pHGS-Wert, „predicted Harvard Group Scale“, berechnet werden. Dabei handelt es sich um eine Schätzung des Wertes, der auf der *Harvard Group Scale of Hypnotic Susceptibility* erreicht worden wäre.

Die Auswertung der pHGS-Werte zeigte eine deutliche Veränderung des Bewusstseinszustandes nach der geführten Atmung. Die Unterschiede der pHGS-Werte zwischen Baseline und erster sowie zwischen Baseline und zweiter Messung wurden jeweils signifikant. Die gefundenen Effekte beliefen sich auf $d = 0{,}44$ bei der Voruntersuchung und $d = 0{,}43$ bei der Nachuntersuchung. Allerdings betrugen die mittleren pHGS-Werte bei der Voruntersuchung 4,96 und bei der Nachuntersuchung 4,80 Einheiten. Der Baseline-Wert erreichte 4,47 Einheiten. Für Trance-Zustände sind Werte von ungefähr sieben Einheiten zu erwarten. Selbst bei einer leichten Trance belaufen sich die Werte auf über fünf Einheiten. Der Unterschied zwischen den pHGS-Werten der ersten und der zweiten Atemführung wurde

nicht statistisch signifikant. Die Mittelwerte zeigen bereits den nicht hypothesenkonformen Werteverlauf. Obwohl die Absorptionsfähigkeit zugenommen hatte, wenn auch nicht statistisch signifikannt, veränderte sich der Bewusstseinszustand bei der zweiten Messung weniger, im Bezug zur Baseline, als bei der ersten Messung. Unabhängig davon konnte der Zusammenhang zwischen der Absorptionsfähigkeit und den Bewusstseinsveränderungen nachgewiesen werden. Zwei multiple Korrelationen, je eine für Vor- und Nachuntersuchung, in die der pHGS-Wert der Baseline und der jeweiligen Messung als Prädiktoren eingingen, sagten den TAS-Wert des jeweiligen Messzeitpunkts vorher. Für beide Regressionsgleichungen wurden die multiplen Regressionskoeffizienten auf dem α-Niveau von 1% signifikant. Sie betrugen $R = 0{,}53$ ($R^2 = 0{,}281$) für die erste Messung und $R = 0{,}536$ ($R^2 = 0{,}287$) für die zweite Messung.

Der Zusammenhang zwischen der Bewusstseinsveränderung und der Absorptionsfähigkeit konnte also bestätigt werden. Dazu ist noch anzumerken, dass die pHGS-Werte der Baseline und der ersten und zweiten Messung hoch miteinander korrelieren (siehe Tabelle 18). Gleiches gilt auch für die TAS-Werte, die Retestreliabilität dieser Untersuchung betrug $r_{tt} = 0{,}81$. So ist es plausibel, dass sich die TAS-Werte für beide Messzeitpunkte aus den pHGS-Werten der Baseline und der jeweiligen Messung vorhersagen ließen, obwohl die pHGS-Werte der beiden Messungen unterschiedlich waren.

Die trotz gestiegener Absorptionsfähigkeit niedrigeren pHGS-Werte in der zweiten Messung könnten ihre Ursache darin haben, dass die Atemführung zur Induktion von Trance ungeeignet war. Gerade bei den langsamen Frequenzen gegen Ende der Messung berichteten viele Probanden von Schwierigkeiten der Atemvorgabe zu folgen. Dieser Aspekt widerspricht der Charakteristik der Anstrengungsfreiheit von Absorptionszuständen, so dass es nie zu einem „gehen lassen“ und einem Trancezustand kam. Die Probanden bewegten sich während der Atemführung also in einem reflektierten Zustand und verfügten noch über Meta-Kognitionen. Vor diesem Hintergrund sind die beiden Subskalen des PCI zu betrachten, die für das unterschiedliche Niveau des pHGS-Wertes bei den beiden Atemführungen verantwortlich gemacht werden können. Bei diesen Subskalen handelte es sich um „Self-Awareness“ und „Internal Dialogue“. Beide gehen mit negativem Vorzeichen in die Prädiktionsgleichung ein. Da sie bei der zweiten Messung höher ausfielen, als bei der ersten Messung, senkten sie den pHGS-Wert. Es ist gut möglich, dass diese beiden Dimensionen bei der zweiten Messung ausgeprägter waren, da die Messprozedur mit der Atemführung schon von der Voruntersuchung vertraut war und vermutlich weniger Aufmerksamkeit erforderte, so

dass Meta-Kognitionen möglicherweise vermehrt wahrgenommen wurden und zu mehr innerem Dialog und größerer Selbstaufmerksamkeit führten.

4.1.7 Kurs-Abbrecher

Die meisten Abbrecher verließen den Kurs frühzeitig, d. h. schon nach den ersten Übungsstunden. Die Gründe für den Abbruch des Kurses sind nicht erhoben worden. Da aber alle an der Voruntersuchung teilgenommen hatten und eine breite Datenbasis vorlag, wurden die Daten der Kursabbrecher mit denen der Absolventen verglichen, um eventuelle Unterschiede zwischen diesen Gruppen aufzuspüren. Schon beim beschreibenden Vergleich der Daten wurden einige Unterschiede deutlich. So zeigte die Frequenzanalyse bei den Abbrechern eine schlechte Synchronisation der Herzrate im unteren Frequenzbereich, bei dem die Synchronisation normalerweise äußerst stabil war. Die Poweranalyse wies starke Unregelmäßigkeiten im Atemzugvolumen auf. Diese Unregelmäßigkeiten stützen die Vermutung, die schon in der Hauptanalyse geäußert wurde, dass das Atemzugvolumen über die Atembewegung die Variabilität des diastolischen Blutdrucks determinierte.

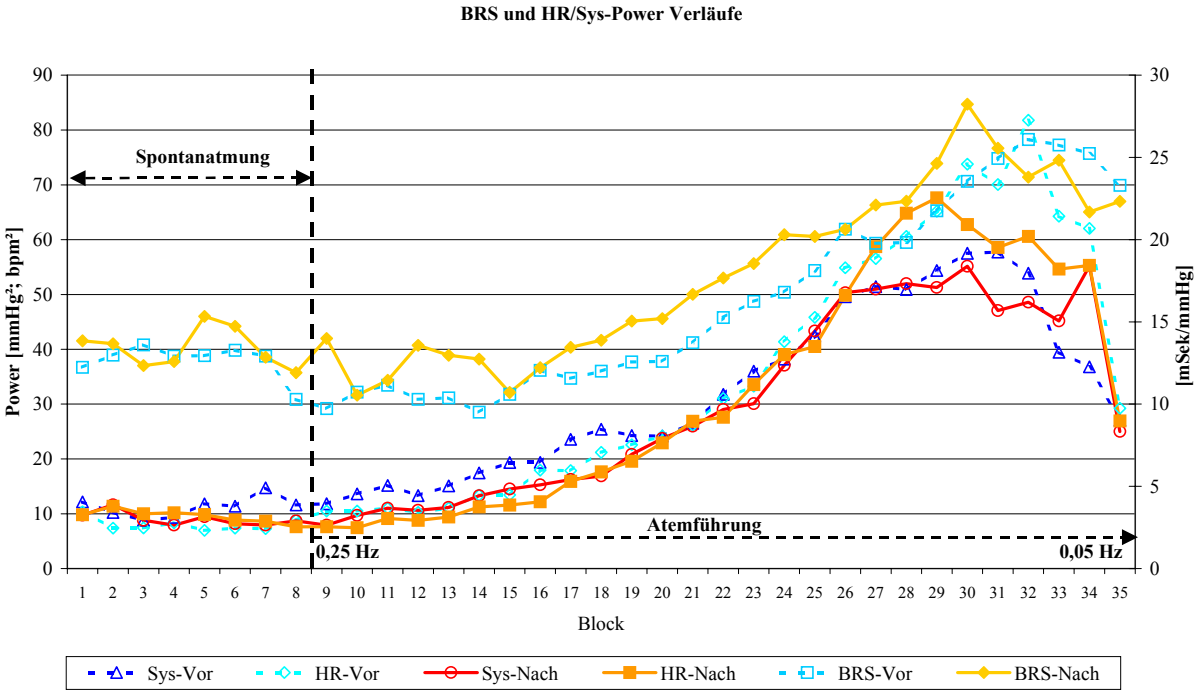

Abbildung 25: Verläufe der Power der Herzkreislaufsignale und der BRS-Indizes bei den Kursabbrechern

Darüber hinaus lassen die Ergebnisse der Poweranalyse bei den Abbrechern ebenfalls die Annahme eines Zusammenhangs zwischen dem Atemzugvolumen und dem systolischen Blutdruck zu und stützten damit eine der Hypothesen bezüglich des Ursprungs der respiratorischen Sinusarrhythmie. Diese Hypothese besagt, dass durch die Druckver-

änderungen im Brustkorb, die durch die Atembewegungen verursacht werden, der Blutdruck verändert würde und diese Veränderung über den Baroreflex auf die Herzrate rückgekoppelt wird. Was die Baroreflex-Sensitivität betrifft, so sind die Werteverläufe sowohl der BRS-Indizes als auch der Sequenzlängen unregelmäßiger als bei den Absolventen. Dies könnte natürlich auf dem kleinen Stichprobenumfang von N = 13 beruhen und damit nicht auf einen Unterschied hinweisen. In Abbildung 25 können zur Veranschaulichung das Signal der Blutdruckpower mit dem Verlauf von Baroreflex-Sensitivität und Sequenzlänge verglichen werden. Ein Unterschied zwischen Abbrechern und Absolventen bestand darin, dass die Abbrecher im Mittel signifikant weniger Sequenzen aufwiesen ($p = 0{,}025$).

Unterschiede zwischen beiden Subgruppen wurden auch bei der Absorptionsfähigkeit offensichtlich. Die Abbrecher erzielten TAS-Werte, die deutlich über denen ihrer Referenzgruppe lagen. Diesbezüglich war auffallend, dass die Korrelationen mit den BRS-Indizes alle ein negatives Vorzeichen hatten. Bei den Absolventen gab es keine Korrelation mit negativen Vorzeichen. Alle Korrelationen waren im Betrag größer als $r = 0{,}3$, blieben aber insignifikant, da die Abbrechergruppe nur aus N = 13 Personen bestand.

Der letzte augenfällige Unterschied bezog sich auf den Zusammenhang zwischen den pHGS-Werten und der Absorptionsfähigkeit. Konnte bei den Kursabsolventen mittels multipler Regression gezeigt werden, dass das Erleben von Bewusstseinszuständen abhängig von der Absorptionsfähigkeit ist, so konnte diese Regressionsgleichung nicht zur Prädiktion der TAS-Werte der Abbrecher verwendet werden, da eine Kreuzvalidierung nicht gelang. Bei den Abbrechern bestand demnach eine andere oder keine Beziehung zwischen den pHGS- und TAS- Werten. Es schien als hätten die Abbrecher ihre Absorptionsfähigkeit überschätzt.

