

Aus der Medizinischen Universitätsklinik und Poliklinik Tübingen  
Abteilung Innere Medizin IV (Schwerpunkt: Psychosomatische  
Medizin und Psychotherapie)  
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. S. Zipfel

**Psychisches Befinden bei variierendem Salzgehalt der  
Nahrung während 6°HDT-Bedrest**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von  
Hannah Aune Margarete Kind  
aus München

2011

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. P. Enck

2. Berichterstatter: Professor Dr. N. Stefan

Meinen Eltern

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	6
1.1 <i>Hintergrund: Der Mensch in der Schwerelosigkeit</i> .....	6
1.2 <i>Head down tilt bedrest</i> .....	7
1.2.1 HDT-Bedrest und seine Auswirkungen auf den menschlichen Körper .....	7
1.2.2 HDT-Bedrest und seine Auswirkungen auf die menschliche Psyche .	9
1.2.3 Klinische Relevanz von Bedrest.....	12
1.3 <i>Natriumchlorid und seine Auswirkungen auf die menschliche Psyche</i> ...	13
1.3.1 Die physiologische Rolle von Natriumchlorid im menschlichen Körper .....	14
1.3.2 Die Regulation der Salzaufnahme.....	14
1.3.3 Salz als Arznei im Laufe der Geschichte.....	16
1.3.4 Salz in der Naturheilkunde .....	16
1.3.5 Die Rolle der Salzes in der Psychoanalyse.....	18
1.3.6 Die Auswirkungen von Salzangel auf die Psyche .....	19
1.3.7 Die Auswirkungen hohen Salzkonsums auf die Psyche.....	20
1.4 <i>Zielsetzung der Arbeit</i> .....	21
<b>2 Methodik</b> .....	22
2.1 <i>Probanden</i> .....	22
2.2 <i>Studienaufbau und Studienablauf</i> .....	22
2.3 <i>Psychometrische Instrumente</i> .....	25
2.3.1 Gesundheitsfragebogen für Patienten (PHQ-D).....	26
2.3.2 Eigenschaftswörterliste (EWL) .....	27
2.3.3 Self-Assesment Manikin (SAM).....	28
2.3.4 Unwohlfühfragebogen (UFB).....	29
2.4 <i>Statistische Auswertung</i> .....	30
<b>3 Ergebnisse</b> .....	31
3.1 <i>PHQ-D</i> .....	31
3.2 <i>Eigenschaftswörterliste (EWL)</i> .....	33
3.2.1 <i>Aktiviertheit</i> .....	33

3.2.1 Müdigkeit.....	34
3.2.3 Gehobene Stimmung .....	36
3.2.4 Erregtheit.....	38
3.2.5 Ärger .....	40
3.2.6 Ängstlichkeit .....	42
3.2.7 Deprimiertheit.....	43
3.3 <i>Self Assessment Manikin (SAM)</i> .....	45
3.3.1 Valenz .....	45
3.3.2 Erregung .....	47
3.3.3 Dominanz .....	49
3.4 <i>Unwohlfühfragebogen (UFB)</i> .....	51
<b>4 Diskussion</b> .....	56
4.1 <i>Auswirkungen von HDT-Bedrest auf das psychische Befinden</i> .....	56
4.1.1 Auswirkungen von HDT-Bedrest auf Stimmung und Antrieb.....	56
4.1.2 Auswirkungen von HDT-Bedrest auf das körperliche Unwohlsein ...	58
4.2 <i>Auswirkungen des Salzgehalts der Nahrung unter HDT-Bedrest auf die psychische Verfassung</i> .....	59
<b>5 Zusammenfassung</b> .....	61
<b>6 Literaturverzeichnis</b> .....	62
<b>7 Anhang</b> .....	66

# **1 Einleitung**

## 1.1 Hintergrund: Der Mensch in der Schwerelosigkeit

Non est ad astra mollis e terris via.

Seneca

Es ist kein bequemer Weg von der Erde zu den Sternen, sagt Seneca. Das könnten die inzwischen etwa 500 Raumfahrer, die seit dem Beginn der bemannten Raumfahrt im Jahre 1961 die Erde verlassen haben, sicherlich bestätigen. Eine der größten Herausforderungen vor die sie gestellt werden ist die Schwerelosigkeit. Der Wegfall der Schwerkraft hat zahlreiche Auswirkungen auf den menschlichen Körper und ruft eine Vielzahl von Anpassungsreaktionen hervor. Während der bisher durchgeführten Weltraummissionen haben sich unter anderem Veränderungen im kardiovaskulären, respiratorischen, intestinalen, metabolischen und renalen System, im Wasserhaushalt, im Knochen- und Muskelsystem, im Immunsystem und im neurosensorischen System beobachten lassen [1]. Abgesehen von der körperlichen ist die psychische Verfassung der Raumfahrer ein Faktor, der wesentlich zum Erfolg einer Weltraummission beiträgt. Während des Aufenthalts im All wurden unter anderem Schlafprobleme, Störungen des Zeitgefühls, Störungen der Sinneswahrnehmungen, psychosomatische Symptome, Erschöpfung sowie depressive und psychotische Reaktionen beschrieben [2, 3].

Tägliche Natriumbilanzen in einem Weltraumexperiment zeigten, dass Astronauten entgegen der gängigen Lehrbuchmeinung, dass eine Natriumakkumulation beim Menschen gleichzeitig zu einer Wassereinlagerung führt, in diesem Zeitraum Natrium einlagerten ohne gleichzeitig Flüssigkeit zu retinieren [4]. Das Ziel der SaltyLife7-Studie, in deren Rahmen die in dieser Arbeit vorgestellten Daten erhoben wurden, war es, den Einfluss der Natriumchloridzufuhr auf die Natriumspeicherung im Körper, den

Knochenstoffwechsel, das Herz-Kreislaufsystem, den Flüssigkeitshaushalt, den Energieumsatz und psycho-neuro-gastrointestinale Parameter im Schwerelosigkeitssimulationsmodell zu untersuchen. Dazu wurden 8 gesunde männliche Probanden zweimal über einen Zeitraum von 21 Tagen, von denen sie jeweils 14 Tage in Bettruhe in 6°-Kopftieflage verbrachten, bei wechselndem Salzgehalt der Nahrung untersucht. Bettruhe in Kopftieflage, auch head down tilt bedrest (HDT-Bedrest) genannt, ist ein gängiges Simulationsmodell für Schwerelosigkeit [5].

In der vorliegenden Arbeit werden die Daten einer psychometrischen Testbatterie vorgestellt, die die Probanden während der zwei Testphasen täglich ausfüllten. Ziel der Arbeit ist es, die Auswirkungen von HDT-Bedrest sowie Salzgehalt der Nahrung auf die psychische Befindlichkeit zu untersuchen.

## 1.2 Head down tilt bedrest

Ausflüge in den Weltraum sind sehr aufwendig und teuer, was die Möglichkeiten und Ausmaße physiologischer Untersuchungen im All limitiert. Daraus ergibt sich das Bedürfnis, die Auswirkungen der Schwerelosigkeit auf den Menschen unter vereinfachten Bedingungen auf der Erde zu untersuchen. Die einzigen Möglichkeiten, die Schwerkraft auf der Erde aufzuheben, sind der freie Fall und der Parabelflug. Bei letzterem kann maximal für einen Zeitraum bis zu 90 Sekunden Schwerelosigkeit hergestellt werden. Dies ist zur Untersuchung langfristiger Anpassungsreaktionen zu kurz, so dass Modelle entwickelt wurden, die die Schwerelosigkeit zumindest teilweise simulieren können. Eines dieser Modelle ist das head down tilt bedrest (HDT-bedrest), bei der sich die Probanden über einen gewissen Zeitraum in liegender Position in Kopftieflage befinden.

### 1.2.1 HDT-Bedrest und seine Auswirkungen auf den menschlichen Körper

In der Schwerelosigkeit benötigen die Raumfahrer ihre unteren Extremitäten nicht, um das Gewicht ihres Körpers zu tragen. Dies führt notgedrungen zu Inaktivität, ein Zustand, der auch die Bettruhe kennzeichnet. Zusätzlich ist in

Bettruhe die Schwerkraft, die vom Kopf zu den Füßen auf den menschlichen Körper wirkt, vermindert. Dadurch kommt es unter anderem zu einer Verlagerung von Flüssigkeit im Körper in Richtung des Kopfes. Die Entlastung vom Gewicht des Körpers, das Fehlen von Arbeit gegen die Schwerkraft sowie die Abwesenheit von Veränderungen der Körperhaltung und linearer Beschleunigung bedingen einen verminderten Energiebedarf, eine verminderte propriozeptive Stimulation und eine allgemeine Verminderung von Sinnesreizen, wozu zusätzlich veränderte soziale Interaktionsmuster und Arbeitsabläufe beitragen. Eine Kopftieflagerung verstärkt vor allem die thorakozephale Flüssigkeitsverlagerung und verstärkt damit die physiologischen Auswirkungen der Bettruhe. Als bester Kompromiss zwischen Effekt und Bequemlichkeit hat sich die Kopftieflagerung um 6° größtenteils durchgesetzt [6].