Bei dem Versuch, die Unterschiede zwischen Absolventen und Abbrechern auf statistische Signifikanz zu testen, wurde eine schrittweise Diskriminanzanalyse gerechnet. So konnte festgestellt werden, welche Prädiktoren zu einer Unterscheidung der beiden Gruppen beitrugen. Als potentielle Prädiktoren wurden Alter und Geschlecht, sowie der Beweglichkeitsindex, der Wert der Symptomliste des AT-EVA, die Differenz der pHGS-Werte von erster Messung und Baseline, das Minimum der BRS-Indizes und der TAS-Wert in die Analyse eingeführt. Als Kriterium für den Einschluss eines Prädiktor wurde ein F-Wert von 0,10 und als Kriterium für den Ausschluss ein F-Wert von 0,15 gewählt. Auf diese Weise wurde relativ wohlwollend getestet. Signifikante Prädiktoren waren mit dem BRS-Minimum und dem TAS-Wert die zentralen Elemente dieser Studie. Die Diskriminanzfunktion klassifizierte mit 28 von 31 Absolventen und 5 von 13 Abbrechern 75% der Probanden

richtig. Dies soll kein Argument für eine Vorauswahl von Teilnehmern für Yoga-Kurse sein, sondern nur zeigen, dass es signifikante Unterschiede auf zentralen Parametern gibt, die gegebenenfalls näher untersucht werden könnten.

4.2 Kritik der Methoden

In diesem Abschnitt sollen der Versuchsaufbau, die Durchführung der Studie und die verwendeten Methoden kritisch diskutiert werden, um Schwachstellen aufzudecken und künftigen Untersuchungen Ansatzpunkte zu bieten.

4.2.1 Versuchsplanung

Hauptanliegen der vorliegenden Studie war es, einen Wirkmechanismus des Yoga-Trainings zu beschreiben und zu prüfen. Ausgangspunkt für die Formulierung eines Wirkmechanismus waren Ergebnisse einer Untersuchung an der Universität Gießen, die einen Zusammenhang zwischen der Baroreflex-Sensitivität und der Absorptionsfähigkeit fand. Die Baroreflex-Sensitivität ist ein Index für den vagalen Tonus eines Organismus. Die Absorptionsfähigkeit ist eine Persönlichkeitseigenschaft, welche die Neigung eines Menschen ausdrückt, Zustände der Absorbiertheit erleben zu können. Zustände der Absorbiertheit weisen große Ähnlichkeit mit Bewusstseinszuständen auf, die durch Yoga oder Meditation hervorgerufen werden. Darüber hinaus besteht die Vermutung, dass Yoga-Training den vagalen Tonus anhebt. Der postulierte Wirkmechanismus besagt, dass durch Yoga-Training die Baroreflex-Sensitivität als Index für den vagalen Tonus ansteigt und es parallel zu einem Anstieg der Absorptionsfähigkeit kommt. Aus dieser Annahme leiteten sich mehrere Hypothesen direkt und indirekt ab. Zunächst wurde ein Anstieg der Baroreflex-Sensitivität und der Absorptionsfähigkeit durch ein Yoga-Training erwartet. Da der vagale Tonus das Ausmaß an trophotroper Aktivität eines Organismus widerspiegelt und somit ein Index für den gesundheitlichen Zustand ist, wurde eine Verbesserung des Gesundheitszustandes durch Yoga-Training vorhergesagt. Eine weitere indirekte Hypothese resultierte aus der erwarteten Steigerung der Absorptionsfähigkeit. Da angenommen wird, Absorptionsfähigkeit moduliere das Erleben von Bewusstseinszuständen, wurde vermutet, dass die Bewusstseinsveränderung auf einen tranceinduzierenden Stimulus nach einem Yoga-Training stärker ist als vor dem Training. Unabhängig von den bisherigen Überlegungen zu dem Wirkmechanismus wurde aus den Charakteristika der in einem Yoga-Kurs geübten Körperhaltungen die Hypothese abgeleitet, Yoga steigere die Beweglichkeit.

Um diese Hypothesen zu prüfen, wurde eine Studie geplant, die Effekte eines Yoga-Kurses auf die Beweglichkeit, die autonome Regulation, die Absorptionsfähigkeit und das Tranceerleben untersuchen sollte.

Yoga-Kurs

Als Intervention wurde ein zehnwöchiger ***Haṭha***-Yoga-Kurs nach der Iyengar-Methode durchgeführt. Der ***Haṭha***-Yoga eignet sich unter allen Yoga-Stilrichtungen am besten für eine solche Untersuchung, da er sehr auf den gesundheitlichen Aspekt ausgerichtet ist und seinen Schwerpunkt auf dem Gebiet der Körperhaltungen und der Atemübungen hat, die in unseren Überlegungen eine wichtige Rolle spielen. Die eben erwähnten Charakteristika gelten besonders für die Iyengar-Form des ***Haṭha***-Yoga. B.K.S. Iyengar hat die Körperhaltungen des ***Haṭha***-Yoga überarbeitet und verdankt seine große Popularität nicht zuletzt der therapeutischen Verwendung von Yoga-Techniken. An der Wahl dieser Stilrichtung gibt es nichts auszusetzen, denn ihre Wirksamkeit ist bereits in zahlreichen Untersuchungen gezeigt worden (Birkel & Edgren, 2000; Iyengar, 1991; Lamb Feuerstein, 2001; Motajová & Vicenik, 1989; Raub, 2002).

Der Yoga-Kurs sollte mit gesunden Probanden durchgeführt werden, die in ihrer körperlichen Funktionalität nicht eingeschränkt waren, um ein allgemeines Übungsprogramm, ohne besondere Einschränkungen durchführen zu können. Aus diesem Grund wurde eine studentische Zielgruppe anvisiert und der Yoga-Kurs im Rahmen des Hochschulsports an der Universität Greifswald durchgeführt. Dieser Rahmen grenzte die Kursdauer auf zehn Wochen ein, denn dies war das längste Zeitintervall innerhalb eines Semesters, das nicht durch Ferien unterbrochen wurde. Die Kontinuität erschien als wichtige Vorraussetzung für das Auftreten von Effekten. Natürlich wäre ein längerer Untersuchungszeitraum wünschenswert gewesen, um stabilere Effekte zu erzielen und den Verlauf der Veränderungen besser dokumentieren zu können. Auch hatte sich gezeigt, dass der Effekt bei der Absorptionsfähigkeit klein war und nicht signifikant wurde, so dass ein größerer Interventionsumfang mehr Aufschlüsse hätte geben können. Diese Überlegung führt zum nächsten Problem, der Übungsintensität. Die Auswertung der Übungszeiten hatte gezeigt, dass die Teilnahme an den Übungsstunden bei etwa der Hälfte der Probanden verhalten war und nicht als ernsthaft bezeichnet werden konnte. Zudem wurde in der gesamten Gruppe wenig selbstständig geübt. Für zukünftige Studien ist zu überlegen, wie die Übungsintensität erhöht werden kann. Bei dieser Studie wurde den Teilnehmern ein Begleitheft zur Verfügung gestellt, das Beschreibungen von fast allen Übungen enthielt. Nach Rücksprache mit einigen Teilnehmern zeigte sich das Problem

dieses Ansatzes. Da die Übungen für die Probanden gerade zu Beginn des Kurses noch nicht sehr vertraut waren, musste beim individuellen Üben ständig nachgelesen werden, was den Übungsfluss hemmte und die Eigeninitiative zum Erliegen brachte. Eine Möglichkeit diese Hürde zu überwinden, wäre die Zusammenstellung von Übungsreihen mittels akustischer Anweisungen, die auf Kassetten oder CDs aufgenommen werden könnten.

Ein weiteres problematisches Element war die Größe des Kurses. Da eine Abbrecherquote von 50% aufgrund früherer Erfahrungen erwartet wurde, musste die Teilnehmerzahl auf ein Niveau gesetzt werden, das einen ausreichend großen Stichprobenumfang gewährleistete. Der Kurs wurde dementsprechend für 40 Teilnehmer ausgeschrieben und zu den ersten Übungsstunden erschienen fast 50 Teilnehmer. Die räumliche Kapazität der Halle war für diese Anzahl von Leuten durchaus ausreichend, allerdings litt die individuelle Betreuung. Eine intensive Betreuung verbessert wahrscheinlich den Übungseffekt. Da in dieser Studie bereits zwei wöchentliche Übungstermine angesetzt waren, nur ein Übungsleiter zur Verfügung stand und darüber hinaus die Kapazitäten des Hochschulsports begrenzt waren, ließ sich eine Durchführung von zwei Kursen nicht realisieren.

Was das Übungsprogramm selbst betraf, so war die Zielsetzung, den Teilnehmern ein vorher ausgearbeitetes Übungsprogramm stufenweise zu vermitteln. Das Programm bestand aus den Basisübungen und deckte das gesamte Spektrum von Standübungen, Sitzübungen, Vorwärts- und Rückwärtsbeugen, einer Umkehrhaltung, Drehübungen und Entspannung ab. Darüber hinaus war noch eine fünfzehnminütige Meditation eingeplant. Im allgemeinen bewältigten die Probanden die Körperhaltungen sehr gut und gegen Ende des Kurses konnten sogar anspruchsvollere Übungen durchgeführt werden. Problematisch war die Zeiteinteilung einer Übungsstunde. Das Übungsprogramm war für neunzig Minuten konzipiert. Aufgrund der anfänglichen Kursgröße und der starken Ausbuchung der Halle standen diese neunzig Minuten nie ganz zur Verfügung. Meistens litt die Meditation unter der Zeitknappheit. Daher muss grundsätzlich hinterfragt werden, ob dieses Element notwendig war. Denn einmal beinhaltet ein klassischer Anfängerkurs keine Meditation. Zum anderen stellt sich die Frage, ob durchschnittlich zehn Minuten Meditation pro Woche einen Effekt erbringen. Zumal die Teilnehmer im Rahmen des Kurses keine genaue Einführung in die Meditation erhielten.

Versuchsplan

Geplant worden war, die Teilnehmer des Kurses einmal vor und einmal nach dem Kurs zu untersuchen. Mit diesem Design hatte die Studie nur explorativen Charakter. Um die

Veränderungen tatsächlich auf das Yoga-Training zurückführen zu können, hätte es der Erhebung einer Kontrollgruppe bedurft. Eine andere Möglichkeit wäre eine Zeitreihenanalyse gewesen, bei der die Kursteilnehmer mehrmals, nach festgelegten Zeitintervallen, untersucht worden wären. Beide Möglichkeiten wurden aufgrund des hohen organisatorischen Aufwands verworfen. Es ist in Erwägung gezogen worden, einen Aerobic-Kurs des Hochschulsports als Vergleichsgruppe zu erheben. Doch auch hier erschien der organisatorische Aufwand zu groß. Zudem waren die Aerobic-Kurse viel kleiner und die Teilnehmer konnten für die Teilnahme an der Studie nicht entlohnt werden.