Durch die Flüssigkeitsverlagerung in Richtung der oberen Körperhälfte kommt es zu einer Erhöhung des zentralen Blutvolumens und des kardialen Füllungsdruckes, was eine Erhöhung des intravaskulären Volumens simuliert und letztendlich über die Aktivierung einer Kette von Gegenmechanismen eine Verminderung des Extrazellulärvolumens zur Folge hat [5]. Die Abnahme des Plasmavolumens führt zu einer Reihe kardiovaskulärer Veränderungen, unter anderem Veränderungen der Herzleistung und der Empfindlichkeit der Barorezeptorenreflexe. Selbst nach kurzzeitigen Bettruhephasen lässt sich eine orthostatische Intoleranz beobachten, die durch die Hypovolämie, hormonale und metabolische Veränderungen, eine Zunahme der venösen Dehnbarkeit und die Veränderungen der kardiovaskulären Regulation durch das autonome Nervensystem bedingt wird [6].

Die Kalziumausscheidung ist während Bettruhe erhöht, die Aufnahme aus dem Darm hingegen erniedrigt, was zu einer negativen Kalziumbilanz führt. Vor allem die Muskeln der unteren Extremitäten und des unteren Rückens nehmen sowohl an Masse als auch an Kraft ab, da sie nicht mehr gegen die Schwerkraft arbeiten müssen. Die Entlastung der Knochen führt zu einem Umbau der Knochenarchitektur und letztendlich zu einem Verlust an Knochenmasse [6].



Die beschriebenen Veränderungen sind in ähnlichem Ausmaß auch bei Weltraummissionen beobachtet worden. Obwohl die Schwerkraft in Richtung von der Brust zum Rücken nicht aufgehoben werden kann und auch Aspekte wie z.B. der Widerspruch im visuellen und vestibulären System, der während der ersten Tage im All häufig zu Übelkeit führt, nicht simulierbar sind, ist HDT-Bedrest das beste verfügbare Simulationsmodell für Schwerelosigkeit, das derzeit zur Verfügung steht [6].

### **1.2.2 HDT-Bedrest und seine Auswirkungen auf die menschliche Psyche**

Beeinträchtigungen der psychischen Verfassung während Weltraummissionen werden meist auf die soziale Isolation und das Eingesperrtsein zurückgeführt, wobei auch Faktoren wie Langeweile, Bedrohung durch mögliche Gefahren, Unbequemlichkeiten durch Enge und mangelnde Privatsphäre, die Trennung von Familie und Freunden, interpersonelle Spannungen innerhalb der Besatzung sowie die Schwerelosigkeit als mögliche Stressoren betrachtet werden [2, 3].

Nicht alle diese Faktoren sind durch HDT-Bedrest simulierbar. Die Aufregung beim Start und die Angst, die durch die potentiellen Gefahren im Weltall ausgelöst wird, wird ein Proband in Bettruhe nicht nachvollziehen. Interpersonelle Komplikationen sind nicht vorhersagbar und schwer zu simulieren. Auch die emotionale Reaktion auf das Erlebnis der Schwerelosigkeit lässt sich durch Bettruhe in Kopftieflage nicht reproduzieren. Bei EEG-Tomographieaufzeichnungen während Parabelflügen zeigten sich Veränderungen der Hirnaktivität im rechten Frontallappen, welche sich als emotionale Reaktionen auf das Erleben der Schwerelosigkeit interpretieren lassen. Zur Kontrolle in Schwerkraft durchgeführte Messungen beim Wechsel von sitzender zu liegender Position zeigten hingegen Veränderungen der Aktivität im linken Frontalhirn, und eine 9°-Kopftieflagerung verursachte keine weiteren Veränderungen in der EEG-Tomographie [7].

Räumliche Beschränktheit, Isolation, Bewegungsmangel sowie der Wegfall von durch die Schwerkraft verursachten Reizen wie Lagewechsel und Richtung sind Aspekte, die Bettruhe und Weltraumflüge gemeinsam haben.