Nachfolgende Untersuchungen sollten jedoch versuchen, die eindeutige kausale Zuschreibung der Effekte auf das Treatment sicherzustellen. In einer Untersuchung, die sich auf die zentralen Elemente, Erfassung der Baroreflex-Sensitivität und der Absorptionsfähigkeit, beschränkt, ist es vielleicht möglich, mit kleineren Yoga-Kursen und einer Kontrollgruppe zu arbeiten. Für die physiologischen Maße könnte auch mit einem Zeitreihendesign gearbeitet werden. Dies würde sich für eine Arbeit mit der *Tellegen Absorption Scale* jedoch nicht anbieten, denn irgendwann sind die 34 Items bekannt und das Rating wird in Bezug auf vorherige Antworten durchgeführt.

Messungen

Die Termine für die physiologischen Messungen hatten sich die Probanden selbst ausgesucht. Ein Kritikpunkt ist, dass Beweglichkeit und Herzkreislauf-Signale von der Tageszeit abhängig sind. Deshalb hätten die Messtermine jeweils zur selben Uhrzeit stattfinden müssen. Von dieser Bedingung wurde abgesehen, da sie organisatorische Schwierigkeiten mit sich gebracht hätte und zunächst nur ein Interesse an der Variabilität der Herzkreislauf-Signale bestand. Da die Barorezeptoren jedoch einen Wirkungsbereich haben, der von der Stärke des systolischen Blutdrucks begrenzt wird, wäre eine Konstanthaltung der Bedingungen wünschenswert gewesen.

4.2.2 Messinstrumente

Nachfolgend werden die verwendeten Messinstrumente diskutiert um ihre Stärken und Schwächen herauszuarbeiten und ihren Einsatz in dieser Studie zu bewerten.

Übungsprotokoll

Die Übungsprotokolle bestanden aus einem Kalenderblatt über den Zeitraum des Yoga-Kurses. Darauf sollten die Teilnehmer ihre Übungszeiten protokollieren. Zusätzlich wurde bei den Übungsstunden eine Anwesenheitsliste geführt. Die Teilnahme an den Übungsstunden wurde von den Teilnehmern sehr gewissenhaft festgehalten. Bei der freien Übung muss allerdings davon ausgegangen werden, dass die Werte nur geschätzt wurden und oft aus dem Gedächtnis rekonstruiert waren. Dies ist jedoch kein Problem des Übungsprotokolls als Messinstrument, sondern liegt an der mangelnden Ernsthaftigkeit der Teilnehmer. Am besten wäre es natürlich viele Übungsstunden anzubieten, um auf diese Weise eine bessere Kontrolle über die Übungszeit zu erreichen. Dieser Ansatz stößt leider schnell an organisatorische Grenzen und das Übungsprotokoll kann als der beste Kompromiss angesehen werden.

Bestimmung des vagalen Tonus

Für dieses Element der Studie gab es keine Standards, die auf die Fragestellung angewendet werden konnten. So musste eine eigene Messanordnung entwickelt werden. Im Zentrum der Überlegungen stand die Atmung, da sie einerseits wichtig für die autonome Regulation und andererseits ein grundlegendes Element der Yoga-Praxis ist. Inspiriert durch Studien, die sich mit der Herzratenvariabilität bei der Meditation befassten, sollte der vagale Tonus über die Variabilität im Herzkreislauf-System erfasst werden. Dazu wurde die verwendete Atemführung entwickelt, bei der einer Phase der spontanen Atmung eine Atemführung folgte, welche die Atemfrequenz linear von 0,25 Hz auf 0,05 Hz absenkte. Mit dieser Anordnung sollten die Variabilität des Herzkreislauf-Systems bei natürlicher Atmung bestimmt werden und die Atemfrequenz, die maximale Variabilität hervorruft, identifiziert werden. Im Laufe der Vorbereitung rückte die Baroreflex-Sensitivität als Index für den vagalen Tonus in den Vordergrund. Diese ließ sich aus dem vorhandenen Datenmaterial mit der Sequenzmethode gut und einfach berechnen. Aus der Diskussion der Ergebnisse zum Zusammenhang von Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit (Abschnitt 4.1.3) sollte in künftigen Untersuchungen geprüft werden, ob für die Bestimmung der Baroreflex-Sensitivität ein längeres Atmen mit einer konstanten Frequenz vorteilhaft wäre. Wenn die Baroreflex-Sensitivität primäres Ziel einer Untersuchung ist und eine Bestimmung der Variabilitäten vernachlässigt werden kann, so ergeben sich daraus mehrere positive Konsequenzen. Die Atemführung könnte so gestaltet werden, dass nur wenige Frequenzen vorgegeben und diese für jeweils einen Zeitraum von mindestens zwei Minuten beibehalten werden. Das würde dazu führen, dass die BRS-Indizes präziser werden, da die Barorezeptoren, nachdem sie sich

an die Bedingungen adaptiert haben, wahrscheinlich gegen einen repräsentativen Wert konvergieren. Dies würde die Auswertung der Daten vereinfachen. Die langsamen Frequenzen könnten weggelassen werden. Durch diese Maßnahme könnten die Probanden der Atemführung vermutlich leichter folgen und damit wäre die Atemführung besser zur Tranceinduktion geeignet.

Ein Vergleich der Auswertungsroutine zur Bestimmung der Sequenzen auf Basis der Rohdaten und auf Basis der korrigierten Daten zeigt, dass die Anzahl der gefundenen Sequenzen nach der Korrektur im Schnitt um 2,20 Sequenzen pro Datensatz höher lag. Allerdings veränderte sich auch die Anzahl der Sequenzen bei nicht korrigierten Datensätzen. Dabei scheint es sich um Fehler zu handeln, die durch die Rundung bei der Datentransformation ins Vitaport-Format entstanden waren. Bei dem Versuch Fehler zu beheben, sind also auch neue entstanden. Letztlich korrelierte die Anzahl der Sequenzen zwischen der Auswertung auf Basis der Rohdaten und auf Basis der korrigierten Daten zu $r = 0{,}993$. Die mittleren BRS-Indizes der einzelnen Probanden zwischen Rohdaten und korrigierten Daten korrelierten mit $r = 0{,}929$. Wobei dieser Unterschied hauptsächlich auf die Korrekturen zurückzuführen ist. Insgesamt waren beide Auswertungen jedoch sehr ähnlich. Es bestünde die Möglichkeit, Korrekturen an den Daten innerhalb der Prozedur zur Isolierung der Sequenzen automatisch vorzunehmen. Sei es auch nur indem Sequenzen, die fragwürdige Herzraten und Blutdruckveränderungen enthalten, ausgeschlossen werden. Diese Maßnahme würde die Auswertung der Daten viel effizienter machen, ohne dass diese darunter zu leiden hätte. Prinzipiell besteht mit dem Programm „findjump.awk“ sogar schon ein Implementierungsansatz.

Tellegen Absorption Scale

Die TAS ist ein einfach zu handhabendes und schnell zu erhebendes Fragebogeninstrument. Problematisch ist lediglich die Interaktion zwischen Persönlichkeitsmerkmal und Situation, welche die Reliabilität der Messung einschränken kann. So musste auch in dieser Studie ein Proband von der Auswertung der Absorptionsfähigkeit ausgeschlossen werden, da sich die Messwerte von Vor- und Nachuntersuchung so stark unterschieden, dass bei einer der beiden Messungen eine situative Komponente wirksam gewesen sein musste. Da zur Zeit jedoch keine andere Möglichkeit bekannt ist, Absorptionsfähigkeit zu messen, bestehen keine Alternativen.

AT-EVA

Die änderungssensitive Symptomliste des AT-EVA ist ein Instrument, das einfach zu handhaben ist und das die Unterschiede in der Symptombelastung aufzeigt. Entwickelt worden ist sie zur Evaluation von autogenem Training. Zur Diagnostik von Störungen ist das Instrument sicher nicht geeignet. Doch für die Untersuchung einer nicht-klinischen Stichprobe auf ihren allgemeinen gesundheitlichen Zustand ist sie gut verwendbar. Die Verwandtschaft von autogenem Training und Yoga machen das Instrument auch für die Evaluation eines Yoga-Kurses einsetzbar.

Der Veränderungsfragebogen des AT-EVA wurde im Anschluss an den Kurs verwendet, um die wahrgenommenen Veränderungen während des Kurses zu erfragen. Dieser Fragebogen erhebt letztlich die auf den Kurs attribuierten Veränderungen und hat hohen Suggestivcharakter. Dies zeigt sich auch in den hohen Punktwerten der kritischen Differenzen, die überschritten werden müssen, um von tatsächlichen Veränderungen ausgehen zu können. Interessant sind die Ergebnisse nur im Zusammenhang mit anderen, objektiveren Daten, wie beispielsweise der parallelen Zunahme des vagalen Tonus in dieser Untersuchung oder der Symptomliste.

Beweglichkeitsmessung

Die Beweglichkeit wurde über diagnostische Übungen erfasst. Die Reliabilität dieser Übungen ist kritisch zu betrachten. Beweglichkeit wird von vielen Faktoren beeinflusst. So spielt die Tageszeit eine Rolle, morgens ist der Körper unbeweglicher als am Abend. Außerdem ist der Zustand der Muskulatur relevant. Wenn ein Proband etwa mit dem Fahrrad zur Messung kam oder vor der Messung beim Sport war, so wird er beweglicher sein. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Präzision, mit der die Messung durchgeführt wird. Es muss auf eine exakte Körperhaltung geachtet werden, die Anweisungen müssen genau und einheitlich sein. Dem Probanden muss klar sein, dass er sich maximal bewegen soll und er darf keine unerlaubten Hilfen benutzen. Die Körperhaltungen und die Messpositionen müssen exakt genormt sein, um eine reliable Messung zu gewährleisten. So sind die Übungen sicher nicht für Präzisionsmessungen geeignet, wenn allerdings große Veränderungen zu erwarten sind, bieten diese Übungen eine Möglichkeit, die Beweglichkeit schnell und mit ausreichender Genauigkeit zu erfassen.

Phenomenology of Consciousness Inventory

Der PCI ist ein leicht zu handhabendes Fragebogeninstrument zur Erfassung der Veränderung von Bewusstseinszuständen. Bewusstseinszustände sind im allgemeinen schwer zu quantifizieren. Der Ansatz eine Referenzsituation zu schaffen und die individuelle „Normalität“ eines Subjekts mit einzubeziehen, hat sich bewährt. Dem PCI liegt ein theoretisches Modell von Bewusstseinszuständen zugrunde, nach dem das Erleben mit Hilfe eines Satzes von Dimensionen beschrieben werden kann. Mit dem pHGS-Wert lässt sich auch ein Index bestimmen, der eine Aussage über die hypnotische Wirkung einer Situation macht. Zu beachten bei der Verwendung des PCI ist die Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Induktionsstimuli.

4.3 Fazit

Abschließend kann festgehalten werden, dass die vorliegende Studie durchaus zu einem Erkenntnisgewinn geführt hat. Dieser Wissenszuwachs betrifft die angestrebten Ziele: Beschreibung und empirische Prüfung eines physiologischen Wirkmechanismus des Yoga-Trainings, Erkenntnisse zu den damit verbundenen physiologischen Grundlagen und Methoden zu deren Untersuchung.

Grundlegend sind die Einblicke in das Verhalten der Baroreflex-Sensitivität. Die gefundene Korrelation zwischen dem absoluten Minimum der Baroreflex-Sensitivität und der Absorptionsfähigkeit regte fruchtbare Überlegungen über die Natur der Baroreflex-Sensitivität an. Die Vermutungen, die in diesem Zusammenhang gemacht worden sind, müssen in nachfolgenden Studien überprüft werden. Es muss festgestellt werden, ob die gebildeten Blockmittelwerte der BRS-Indizes repräsentativ für den vagalen Tonus waren. Dafür spricht, dass die Messbedingungen absolut identisch waren und das Herzkreislauf-System vergleichbaren Bedingungen ausgesetzt war. Wenn die Mittelwerte der einzelnen Analyseblöcke für die Baroreflex-Sensitivität bei der Nachuntersuchung höher waren als bei der Voruntersuchung, so zeigt dies, dass die Fähigkeit des Organismus, den Parasympathikus zu aktivieren, gestiegen ist. Der Organismus ist also in der Lage, den vagalen Tonus im Bedarfsfall stärker anzuheben, als er dies auf dieselbe Anforderung vor dem Kurs vermochte.

Die Baroreflex-Sensitivität ist keine statische, sondern eine äußerst dynamisch Größe ist. Dies macht durchaus Sinn, denn sie ist ein Index für den vagalen Tonus und der unterliegt ebenfalls permanenten Schwankungen. Ein Organismus muss ständig in der Lage sein, die

sympathovagale Balance zu verschieben, um sich den wechselnden Anforderungen anzupassen.

Was die Untersuchung des Wirkmechanismus betrifft, so basiert diese auf der Messung der Baroreflex-Sensitivität. Unter der Annahme, dass die Ergebnisse korrekt sind, die eine Steigerung der Baroreflex-Sensitivität bestätigen, stützen sie insgesamt die Existenz des postulierten Mechanismus. Der vagale Tonus stieg ebenso wie die Absorptionsfähigkeit, wenngleich der Unterschied für letztere nicht signifikant wurde. Nach dem Yoga-Kurs bestand ein Zusammenhang zwischen Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit. Dies alles reicht nicht aus, um den Wirkmechanismus zweifelsfrei zu identifizieren, bietet aber einige Anhaltspunkte, um zukünftig mit einer modifizierten Versuchsplanung eindeutigere Ergebnisse zu erzielen.

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass der Gesundheitszustand sich nach dem Kurs verbessert hatte, da die Symptombelastung abgenommen hatte. Auch das subjektive Wohlbefinden stieg bei der Mehrheit der Kursteilnehmer. Zudem gewannen sie enorm an körperlicher Flexibilität hinzu. Nicht bestätigt wurde die Hypothese, dass die Atemführung nach dem Yoga-Kurs, als Folge der angestiegenen Absorptionsfähigkeit, eine größere Bewusstseinsveränderung hervorrief als vor dem Kurs. Allerdings bestand ein Zusammenhang zwischen Absorptionsfähigkeit und der Veränderung des Bewusstseins-zustands. Daher kann angenommen werden, dass die Atemführung zu anstrengend war, um einen Trancezustand auszulösen.

Mit einer Veränderung der Atemführung könnte eine reliablere Bestimmung der Baroreflex-Sensitivität und eine bessere Induktion von Trance realisiert werden.

5 Zusammenfassung

Nachdem es bereits zahlreiche Studien gibt, die dem Yoga therapeutische Effekte bescheinigen, wollte diese Studie einen physiologischen Erklärungsansatz für diese Effekte beschreiben. Eckpfeiler eines postulierten Wirkmechanismus waren die Baroreflex-Sensitivität und die Absorptionsfähigkeit. Die Baroreflex-Sensitivität drückt aus, wie stark die Herzrate auf Veränderungen im systolischen Blutdruck reagiert und ist ein Index für den vagalen Tonus eines Organismus. Der vagale Tonus wiederum zeigt an, ob ein Organismus mittels Homöostase Energierücklagen bildet. Ein hoher vagaler Tonus geht deshalb mit einer guten gesundheitlichen Konstitution einher.

Verschiedene Studien konnten nachweisen, dass Yoga einen therapeutischen Effekt auf Störungen hat, die mit einer gestörten vegetativen Balance einhergehen. Darüber hinaus gibt es die Vermutung, Yoga steigere den vagalen Tonus. In diesem Kontext bildete die Baroreflex-Sensitivität den Ausgangspunkt der Überlegungen. Die Absorptionsfähigkeit ist eine Persönlichkeitseigenschaft, welche die Neigung eines Menschen beschreibt, Zustände der Absorbiertheit zu erleben. Diese Zustände der Absorbiertheit weisen in ihren Charakteristika eine große Ähnlichkeit mit Zuständen auf, die in der Folge intensiver Yogapraxis auftreten. Auch gibt es Studien, die zeigen konnten, dass das Erleben von veränderten Bewusstseinszuständen von der Absorptionsfähigkeit abhängig ist. Da es Befunde gibt, die den Barorezeptoren hemmende Einflüsse auf das Zentralnervensystem zuschreiben, und Befunde bezüglich einer Korrelation zwischen Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit existieren, wurde vermutet, dass Yoga-Training über eine Steigerung der Baroreflex-Sensitivität die Absorptionsfähigkeit erhöhen könnte. Folglich wurden die Hypothesen aufgestellt, dass Yoga-Training: 1. die Baroreflex-Sensitivität erhöht, 2. die Absorptionsfähigkeit erhöht und 3. die Veränderungen der Baroreflex-Sensitivität proportional zu den Änderungen der Absorptionsfähigkeit sind. Aus diesen Hypothesen leiteten sich weitere Hypothesen ab: 4. wenn die Baroreflex-Sensitivität steigt, verbessert sich der Gesundheitszustand und 5. wenn die Absorptionsfähigkeit steigt, wird auf einen tranceinduzierenden Stimulus mit einer größeren Bewusstseinsveränderung reagiert. Aufgrund der Art von Körperhaltungen, die beim Yoga üblich sind, wurde erwartet: 6. Durch Yoga-Training verbessert sich die körperliche Beweglichkeit.

Zur Überprüfung dieser Hypothesen wurde im Rahmen des Hochschulsports an der Universität Greifswald ein Yoga-Kurs durchgeführt, dessen Teilnehmer einer Vor- und einer Nachuntersuchung unterzogen wurden. Die Bestimmung der Baroreflex-Sensitivität erfolgte mit der Sequenzmethode. Dazu mussten Messungen von Interbeatintervallen des Herzrens und kontinuierliche Blutdruckwerte vorliegen. Für die Messung wurde eine Bedingung gewählt, bei der zunächst fünf Minuten spontan geatmet und anschließend einer fünfzehnminütigen Atemführung gefolgt wurde, bei der die Atemfrequenz linear von 0,25 Hz auf 0,05 Hz abgesenkt wurde. Die Absorptionsfähigkeit wurde mit der *Tellegen Absorption Scale* erhoben. Der Gesundheitszustand wurde mit der änderungssensitiven Symptomliste und dem Veränderungsfragebogen des *Evaluativen Instrumentariums für autogenes Training* gemessen. Zur Quantifizierung des Bewusstseinszustands wurde das *Phenomenology of Consciousness Inventory* verwendet. Als Referenzsituation wurde ein einminütiges, ruhiges Sitzen auf einem Stuhl gewählt. Zur Induktion eines hypnotischen Zustandes sollte die

Atemführung bei der physiologischen Messung dienen. Um die Beweglichkeit festzustellen, wurden diagnostische Übungen entwickelt.

Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Steigerung der Baroreflex-Sensitivität. Bei der Auswertung der Daten trat eine, nicht erwartete, Variabilität der Baroreflex-Sensitivität zutage. Die Absorptionsfähigkeit stieg im Mittel leicht an, der Unterschied wurde jedoch nicht signifikant. Was die parallele Veränderung von Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit betraf, so korrelierten die Differenzen der Werte von Vor- und Nachuntersuchung nicht miteinander. Allerdings korrelierte nach dem Kurs das Minimum der Baroreflex-Sensitivität hoch mit der Absorptionsfähigkeit ($r = 0{,}559$; $p < 0{,}001$). Die Überlegungen, die angestellt wurden, um diese Korrelation zu erklären, führten zu Vermutungen über das Verhalten der Baroreflex-Sensitivität. So wäre es möglich, dass durch die kontinuierliche Veränderung der Atemfrequenz ein „Einschwingen" des Herzkreislauf-Systems im Bereich der niedrigen Atemfrequenzen verhindert wurde oder dass es bei den Indizes der Baroreflex-Indizes zu zyklischen Schwankungen kommt. Auf der Grundlage dieser Überlegungen wurden neue Hypothesen für künftige Untersuchungen entwickelt.

Die Symptomliste zeigte einen signifikanten Rückgang der Symptombelastung, was einer Verbesserung des Gesundheitszustandes gleichkommt. Der Veränderungsfragebogen ergab, dass niemand eine Verschlechterung erfahren hatte. Bei zwei Dritteln der Probanden konnte von einer tatsächlichen Verbesserung des Befindens ausgegangen werden.

Die Atemführung veränderte den Bewusstseinszustand gegenüber der Referenzsituation zu beiden Messzeitpunkten signifikant. Allerdings wurde bei keiner der beiden Messungen ein Trancezustand erreicht. Dies könnte daran gelegen haben, dass die Atemführung gegen Ende, bei den niedrigen Frequenzen, anstrengend zu befolgen war und sich deshalb nicht zur Tranceinduktion eignete. Der Zusammenhang zwischen der Veränderung des Bewusstseinszustandes und der Absorptionsfähigkeit konnte bestätigt werden.