Bewegungslosigkeit kann als eine Art sensorischer Deprivation betrachtet werden, da es zu einer Verminderung von kinästhetischen und propriozeptiven Reizen kommt. Zubek und MacNeill zeigten 1966, dass sowohl völlige Immobilisierung als in geringerem Maße auch Bettruhe eine Verlangsamung der EEG-Aktivität im Okzipitallappen verursachen und Einfluss auf Faktoren wie Sprachfluss, Erinnerung, Raumwahrnehmung und das Erkennen von Figuren und Farben haben. Außerdem beobachteten sie bei den Probanden eine Reihe subjektiver Phänomene wie halluzinationsähnliche visuelle Erlebnisse, lebendige und komplexe Träume, Ängstlichkeit, Veränderungen der Selbsteinschätzung, Verlust der Verbindung zur Realität, Sprachschwierigkeiten, Ineffizienz im Denken, lebendige Erinnerungen, Beschäftigung mit Sexualität, Gefühl der Ruhelosigkeit, Einsamkeit und zeitliche Desorientiertheit. In völliger Immobilisierung traten darüber hinaus Langeweile und Körperbildstörungen auf [8]. Während eines Versuches von Deitrick et al. 1945, bei dem junge gesunde Männer über 6-7 Wochen immobilisiert wurden, wurden bereits ähnliche Beobachtungen gemacht. So reagierten die Probanden auf den Beginn und das Ende der Bettruhe mit individuellen Reaktionen auf Stress und Gefahr: ein Proband mit unsicheren Persönlichkeitszügen zeigte Angst und Abhängigkeit, ein aggressiver Patient wurde feindlich gestimmt; ein dritter, der gelernt hatte, seine Emotionen nach außen nicht zu zeigen, wurde gelassen. Während der Bettruhephase zeigten alle Probanden in unterschiedlichem Ausmaß und zu unterschiedlichen Zeitpunkten Zeichen von Angst, Aggression, erhöhter sexueller Spannung und Unbehagen. Es zeigten sich Veränderungen der geistigen und körperlichen Aktivität und des Schlafmusters. Während der ersten zwei Wochen der Immobilisierung klagten die Probanden häufig über körperliches Unwohlsein wie Schlafstörungen, Steifigkeit und Muskelschmerzen. Zudem konnte eine Abnahme des Appetits und eine zunehmende allgemeine Schwäche, einhergehend mit Erschöpfung bei der leichtesten Anstrengung, beobachtet werden [9]. Bei zwei 1971 durch Ryback et al. durchgeführten fünfwöchigen Bedrest-Studien zeigten sich erhöhte Werte für Ängstlichkeit, Depressivität und Feindseligkeit, die bereits in Erwartung auf die Bettruhe anstiegen und nach der Bettruhephase nur langsam

wieder abnahmen [10, 11]. Ishizaki et al. fanden bei einem 20-tägigen Bettruheversuch eine Tendenz zur Entwicklung von Depression und Neurose, die zwei Monate später wieder verschwunden war [12].

Mehrere Studien beschäftigen sich mit der Frage, ob körperliches Training während Bettruhe bzw. HDT-Bedrest zur Verbesserung von Leistungsfähigkeit und psychischem Befinden führt. Ryback et al. konnten bei einem fünfwöchigen Bettruheversuch signifikant höhere Werte für Ängstlichkeit und Depressivität in einer Gruppe ohne körperliches Training im Vergleich zu einer Gruppe, die täglich an einem Ergometer trainierte, nachweisen [10]. Ishizaki et al. fanden während eines 20-tägigen HDT-Bedrestversuches einen leichten Zustand von Depression sowie eine Verminderung der Vitalität und eine Erhöhung der Verwirrtheit, körperliches Training hatte allerdings keinen signifikanten Einfluss auf die Stimmung der Probanden [13]. DeRoshia und Greenleaf fanden während einer 30-tägigen HDT-Bedrestphase weder eine signifikante Verschlechterung von Stimmung und Leistung noch konnten sie einen Einfluss von körperlichem Training nachweisen [14].

Ein gemeinsames Spiel scheint einen positiven Einfluss auf die Stimmung zu haben. Während Ishizaki et al. bei vorhergehenden HDT-Bedreststudien erhöhte Level an Depressivität und Neurose nachweisen konnten, blieb die Stimmung nach Einführung eines Wettspiels unter den Probanden über den gesamten Zeitraum der ansonsten identisch geplanten Studie gut [15].

Fraglich ist, inwieweit die Kopftieflagerung bei HDT-Bedrest im Verhältnis zu horizontaler Bettruhe einen zusätzlichen Effekt auf das psychische Befinden hat. Styf et al. konnten einen Vorteil von HDT-Bedrest mit balanced traction gegenüber horizontaler Bettruhe bei der Simulation von in der Schwerelosigkeit auftretenden Schmerzen und psychosomatischen Reaktionen zeigen. Die Probanden erfuhren signifikant mehr Rückenschmerzen, Bauchschmerzen, Kopfschmerzen und Beinschmerzen und hatten höhere Werte im Beckschen Depressionsinventar während HDT-Bedrest [16]. In Bezug auf Schlaf, Tageswachsamkeit und psychomotorische Leistung ließ sich allerdings kein Unterschied zwischen HDT-Bedrest und horizontaler Bettruhe nachweisen. Bis auf eine leichte morgendliche Verschlechterung höherer

Aufmerksamkeitsfunktionen waren diese Funktionen unter HDT-Bedrest im Vergleich nicht gestört [17].