Bei der Beweglichkeitsmessung zeigte sich eine enorme Steigerung der körperlichen Flexibilität. Die Effektstärke für den Beweglichkeitszuwachs betrug $d = 1{,}77$.

Zusammenfassend gibt es Evidenz für den postulierten Mechanismus. Dieser konnte allerdings nicht eindeutig nachgewiesen werden. Darauf war die Studie durch ihr exploratives Design jedoch nicht angelegt worden. Die Hypothese, Yoga steigere den vagalen Tonus, fand Bestätigung. Der Zusammenhang zwischen Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit deutete sich an, müsste in Zukunft jedoch noch systematischer untersucht werden. Dabei

sollten die vorliegenden Ergebnisse zur Variabilität der Baroreflex-Sensitivität beachtet werden.

6 Literaturverzeichnis

Anantharaman, R. N., & Kabir, R. (1984). A study of Yoga. *Journal of Psychological Researches, 28(2)*, 97-101.

Antoni, H. (2000). Erregungsphysiologie des Herzens. In R. F. Schmidt & G. Thews & F. Lang (Eds.), *Physiologie des Menschen* (28. ed., pp. 472-497). Berlin: Springer.

Antoni, H. (2000). Mechanik der Herzaktion. In R. F. Schmidt & G. Thews & F. Lang (Eds.), *Physiologie des Menschen* (28. ed., pp. 448-471). Berlin: Springer.

Badra, L. J., Cooke, W. H., Hoag, J. B., Crossman, A. A., Kuusela, T. A., Tahvanainen, K. U. O., & Eckberg, D. L. (2001). Respiratory modulation of human autonomic rhythms. *American Journal of physiology - Heart and Circulatory Physiology, 280*, H2674-H2688.

Bernardi, L., Porta, C., Gabutti, A., Spicuzza, L., & Sleight, P. (2001). Modulatory effects of respiration. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical, 90*, 47-56.

Bernardi, L., Sleight, P., Bandinelli, G., Cenetti, S., Fattorini, L., Wdowczyc-Szulc, J., & Lagi, A. (2001). Effect of rosary prayer and Yoga mantras on autonomic cardiovascular rhythms: comparative study. *BMJ, 323*.

Berntson, G. G., Bigger, J. T., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S. W., Saul, P., Stone, P. H., & van der Molen, M. W. (1997). Heart Rate Variability: Origins, Methods, and interpretative caveats. *Psychophysiology, 34*, 623-648.

Berntson, G. G., Cacioppo, J. T., & Quigley, K. S. (1993). Respiratory sinus arrhythmia: Autonomic origins, physiological mechanisms, and psychophysiological implications. *Psychophysiology, 30*, 183-196.

Birbaumer, N., & Schmidt, R. F. (1996). *Biologische Psychologie* (3. ed.). Berlin: Springer.

Birkel, D. A., & Edgren, L. (2000). Hatha yoga: improved vital capacity of college students. *Alternative-therapies-in-health-and-medicine, 6(6)*, 55-63.

Blache, J. (1990). Die vier Säulen des Bhakti-Yoga, *Die Wege des Yoga: Die Grundgedanken der großen Schulen der Yoga-Tradition*. Bern: Barth.

Bortz, J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler* (5. ed.). Berlin: Springer.

Bowman, A. J., Clayton, R. H., Murray, A., Reed, J. W., Subhan, M. M. F., & Ford, G. A. (1997). Effects of aerobic exercise training and yoga on the baroreflex in healthy elderly persons. *European Journal of Clinical Investigation, 27*, 443-449.

Buchner, A., Erdfelder, E., & Faul, F. (1996). Teststärkeanalyse. In E. Erdfelder & R. Mausfeld & T. Meiser & G. Rudinger (Eds.), *Handbuch Quantitative Methoden*. Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Busse, R. (2000). Gefäßsystem und Kreislaufregulation. In R. F. Schmidt & G. Thews & F. Lang (Eds.), *Physiologie des Menschen* (28. ed., pp. 498-564). Berlin: Springer.

Castillo, R. J. (1985). The Transpersonal Psychology of ***Patañjali***'s Yoga-Sutra (Book I: Samadhi): A Translation and Interpretation. *The Journal of Mind and Behavior, 6(3)*, 391-418.

Christmann, V. (1992). *Das Yoga-Buch Philosophie und Praxis des Yoga*. München: Knaur.

Cohen, J., & Sedlacek, K. (1983). Attention and Autonomic Self-Regulation. *Psychosomatic Medicine, 45(3)*, 243-257.

Cooke, W. H., Cox, J. F., Diedrich, A. M., Taylor, J. A., Beightol, L. A., Ames, J. E., Hoag, J. B., Seidel, H., & Eckberg, D. L. (1998). Controlled breathing protocols probe human autonomic cardiovascular rhythms. *American Journal of Physiology, 274*, H709-H718.

Cooke, W. H., Hoag, J. B., Crossman, A. A., Kuusela, T. A., Tahvanainen, K. U. O., & Eckberg, D. L. (1999). Human responses to upright tilt: a window on central autonomic integration. *Journal of Physiology, 517*, 617-628.

Davidson, R. J., & Goleman, D. J. (1977). The role of attention in meditation and hypnosis: a psychobiological perspective on transformations of consciousness. *The International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis, 25(4)*, 291-308.

Davidson, R. J., Goleman, D. J., & Schwartz, G. E. (1976). Attentional and Affective Concomitants of Meditation: A Cross-Sectional Study. *Journal of Abnormal Psychology, 85(2)*, 235-238.

Davidson, R. J., Schwartz, G. E., & Rothman, L. P. (1976). Attention Style and the Self-Regulation of Mode-Specific Attention: An Electroencephalographic Study. *Journal of Abnormal Psychology, 85(6)*, 611-621.

De Pascalis, V., Marucci, F. S., & Penna, P. M. (1989). 40-Hz EEG asymmetry during recall of emotional events in waking and hypnosis: differences between low and high hypnotisables. *International Journal of Psychophysiology, 7*, 85-96.

Diehl, J. M., & Staufenbiel, T. (2001). *Statistik mit SPSS Version 10.0*. Eschborn: Klotz.

Dostalek, C. (1994). Physiological Bases of Yoga Techniques in the Prevention of Diseases. *Homeostasis, 35(4-5)*, 205-208.

Ebert, D. (1986). *Physiologische Aspekte des Yoga*. Stuttgart: Fischer.

Elbert, T., & Schandry, R. (1998). Herz und Hirn: Psychophysiologische Wechselwirkungen, *Enzyklopädie der Psychologie: Biologische Psychologie* (pp. 427-477).

Elstad, M., Toska, K., Chon, K. H., Raeder, E. A., & Cohen, R. J. (2001). Respiratory sinus arrhythmia: opposite effects on systolic and mean arterial pressure in supine humans. *Journal of Physiology, 536(1)*, 251-259.

Engel, K. (1999). *Meditation: Geschichte, Systematik, Forschung, Theorie* (2. ed.). Frankfurt: Peter Lang.

Faul, F., & Erdfelder, E. (1992). GPOWER: for a priori, post hoc, and compromise power analysis for MS-DOS (Version 2.0). Bonn: Universität Bonn.

Fuchs, C. (1990). *Yoga in Deutschland: Rezeption, Organisation, Typologie*. Stuttgart: Kohlhammer.

Gaehtgens, P. (2001). Das Kreislaufsystem. In R. Klinke & S. Silbernagl (Eds.), *Lehrbuch der Physiologie* (3. ed.). Stuttgart: Thieme.

Grawe, K., Donati, R., & Bernauer, F. (1994). *Psychotherapie im Wandel Von der Konfession zur Profession* (3. ed.). Göttingen: Hofgrefe.

Hart, W. (1991). *The Art of Living: Vipassana-Meditation as taught by S.N. Goenka* (2. ed.). Igatpuri, Indien: Vipassana Research Institute.

Hempel, H. (2002). *Effekte eines zehnwöchigen Yoga-Kurses: autonome Regulation, Absorptionsfähigkeit und Gesundheit*. Unpublished manuscript, Exposé zur Diplomarbeit.

Hirsch, J. A., & Bishop, B. (1981). Respiratory sinus arrhythmia in humans: how breathing pattern modulates heart rate. *American Journal of physiology - Heart and Circulatory Physiology, 10*, H620-H629.

Hülsmann, K. (2001). *Zusammenhänge zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und kardiovaskulären Reaktionen auf geführtes Atmen und rhythmisches Kippen*. Universität Gießen: unveröffentliche Diplomarbeit.

Iyengar, B. K. S. (1991). *Der Baum des Yoga*. Bern: Scherz.

Iyengar, B. K. S. (1995). *Der Urquell des Yoga: Die Yoga-Sutras des **Patañjali** - erschlossen für den Menschen von heute*. Bern: Barth.

Iyengar, B. K. S. (2000a). *Light on Yoga* (9. ed.). India: HarperCollins.

Iyengar, B. K. S. (2000b). *Light on **Prāṇāyāma*** (9. ed.). India: HarperCollins.

Jänig, W. (2000). Vegetatives Nervensystem. In R. F. Schmidt & G. Thews & F. Lang (Eds.), *Physiologie des Menschen* (28. ed., pp. 340-369). Berlin: Springer.

Kamat, N. G. (1994). *Bibliography of Svabhavika Bhedabheda*. University of Poona: Dr. M. D. Nalawade.

Karemaker, J. M. (1999). Autonomic integration: the physiological basis of cardiovascular variability. *Journal of Physiology, 517(2)*, 316.

Krampen, G. (1991). *Diagnostisches und Evaluatives Instrumentarium zum Autogenen Training (AT-EVA)*. Göttingen: Hogrefe.

Lamb Feuerstein, T. (2001). *Psychophysiological Effects of Yoga*. Santa Rosa, CA: Yoga Research and Education Centre.

Lehrer, P., Sasaki, Y., & Saito, Y. (1999). Zazen and Cardiac Variability. *Psychosomatic Medicine, 61*, 812-821.

Lehrer, P., & Vaschillo, E. (2001). Resonant Frequency Heart Rate Biofeedback: Effects on Cardiovascular and Baroreflex Function. *Biological Psychology, 56*, 75-76.

Lehrer, P. M., Vaschillo, E., & Vaschillo, B. (2000). Resonant Frequency Biofeedback Training to Increase Cardiac Variability: Rationale and Manual for Training. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 25(3)*, 177-191.

Lehrer, P. M., Woolfolk, R. L., Rooney, A. J., McCann, B., & Carrington, P. (1983). Progressive Relaxation and Meditation: A study of psychophysiological and therapeutic differences between two techniques. *Behaviour research and therapy, 21(6)*, 651-662.

Leloup, J.-Y. (1990). ***Jñāna*** Yoga - der Weg der Erkenntnis, *Die Wege des Yoga: Die Grundgedanken der großen Schulen der Yoga-Tradition*. Bern: Barth.

Lovallo, W. R. (1997). *Stress&Health: Biological and psychological interactions*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Lyons, L. C., & Crawford, H. J. (1997). Sustained Attentional and Disattentional Abilities and Arousability: Factor Analysis and relationships to Hypnotic Susceptibility. *Personality and Individual Differences, 23*, 1071-1084.

Malpas, S. C. (2002). Neural Influences on cardiovascular variability: possibilities and pitfalls. *American Journal of physiolgy- heart and Circulatory Physiology, 282*, H6-H20.

Metha, S., Metha, M., & Metha, S. (1993). *Yoga Gymnastik für Entspannung, Energie und Wohlbefinden* (3. ed.). München: Christian.

Monro, R., Gosh, A. K., & Kalish, D. (1989). *Yoga Research Bibliography: Scientific Studies on Yoga and Meditation*. Cambridge: Yoga Biomedical Trust.

Motajová, J., & Vicenik, K. (1989). Some Relations between Respiratory and Heart Rate observed during Yoga Course. *International Journal of Psychophysiology, 7*, 320-321.

Murphy, M., & Donovan, S. (1997). *The Physical and Psychological Effects of Meditation: A Review of Contemporary Meditation Research 1931-1996* (2. ed.). Sausalito, CA: The Institute of Noetic Science.

Ott, U. (2002). *Vom Baroreflex zur Absorption - ein Puzzle*. Unpublished manuscript, Gießen.

Ott, U. (2003). The Role of Absorption for the Study of Yoga. *Journal of Meditation and Meditation Research,* eingereicht.

Ott, U. (2004). Meditation. In D. Vaitl & F. Petermann (Eds.), *Handbuch der Entspannungsverfahren* (2, ed.). Weinheim: Beltz.

Ott, U., Sammer, G., & Vaitl, D. (2003). *A New Method to Study the Effects of Baroreflex Activation: Rhythmic Tilting Triggered by Respiration*. Unpublished manuscript, Gießen.

Parati, G., Di Renzo, M., & Mancia, G. (2000). How to measure baroreflex sensitivity: from the cardiovascular laboratory to daily life. *Journal of Hypertension, 18*, 7-19.

Parati, G., Saul, P., Di Renzo, M., & Mancia, G. (1995). Spectral Analysis of Blood Pressure and Heart Rate Variability in Evaluating Cardiovascular Regulation: A Critical Appraisal. *Hypertension, 25*, 1276-1286.

Pekala, R. J., Wenger, C. F., & Levine, R. L. (1985). Individual Differences in Phenomenological Experience: States of Consciousness as a Function of Absorption. *Journal of Personality and Social Psychology, 48(1)*, 125-132.

Peng, C. K., Mietus, J. E., Liu, Y., Khalsa, G., Douglas, P. S., Benson, H., & Goldberger, A. L. (1999). Exaggerated heart rate oscillations during two meditation techniques. *International Journal of Cardiology, 70*, 101-107.

Persson, P. B., Di Renzo, M., Castiglioni, P., Cerutti, C., Pagani, M., Honzikova, N., Akselrod, S., & Parati, G. (2001). Time versus frequency domain techniques for assessing baroreflex sensitivity. *Journal of Hypertension, 19*, 1699-1705.

Piepoli, M., Sleight, P., Leuzzi, S., Valle, F., Spadacini, G., Passino, C., Johnston, J., & Bernardi, L. (1997). Origin of Respiratory Sinus Arrhythmia in Conscious Humans: An Important Role of Arterial Carotid Baroreceptors. *Circulation, 95*, 1813-1821.

Pocock, G., & Richards, C. D. (1999). *Human Physiology: The Basis of Medicine*. Oxford: Oxford University Press.

Porges, S. W. (1995). Cardiac Vagal Tone: A Physiological Index of Stress. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 19(2)*, 225-233.

Qualls, P. J., & Sheehan, P. W. (1981). Role of the Feedback Signal in Electromyograph Biofeedback: The Relevance of Attention. *Journal of Experimental Psychology: General, 110(2)*, 204-216.

Qualls, P. J., & Sheehan, P. W. (1981). Trait-treatment Interactions: Reply to Tellegen. *Journal of Experimental Psychology: General, 110(2)*, 227-231.

Raub, J. A. (2002). Psychophysiologic effects of Hatha Yoga on musculoskeletal and cardiopulmonary function: a literature review. *Journal-of-alternative-and-complementary-medicine, 8(6)*, 797-812.

Richter, D. W. (2000). Rhythmogenese der Atmung und Atmungsregulation. In R. F. Schmidt & G. Thews & F. Lang (Eds.), *Physiologie des Menschen* (28. ed., pp. 592-603). Berlin: Springer.

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

Ritz, T., Maß, R., & Dahme, B. (1993). Das Persönlichkeitsmerkmal Absorption (I):Theorie und Forschungsstand. In B. Dahme & J. Eckert & R. Schwab (Eds.), *Arbeiten aus dem Psychogischen Institut III der Universität Hamburg, Bd. 2*: Universität Hamburg.

Ritz, T., Maß, R., Dahme, B., & Richter, R. (1993). Das Persönlichkeitsmerkmal Absorption (II): Empirische Befunde zu einer deutschen Fassung der Tellegen Absorption Scale. In B. Dahme & J. Eckert & R. Schwab (Eds.), *Arbeiten aus dem Psychogischen Institut III der Universität Hamburg, Bd. 3*: Universität Hamburg.

Robbe, H. W. J., Mulder, L. J. M., Rüddel, H., Langewitz, W. A., Veldman, J. B. P., & Gijsbertus, M. (1987). Assessment of Baroreceptor Reflex Sensitivity by Means of Spectral Analysis. *Hypertension, 10(5)*, 538-543.

Roche, S. M., & McConkey, K. M. (1990). Absorption: Nature, Assessment, and Correlates. *Journal of Personality and Social Psychology, 59(1)*, 91-101.

Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytic procedures for social research*. Newbury Park: Sage.

Roux, F. (1990). Karma-Yoga - der Weg des aktiven Lebens, *Die Wege des Yoga: Die Grundgedanken der großen Schulen der Yoga-Tradition*. Bern: Barth.

Rux, M. (2002). *Erprobung der deutschen Übersetzung des Phenomenology of Consciousness Inventory von Pekala: Normwerte, Gütekriterien, Änderungsvorschläge*. Universität Gießen: unveröffentlichte Diplomarbeit.

Sato, T., Nishinaga, M., Kawamoto, A., Ozawa, T., & Takatsuji, H. (1993). Accuracy of a continuous blood pressure monitor based on arterial tonometry. *Hypertension, 21(6)*, 866-874.

Schrader, J. (2001). Das Herz. In R. Klinke & S. Silbernagl (Eds.), *Lehrbuch der Physiologie* (3. ed., pp. 109-144). Stuttgart: Thieme.

Schupp, H. T., Junghöfer, M., Weike, A. I., & Hamm, A. O. (2003). Emotional Facilitation of Sensory Processing in the visual Cortex. *Psychological Science, 14(1)*, 7-13.

Seller, H. (2001). Neurovegetative Regulation. In R. Klinke & S. Silbernagl (Eds.), *Lehrbuch der Physiologie* (3. ed., pp. 701-716). Stuttgart: Thieme.

Sivananda Radha, S. (1991). *Geheimnis **Haṭha**-Yoga: Symbolik - Deutung - Praxis*. Freiburg im Breisgau: Bauer.

Strüwing, D. (2002). *Effekte einer ausgedehnten Atmung auf das Bewusstsein*. Universität Gießen: unveröffentlichte Semesterarbeit.

Tandon, S. N. (1998). *A re-appraisal of **Patañjali** 's Yoga-Sutras* (2. ed.). Igatpuri, Indien: Vipassana Research Institute.

Tatzky, B. (1990). Hatha-Yoga - Polarität und Einheit, *Die Wege des Yoga: Die Grundgedanken der großen Schulen der Yoga-Tradition*. Bern: Barth.

Taylor, J. A., Myers, C. W., Halliwill, J. R., Seidel, H., & Eckberg, D. L. (2001). Sympathetic restraint of respiratory sinus arrhythmia: implications for vagal-cardiac tone assessment in humans. *American Journal of physiology - Heart and Circulatory Physiology, 280*, H2804-H2814.

Tellegen, A. (1981). Practicing the Two Disciplines for Relaxation and Enlightment: Comment on "Role of the Feedback Signal in Electromyograph Biofeedback: The Relevance of Attention" by Qualls and Sheehan. *Journal of Experimental Psychology: General, 110(2)*, 217-226.

Tellegen, A. (1992). Note on Structure and Meaning of the MPQ Absorption Scale.

Tellegen, A., & Atkinson, G. (1974). Openness to Absorbing and Self-Altering Experiences ("Absorption"), A trait related to Hypnotic Susceptibility. *Journal of Abnormal Psychology, 83(3)*, 268-277.

Telles, S., Hanumanthaiah, B., Nagarathna, R., & Nagendra, H. R. (1993). Improvement in static motor performance following yogic training of school children. *Perceptual and Motor Skills, 76*, 1264-1266.

Telles, S., Nagarathna, R., Nagendra, H. R., & Desiraju, T. (1994). Alterations in auditory middle latency evoked potentials during meditation on a meaningful symbol "om". *International Journal of Neuroscience, 76*, 87-93.

Telles, S., Narendran, S., Raghuraj, P., Nagarathna, R., & Nagendra, H. R. (1997). Comparisions of changes in autonomic and respiratory parameters of girls after yoga and games at a community home. *Perceptual and Motor Skills, 84*, 251-257.

Telles, S., Reddy, S. K., & Nagendra, H. R. (2000). Oxygen Consumption and Respiration Following Two Yoga Relaxation Techniques. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 25(4)*, 221-227.

Thews, G. (2000). Atemgastransport und Säure-Basen-Status des Blutes. In R. F. Schmidt & G. Thews & F. Lang (Eds.), *Physiologie des Menschen* (28. ed., pp. 604-623). Berlin: Springer.

Thews, G. (2000). Lungenatmung. In R. F. Schmidt & G. Thews & F. Lang (Eds.), *Physiologie des Menschen* (28. ed., pp. 565-591). Berlin: Springer.

Toivanen, H., Länsimies, E., Jokela, V., & Hänninen, O. (1994). Sympathovagal interaction in stress and relaxation: Heart rate variability in home helps. *Journal of Psychophysiology, 8*, 11-21.