Im Gegensatz zur Stimmung scheint die psychomotorische Leistungsfähigkeit durch HDT-Bedrest nicht beeinträchtigt zu werden. Bei einer Studie von Shebab, Schlegel et al. konnten keine Verschlechterung der kognitiven Leistung unter HDT-Bedrest nachgewiesen werden. Während einer 17-tägigen Bettruhephase in 6°-Kopftieflage nahmen die Leistungen in den Bereichen direkte und geteilte Aufmerksamkeit, räumliche und mathematische Fähigkeiten, Erinnerungs- und Verfolgungsfähigkeit eher zu, im Vergleich zu einer Kontrollperiode ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Auch ein Müdigkeitsscore zeigte wenig Veränderung [18]. Auch Pavy-le Traon et al. konnten während eines 28-tägigen HDT-Bedrestversuches keine Verschlechterung der psychomotorischen Leistung nachweisen [19].

### **1.2.3 Klinische Relevanz von Bedrest**

Der Einsatz der Bettruhe zur Simulation von Schwerelosigkeit ist auf die Weltraumphysiologie beschränkt und damit eher selten. Medizinisch ist Bettruhe aber äußerst relevant, wird sie doch tagtäglich eingesetzt, sei es aus Notwendigkeit oder aufgrund des Glaubens an ihre positiven Effekte. Vor allem bei schweren Erkrankungen, Traumata und bei alten Patienten sind oft wochenlange Liegezeiten vonnöten. War jahrelang die Überzeugung verbreitet, Bettruhe an sich helfe dem Kranken bei seiner Genesung, haben gegenteilige wissenschaftliche Erkenntnisse die Meinung unter Medizinern inzwischen verändert. Dennoch bleibt das Bett der zentrale Aufenthaltsort jedes Krankenhauspatienten, und in der Allgemeinbevölkerung hält sich krampfhaft die Überzeugung, ein kranker Mensch gehöre ins Bett.

Bis in die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts galt Bettruhe als unabdingbar für die Genesung des Patienten. Bettenmangel und Personalknappheit während des 2. Weltkriegs führten zu der Beobachtung, dass die frühere Mobilisierung der Patienten bessere Ergebnisse und weniger Komplikationen nach sich zog. Daraufhin durchgeführte Studien zeigten, dass die Inaktivität während der Bettruhe eine ganze Reihe negativer Auswirkungen auf den Körper und die

Psyche wie Kontrakturen der Gelenke, Muskelatrophie, Osteoporose, Urolithiasis, Harnwegsinfekte, verminderte kardiale Leistung, orthostatische Hypotonie, Thrombosen, Lungenembolie, Atelektasen, Pneumonie, Konstipation, Mangelernährung, Decubitus, Angst, Depression und Desorientiertheit haben kann [20]. Zwar führen die Fallpauschalen inzwischen dazu, dass Patienten baldmöglichst aus dem Krankenhaus entlassen werden, dennoch lässt sich auch längerfristige Bettruhe nicht in allen Fällen vermeiden. Dadurch behält die Erforschung ihrer Auswirkungen und die Suche nach Möglichkeiten, ihren negativen Folgen entgegenzuwirken, weiterhin ihre Bedeutung.

### 1.3 Natriumchlorid und seine Auswirkungen auf die menschliche Psyche

Der Mensch braucht Natriumchlorid (NaCl), gemeinhin Kochsalz oder einfach nur Salz genannt, zum Überleben. Da es heutzutage jederzeit billig verfügbar und in ausreichendem Maße in der Nahrung enthalten ist, stellt Salzangel kein Problem dar. Das ist allerdings erst seit der Entwicklung der Geologie zur modernen Wissenschaft mit der Möglichkeit, Salzvorkommen nahezu überall zu finden, abzubauen und industriell zu verarbeiten, der Fall. Solange unsere Vorfahren von der Jagd lebten, nahmen sie über das Fleisch ausreichend Salz auf. Seit der Entwicklung des Ackerbaus mussten die Menschen Salz suchen, indem sie den Tieren zu ihren Leckstellen folgten. In warmen Gegenden konnte man Salz aus Meerwasser durch Verdunstung gewinnen, was aber sehr mühsam und zeitaufwändig war. Lange Zeit war Salz so kostbar, dass man es auch das „weiße Gold“ nannte. In der Antike und im Mittelalter war es eines der wichtigsten Handelsgüter und in seiner strategischen Bedeutung mit der des Erdöls heute zu vergleichen. Die Bedeutung, die das Salz für die Menschen in früheren Zeiten hatte, spiegelt sich auch in einer Unzahl an Mythen und Bräuchen, die heute größtenteils in Vergessenheit geraten sind. Heute ist die physiologische Rolle, die Natriumchlorid im Körper des Menschen spielt und es für ihn überlebensnotwendig macht, gut erforscht. Ob hohe oder niedrige

Salzzufuhr aber Auswirkungen auf das psychische Befinden hat, und wenn ja welche, ist kaum bekannt.