Tomalla, L. (1991). *Yoga-Mimamsa: a quarterly journal devotet to the scientific and philosophico-literary yoga research*. Osnabrück: Hamsah.

Unger, C. (1997). *Yoga und Meditation - psychologische und psychotherapeutische Aspekte. Eine internationale Bibliographie*. Unpublished manuscript, Ahrensburg: Himalaya Institut für Yogawissenschaft und Philosophie e.V.

Vaitl, D., Birbaumer, N., Gruzelier, J., Jamieson, G., Kotchoubey, B., Kübler, A., Lehmann, D., Miltner, W. H. R., Ott, U., Pütz, P., Sammer, G., Strauch, I., Strehl, U., Wackermann, J., & Weiss, T. (2003). Psychobiology of Altered States of Consciousness. *Psychological Bulletin (eingereicht)*.

Vivekananda, S. (1988). ***Rāja****-Yoga Mit den Yoga-Aphorismen des* ***Patañjali***. Freiburg im Breisgau: Bauer.

Weiß, H. (1986). *Quellen des Yoga*. Bern: Barth.

Wenger, M. A., & Bagchi, B. K. (1961). Studies of autonomic functions in practitioners of yoga in India. *Behavioural Science*, 312-323.

Wilbur, K. (2000). *Das Spektrum des Bewußtseins: Eine Synthese östlicher und westlicher Psychologie* (5. ed.). Bern: Scherz.

Wilhelm, F. H., Gevirtz, R., & Roth, W. T. (2001). Respiratory Dysregulation in Anxiety, Functional Cardiac, and Pain Disorders: Assessment, Phenomenology, and Treatment. *Behavioural Modifiation, 25(4)*, 513-545.

Worthington, V. (1989). *A history of Yoga*. London: Arkana.

Yogananda, P. (1997). *Autobiographie eines Yogi*. Bern: Scherz.

Zachariae, R., Jorgensen, M. M., Bjerring, P., & Svendsen, G. (2000). Autonomic and psychological responses to an acute psychological stressor and relaxation: The Influence of Hypnotizability and Absorption. *The International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis, 48(4)*, 388-403.

Zimmermann, M. (2000). Grundlagen physiologischer Regelungsprozesse. In R. F. Schmidt & G. Thews & F. Lang (Eds.), *Physiologie des Menschen* (28. ed., pp. 331-339). Berlin: Springer.

7 Anhang

7.1 Übungsprogramm

Die hier beschriebene Übungsreihe ist im untersuchten Yoga-Kurs vermittelt worden. Aufgezählt werden die Namen der Übungen. Für nähere Beschreibungen wird auf das Kursheft auf der CD oder entsprechende Literatur verwiesen (z. B. Christmann, 1992; Iyengar, 2000a; Metha, 1993; Sivananda Radha, 1991).

Eröffnung

1.	***Vīrāsana***	(Held)	5 Minuten
		mit Variationen	2 Minuten
2.	***Bharadvājāsana***	***(Weiser)***	***4 Minuten***

Übungen im Stehen

3.	Strecken		1 Minute
4.	***Tāḍāsana***	(Berg)	1 Minute
5.	***Vṛkṣāsana***	(Baum)	3 Minuten
6.	***Trikoṇāsana***	(Dreieck)	4 Minuten
7.	***Utthita pārśvakoṇāsana***	(Winkelstellung)	4 Minuten
8.	***Uttānāsana***	(Hand-Fuß-Stellung)	1 Minute

Übungen im Sitzen

9.	***Daṇḍāsana***	(Stab)	1 Minute
10.	***Jānu śīrṣāsana***	(Kopf-Knie-Stellung)	4 Minuten
11.	***Ardha Matsyendrāsana***	(Halber Drehsitz)	4 Minuten
12.	***Baddha koṇāsana***	(Schmetterling)	2 Minuten
	Entspannen		2 Minuten

Übungen im Liegen

13.	***Makrāsana*** (dynamisch)	(Krokodil)	1 Minute
	Variation		1 Minute
14.	***Setu bandhāsana*** (dynamisch)	(Brücke)	1 Minute
15.	***Vīparita karaṇi mudra***	(Kerze)	2 Minuten
16.	***Matsyāsana***	(Fisch)	2 Minuten

Meditation

17.	Atembeobachtung mit begleitender mentaler Rezitation	15 Minuten

Entspannung

18.	***Śavāsana***	(Totenstellung)	10 Minuten

7.2 Kursdokumentation

An dieser Stelle werden die Übungsprotokolle der einzelnen Übungsstunden wiedergegeben.

Donnerstag, der10. Oktober 2002 (43 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), Meditation, ***Śavāsana***

Samstag, der 12. Oktober 2002 (15 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Uttānāsana***, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), Meditation, ***Śavāsana***

Donnerstag, der 17. Oktober 2002 (36 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), Meditation, ***Śavāsana***

Samstag, der 19. Oktober 2002 (14 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsanav***, Meditation, ***Śavāsana***

Donnerstag, der 24. Oktober 2002 (38 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, Demutshaltung, ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Samstag, der 26. Oktober 2002 (17 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, ***Śavāsana***

Donnerstag, der 31. Oktober 2002 (19 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Samstag, der 3. November 2002 (11 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Donnerstag, der 7. November 2002 (26 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, ***Śavāsana***

Samstag, der 9. November 2002 (11 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Donnerstag, der 14. November 2002 (24 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, ***Śavāsana***

Samstag, der 16. November 2002 (13 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Donnerstag, der 21. November 2002 (28 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Samstag, der 23. November 2002 (9 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Donnerstag, der 28. November 2002 (27 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Samstag, der 30. November 2002 (5 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Utthita pārśvakoṇāsana***, ***Uttānāsana***, ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Makrāsana*** (dynamisch) mit Variationen, ***Setu bandhāsana*** (dynamisch), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Donnerstag, der 5. Dezember 2002 (23 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Uttānāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Adho mukha śvānāsana*** (Hund), ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Uṣṭrāsana*** (Kamel), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Samstag, der 7. Dezember 2002 (9 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Uttānāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Vīrabhadrāsana*** I (Krieger), ***Uttānāsana***, ***Adho mukha śvānāsana*** (Hund), Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, Tryanga mukhaikapada pascimottanasana, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, ***Uṣṭrāsana*** (Kamel), ***Vīparita karaṇi mudrav***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

Donnerstag, der 12. Dezember 2002 (22 Anwesende)

Vīrāsana mit Variationen, ***Bharadvājāsana***, Strecken, ***Tāḍāsana***, ***Vṛkṣāsana***, ***Uttānāsana***, ***Trikoṇāsana***, ***Vīrabhadrāsana*** I (Krieger), ***Uttānāsana***, ***Adho mukha śvānāsana*** (Hund), Demutshaltung, ***Shankāsana*** (Hase), ***Daṇḍāsana***, ***Jānu śīrṣāsana***, Tryanga mukhaikapada pascimottanasana, pascimottasana, ***Ardha Matsyendrāsana***, ***Baddha koṇāsana*** mit Entspannung, ***Uṣṭrāsana*** (Kamel), ***Vīparita karaṇi mudra***, ***Matsyāsana***, Meditation, ***Śavāsana***

7.3 Inhalt der CD

Auf der CD liegen Daten und Hilfsmittel zur Einsicht vor, die in der Arbeit selbst nicht dokumentiert sind. Dabei handelt es sich um die individuellen Daten der Fragebögen und der Beweglichkeitsmessung. Darüber hinaus enthält die CD Excel-Dateien, die graphische Darstellungen der individuellen Frequenz-, Power- und BRS-Verläufe enthalten, die analog zu den in der Arbeit verwendeten Graphiken für die Mittelwerte sind.

Außerdem sind die verwendeten Fragebögen zur Ansicht auf der CD abgelegt. Auch der Quellcode der für die Auswertung der Daten verwendeten Programme kann eingesehen werden. Darüber hinaus ist das Kursheft für die Teilnehmer des Yoga-Kurses auf der CD. Dieses Heft enthält Bilder und Beschreibungen einiger Yoga-Asanas, die im Kurs geübt wurden.

Zuletzt findet sich auf der CD auch eine Version der Diplomarbeit. Zur Verwendung der CD muss die Datei „Eingang.htm“ geöffnet werden. In diesem Dokument befinden sich Links auf alle in der CD enthaltenen Dateien.

Erratum

Hannes Hempel, Gießen, den 10. März 2004

Meine Diplomarbeit mit dem Titel :“Effekte eines zehnwöchigen Yoga-Kurses: autonome Regulation, Absorptionsfähigkeit und Gesundheit“ enthält einen Fehler. In diesem Erratum sollen der Fehler und seine Auswirkungen beschrieben werden. Darüber hinaus wurde der Fehler korrigiert und die betreffenden Ergebnisse berichtigt und dargestellt.

1. Darstellung des Fehlers

In der Arbeit wurde die Baroreflex-Sensitivität unter Verwendung der Sequenzmethode bestimmt. Der Algorithmus, der die Sequenzen auffinden und einen Index für die Baroreflex-Sensitivität bestimmen sollte, war jedoch fehlerhaft.

Die Baroreflex-Sensitivität ist ein Maß, welches angibt, wie stark die Herzrate sich infolge von Blutdruckschwankungen verändert. Bei der Sequenzmethode wird aus der kontinuierlichen Aufzeichnung des systolischen Blutdrucks und der Interbeat-Intervalle des Herzschlags ein Index für die Baroreflex-Sensitivität berechnet. Dazu müssen Sequenzen gesucht werden, bei denen der systolische Blutdruck und die Interbeat-Intervalle während mindestens drei aufeinanderfolgender Herzschläge parallel ansteigen. Wenn eine Regression von der Dauer der Interbeat-Intervalle auf die Stärke des systolischen Blutdrucks durchgeführt wird, kann die Steigung der Regressionsgraden als Index für die Baroreflex-Sensitivität verwendet werden.

Bei dem verwendeten Algorithmus wurde jedoch das erste Wertepaar einer Sequenz nicht berücksichtigt. Dieser Fehler führte zu einer systematischen Überschätzung der BRS-Indizes. Illustriert wird dies durch Abbildung 1. In dieser Abbildung sind die Stützpunkte der Regression, sowie die Regressionsgraden mit allen Stützpunkten (schwarz) und mit dem fehlenden ersten Stützpunkt (rot) für eine exemplarische Sequenz abgetragen. Die fehlerhafte Regressionsgrade stieg viel steiler an, als die korrekt berechnete.