### **1.3.1 Die physiologische Rolle von Natriumchlorid im menschlichen Körper**

Kochsalz ist die Hauptaufnahmequelle für Natrium, welches als wichtigstes extrazelluläres Kation über die Aufrechterhaltung der Osmolalität das Volumen des Extrazellulärtraumes bestimmt. Chlorid ist das Hauptanion des Extrazellulärtraumes und trägt damit zur Elektroneutralität zwischen Extra- und Intrazellulärtraum bei. Die tägliche Natriumchloridaufnahme ist individuell verschieden und beträgt zwischen wenigen mmol bis zu 1000 mmol (1 mmol entspricht 58 mg NaCl). Der Natriumgehalt des Körpers wird über die Niere reguliert, wodurch der Salzhaushalt des Menschen funktionell eng an seinen Wasserhaushalt gekoppelt ist. Zudem spielt Natrium eine wichtige Rolle bei der Signalübertragung im menschlichen Nervensystem. Seine Konzentration im Körper hat Auswirkungen auf die Stabilität des Blutdrucks: ist zu wenig Natrium vorhanden, kommt es zum Kreislaufkollaps, zu viel Natrium dagegen führt zu Hypertension [21, 22]. Aufgrund des Zusammenhangs von Salzkonsum, Bluthochdruck und Arteriosklerose hat die WHO die empfohlene Tagesmenge auf 5g Natriumchlorid am Tag festgelegt. Der tatsächliche Konsum übersteigt diese Empfehlung meist, in Europa ca. um das Doppelte [23]. Dies ist vor allem auf den hohen Salzgehalt in vorgefertigten Speisen zurückzuführen.

### **1.3.2 Die Regulation der Salzaufnahme**

Die Lebensnotwendigkeit von Natriumchlorid könnte erklären, warum es einen eigenen Geschmackssinn für „salzig“ gibt. Die Natriumaufnahme wird vermutlich ausschließlich über den Geschmack des Salzes reguliert. Die Geschmackspapillen für „salzig“ liegen an der Zungenspitze. Von dort wird die Information über die Chorda tympani zum Nucleus tractus solitarii und von dort weiter über den Thalamus an den Kortex geleitet. Andere Bahnen führen zur Amygdala, zum Hypothalamus und zur Stria terminalis. Die auslösenden Reize

für Salzhunger im Tierversuch sind Hypovolämie und Hyponatriämie, wobei die genauen Mechanismen noch nicht verstanden sind. Sicher ist, dass die Hormone Aldosteron und Angiotensin II eine Rolle bei der Regulation der Natriumaufnahme spielen und somit eine Rolle bei der Entstehung von Salzhunger spielen. Ein Mechanismus, über den die Aufnahme von Salz gesteigert werden kann, ist die Abnahme der Sensibilität der Chorda tympani-Fasern. Dadurch wird eine ansonsten als unangenehm empfundene Menge Salz als weniger salzig wahrgenommen und verliert ihren abstoßenden Charakter [24]. Im Tierversuch lässt sich ein entsprechendes Verhalten beobachten: Ratten, welchen Salz entzogen wurde, trinken konzentrierte NaCl-Lösungen, die sie ansonsten vermeiden [25]. Dabei wurde beobachtet, dass ihr Salzappetit noch größer ist, wenn sie bereits früher einen Salzzug durchlebt haben [26]. Dieses Phänomen, bei dem eine Antwort auf einen Reiz nach wiederholter Darbietung stärker wird, bezeichnet man als Sensitivierung. Diese Sensitivierung lässt sich vor allem bei Psychostimulantien wie Kokain und Amphetamin beobachten. Tatsächlich fanden Roitman et al. bei Ratten, die mehrere Perioden von Salzzug mit einer darauf folgenden Sensitivierung erlebt hatten, ähnliche Veränderungen im Nucleus accumbens, nämlich eine Zunahme der dendritischen Äste dortiger Neuronen, wie bei Ratten mit Amphetaminsensitivierung [27]. Der Nucleus accumbens ist ein Teil des mesolimbischen dopaminergen Systems, das an der Regulation angeregten Verhaltens sowohl auf künstliche als auch natürliche Belohnungen hin beteiligt ist. Clark und Bernstein konnten in weitergehenden Versuchen darüber hinaus eine reziproke Cross-Sensitivierung zwischen Amphetamin und Salzhunger zeigen. Ratten, die mehrere Phasen von Salzzug erfahren hatten, zeigten eine stärkere psychomotorische Reaktion auf Amphetamin als Kontrollratten. Ebenso zeigten Ratten mit Amphetamin erfahrung eine höhere NaCl-Aufnahme nach einem einmaligen Salzzug [28]. Dies impliziert, dass starke, natürliche Motivationsanregungen Menschen für die belohnenden Effekte von Drogen sensitivieren können und zeigt, dass Salzhunger eine dieser starken natürlichen Motivationsanregungen ist.

### **1.3.3 Salz als Arznei im Laufe der Geschichte**

Seit den Anfängen der Medizin spielte Salz eine Rolle als Arznei. Dioskurides widmet den Salzen im Band V seiner *Materia medica* ein ganzes Kapitel, in dem er ihnen adstringierende, reinigende, zerteilende, besänftigende und verdünnende Wirkung zuschreibt. Sie bewirken Wundschorf, halten Fäulnis ab und helfen gegen Fleischwucherungen. Vermischt mit Öl, Essig oder Honig ergeben sich eine Reihe von Indikationen wie Wassersucht, Blähungen, Jucken, Flechte, Krätze, Aussatz, Schlundmuskelentzündungen, Soor, krebssige Geschwüre und Furunkel. Auch helfen sie gegen Tierbisse und Gifte.

In der Humoralpathologie, die die Medizin des Mittelalters beherrschte, wurden dem Salz die Prinzipien des Trockenen und Warmen zugeschrieben. Daraus ergab sich eine Indikation bei allen kalten und feuchtkalten Krankheiten wie Gicht, Nierenbeschwerden, Wassersucht, Darmschmerzen oder auch Kopfweg. Es sollte den kranken Körper erwärmen. Auch bei Infektionen und als Schmerzmittel bei Verletzungen des Bewegungsapparates kam es vor allem als Umschlag vermischt mit Honig zur Anwendung [29].

Seit Paracelsus spielte Salz eine wichtige Rolle in der Alchemie. Er fügte Salz (Sal) als drittes Prinzip zu den bestehenden Prinzipien Quecksilber (Mercurius) und Schwefel (Sulphur) hinzu und schuf damit das System der drei Prinzipien (Tria principia), aus welchen nicht nur alle Metalle, sondern überhaupt alle Stoffe aufgebaut sein sollten. Dabei stellte Sulphur die Seele, Mercurius den Geist und Sal den Körper dar [30].

Heute wird Natriumchlorid in der Medizin vor allem zu Herstellung physiologischer Kochsalzlösung zur Infusion benötigt. Zudem wird es zur Inhalation bei chronischer Bronchitis und für Solebäder verwendet [31, 32].

### **1.3.4 Salz in der Naturheilkunde**

Während Salz in der Schulmedizin aufgrund seiner blutdruckerhöhenden Wirkung in Verruf geraten ist, erfreut es sich in der naturheilkundlichen Szene weiter großer Beliebtheit. In seinem Buch „Sie sind nicht krank, Sie sind durstig! Heilung von innen mit Wasser und Salz“ empfiehlt Dr. med. F. Batmanghelidj



unraffiniertes Meersalz und beschreibt folgende erstaunliche Wirkungen: Salz wirke als natürliches Antihistaminikum, bei Asthma sei auf die Zunge gegebenes Salz im Notfall so wirksam wie ein Inhalationsspray; Inkontinenz könne Folge von Salzverlust sein, ebenso wie Osteoporose; Salz könne das Ausmaß von Schäden an Augen und Blutgefäßen bei Diabetikern reduzieren; Salz auf der Zunge könne Husten stoppen; es diene der Verhütung von Gicht und Gichtarthritis; es trage zur Verhütung von Krampfadern und Besenreißern bei; es könne zur Verkleinerung eines Doppelkinns beitragen. Auch schreibt er Salz eine Rolle bei der Prophylaxe und Behandlung von Krebs zu. Vor allem aber die Wirkungen auf die Psyche sind beeindruckend: Salz sei ein starkes Anti-Stress-Mittel; salzlose Ernährung sei ein Risikofaktor für Alzheimer; Salz sei wichtig für die Behandlung emotionaler und affektiver Störungen; Salz sei notwendig um den Serotonin- und Melatoninspiegel im Gehirn aufrecht zu erhalten und unterstütze dadurch den Aufbau von Selbstvertrauen und eines positiven Selbstbildes; es sei wichtig für den Erhalt der Libido. Zudem sei wichtig für die Regulation des Schlafes: ein Glas Wasser und einige Körnchen Salz auf die Zunge gestreut führten zu tiefem, erholsamem Schlaf. Er warnt allerdings auch vor zu hohem Salzkonsum. Der Gehalt von Wasser und Salz im Körper müsse sich immer im Gleichgewicht befinden. Quellen für wissenschaftliche Belege dieser Wunderwirkungen führt er leider nicht an [33]. Vor allem Kristallsalz aus dem Himalaya wird eine Unmenge an positiven Wirkungen auf die Haut, Allergien, Erkältungskrankheiten, den Bewegungsapparat, Verdauung und Stoffwechsel, die Niere, das Herz-Kreislaufsystem, die Nerven, Frauenleiden, die Augen, die Zähne, ja selbst auf Krebserkrankungen zugesprochen. Dabei wird allerdings reines Natriumchlorid, also industriell hergestelltes raffiniertes Kochsalz, als giftig für den Körper angesehen. Echtes Salz sei das ursprüngliche Kristallsalz, bei dem sich durch die weiteren enthaltenen Mineralien und Spurenelemente erst die richtigen geometrischen Strukturen aufbauen könnten, die dem Salz seine Energie geben. Kochsalz hingegen belastet den Körper und führe zu Erkrankungen wie Gicht, Arthrose und Arthritis, Nieren- und Gallensteinen und Bluthochdruck [34, 35].