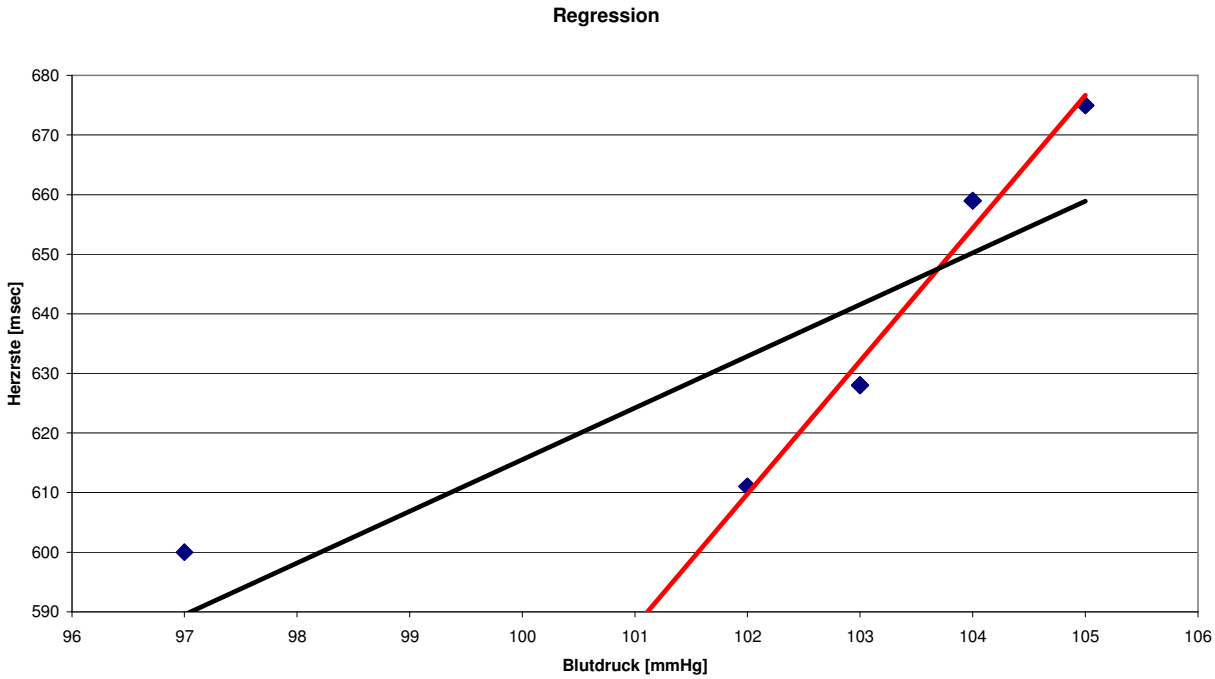

Abbildung 1: Regressionsgraden und Stützpunkte einer Sequenz von vier Herzschlägen Länge

2. Auswirkungen des Fehlers auf die Ergebnisse

Betroffen waren alle Bereiche der Diplomarbeit, in denen die Indizes für die Baroreflex-Sensitivität verwendet worden sind. Dies waren die Hypothese 1, die einen Anstieg der Baroreflex-Sensitivität nach dem Yoga-Kurs vorhersagte und die Hypothese 3, die eine proportionale Veränderung von Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit postulierte.

1. Baroreflex-Sensitivität

Nur die Abschnitte, die direkten Bezug auf die BRS-Indizes nahmen, wurden von dem Fehler tangiert. Frequenz- und Poweranalyse blieben von dem Fehler unberührt. Ebenso verhielt es sich mit der Anzahl, der Länge und den Auftrittszeitpunkten der Sequenzen.

Im deskriptiven Teil der Auswertung war nur der Verlauf der BRS-Indizes betroffen. Abbildung 2 zeigt die Verläufe zu beiden Messzeitpunkten vor und nach der Korrektur. Insgesamt war das Niveau der Baroreflex-Sensitivität nach der Korrektur niedriger. Die Abhängigkeit der Baroreflex-Sensitivität von der Atemfrequenz blieb nach der Korrektur immer noch sichtbar. Die relative Veränderung der Verläufe vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt war minimal.

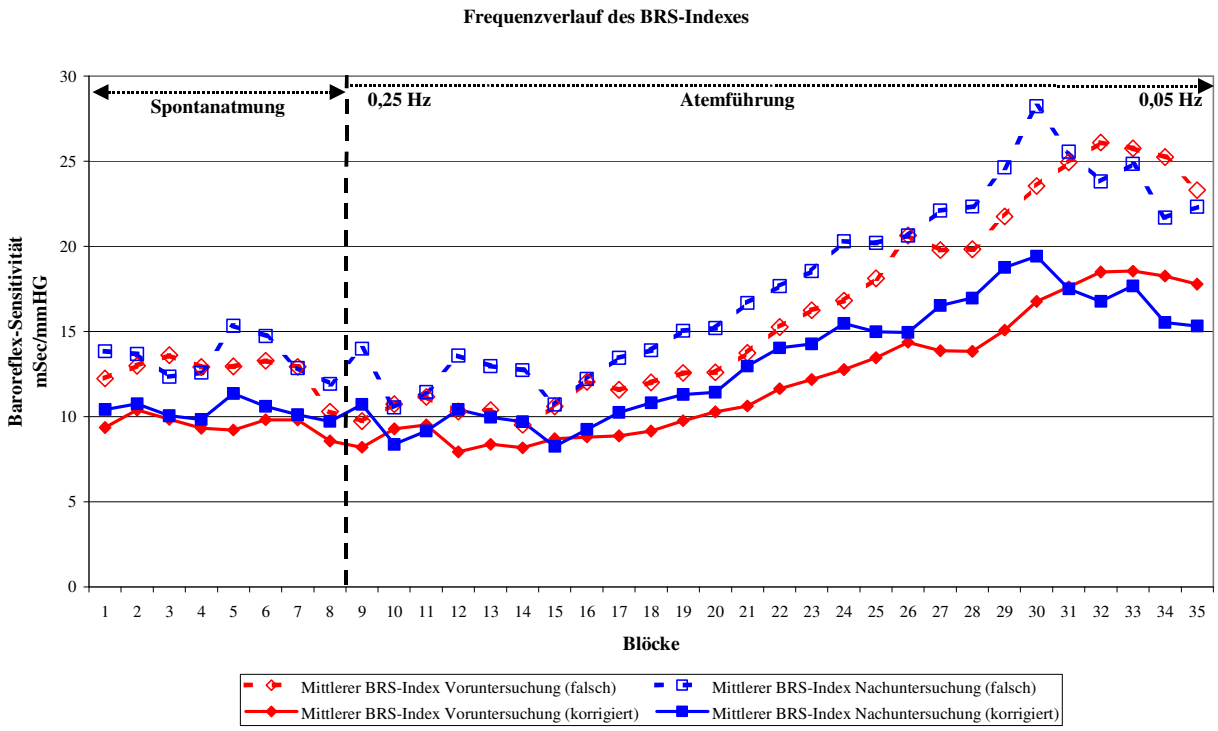

Abbildung 2: Verläufe der BRS-Indizes vor und nach der Korrektur (Vergleich mit Abbildung 10 der Diplomarbeit)

Zur Korrektur der inferenzstatistischen Auswertung wurde analog zur ersten Auswertung ein t-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt. Dazu wurden BRS-Indizes für jeden Analyseblock über alle Probanden zu beiden Messzeitpunkten gebildet und gegeneinander getestet. Das Ergebnis dieses Tests ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: t-Test für gepaarte Stichproben zur Prüfung der Hypothese 1 (Vergleich mit Tabelle 7 der Diplomarbeit)

Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
			Untere	Obere			
-,9971	1,53953	,26023	-1,5260	-,4683	-3,832	34	,001

Der Signifikanzwert war aufgrund der gerichteten Hypothese zu halbieren. Mit 0,0005 war der Test hoch signifikant. Die Effektstärke von d = 0,657 fiel etwas geringer aus, als in der fehlerbehafteten Testung.

Bezüglich der Hypothese 1 haben sich die Ergebnisse also nicht verändert, nur die Ausprägungen mussten leicht angepasst werden.

2. Zusammenhang von Absorptionsfähigkeit und Baroreflex-Sensitivität

Zur Überprüfung der Hypothese 3, welche eine proportionale Veränderung von Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit voraussagte, wurden die Differenzen der BRS-Indizes und die Differenz der TAS-Werte zwischen beiden Messzeitpunkten miteinander korreliert. Tabelle 2 enthält die Korrelationen.

Tabelle 2: Korrelation der Differenzen von Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit (Vergleich mit Tabelle 11 der Diplomarbeit)

Korrelation		Differenz der BRS-Minima	Differenz der BRS-Mediane	Differenz der BRS-Mittel	Differenz der BRS-Maxima
Differenz der TAS-Werte	Korrelation nach Pearson	,310	,234	,258	,262
	Signifikanz (2-seitig)	,090	,205	,162	,154
	N	31	31	31	31

Wie bei der ursprünglichen Berechnung musste die Hypothese auch mit den korrigierten Daten abgelehnt werden.

Anschließend wurde, analog zur Diplomarbeit, der Zusammenhang von Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit für beide Messzeitpunkte getrennt betrachtet. Dazu wurden die verschiedenen Indizes der Baroreflex-Sensitivität und der TAS-Wert für beide Messzeitpunkte getrennt miteinander korreliert.

Tabelle 3: Korrelationen zwischen der TAS und der Baroreflex-Sensitivität nach den Messzeitpunkten getrennt (Vergleich mit Tabelle 12 der Diplomarbeit)

		TAS	
		vorher	nachher
MINIMUM	Korrelation nach Pearson	,151	,537(**)
	Signifikanz (2-seitig)	,417	,002
	N	31	31
MITTEL	Korrelation nach Pearson	,133	,496(**)
	Signifikanz (2-seitig)	,475	,005
	N	31	31
MAXIMUM	Korrelation nach Pearson	,119	,466(**)
	Signifikanz (2-seitig)	,525	,008
	N	31	31

Die Korrelationen zum ersten Messzeitpunkt, vor dem Yoga-Kurs, blieben auch nach Korrektur der Daten insignifikant. Allerdings lagen die Korrelationen der verschiedenen BRS-Indizes mit der TAS nach der Korrektur in ihrer Größenordnung enger zusammen. Gleiches galt für die Korrelationen zum zweiten Messzeitpunkt. Dies hatte jedoch zur Folge, dass nicht

nur die Korrelation des BRS-Minimums mit der TAS, sondern auch die des BRS-Mittelwertes mit der TAS signifikant wurden. Die Korrelation des BRS-Maximums und der TAS war mit $R = 0{,}466$ ebenfalls sehr groß, verfehlte das Bonferroni korrigierte Signifikanzniveau von $\alpha' = \alpha/m = 0{,}005$ nur knapp. So zeigte sich nach der Korrektur ein deutlicher Zusammenhang zwischen Baroreflex-Sensitivität und Absorptionsfähigkeit nach dem Yoga-Kurs.