In der Homöopathie wird Natriumchlorid als Natrium muriaticum bezeichnet und wird unter anderem bei Herpes simplex, Acne vulgaris, Alopezie, Asthenopie, Asthma bronchiale, chronischen Ekzemen, Erkrankungen der Nägel, Lichtdermatosen, Geschmacksstörungen, Kopfschmerzen, Neurodermitis, Urtikaria, Störungen des vegetativen Nervensystems sowie Affektschädigungen eingesetzt. Zudem ist es ein Konstitutionsmittel („Mittel bei allen Beschwerden als Folge von Kummer, Liebesverlust und unsäglicher Eifersucht bei blonden, etwas frostigen Asthenikern.“) [36].

### **1.3.5 Die Rolle der Salzes in der Psychoanalyse**

Ernest Jones, ein Zeitgenosse Sigmund Freuds, analysiert in einem Artikel von 1912 die Bedeutung des Salzes in den Mythen und Bräuchen der Völker aus psychoanalytischer Sicht [37]. Er führt darin die unterschiedlichen symbolischen Bedeutungen auf, die Salz einst hatte und teilweise auch weiterhin hat. So ist Salz zum einen ein Sinnbild für Dauerhaftigkeit, was aufgrund seiner konservierenden Eigenschaft ins Auge springt. Davon abgeleitet kommt wohl auch seine Assoziation mit Freundschaft, Treue und Gastfreundschaft. In der Vergangenheit wurde Salz sogar dazu genutzt, Eide und Verträge zu bekräftigen. In Ägypten diente es zur Präparation der Mumien, was zu einer Assoziation zwischen Salz und Unsterblichkeit führte. In den unterschiedlichsten Völkern wurden ihm magische Kräfte zugeschrieben, die vor dem Teufel, bösen Geistern oder dem Unglück schützen konnten. Außerdem diente es zu rituellen Reinigungen. Die Vorstellung vom Salz als Essenz des Lebens, als Quintessenz aller Dinge schließlich macht die biblische Phrase „Ihr seid das Salz der Erde“ (Matth. V., 13) erst verständlich. Die Assoziation mit Geld und Reichtum erscheint nachvollziehbar, wenn man die wirtschaftliche Bedeutung, die Salz einst hatte, bedenkt. Davon lässt sich möglicherweise die Rolle des Salzes bei der Herbeiführung von Fruchtbarkeit ableiten. Der besondere Geschmack des Salzes soll dazu geführt haben, dass man Salz auch als Synonym für Witz verwendet.

Jones führt diese große Bedeutung, die dem Salz in allen bekannten Kulturen beigemessen wurde, aber seiner Ansicht nach in keinem Verhältnis zu seiner

natürlichen Eigenschaften steht, auf eine überwertige Idee zurück. Er weist in seinem Artikel nach, dass die Bedeutung des Salzes auf eine Assoziation mit dem menschlichen Samen zurückzuführen sei, wobei er die Hypothese, sie sei historisch durch die Wichtigkeit dieser Substanz für das menschliche Überleben zu erklären, verwirft.

### **1.3.6 Die Auswirkungen von Salzangel auf die Psyche**

Dafür, dass manifester Salzangel zu Erschöpfung und Niedergeschlagenheit und somit zu einer Stimmungsverschlechterung führt, gibt es einige Hinweise in der Literatur. McEwen vermutete 1935, dass Salzangel durch Schwitzen für schlechte Gesundheit und Leistungsabfall bei weißen Bewohnern tropischer und subtropischer Gegenden verantwortlich sei. Er führte Symptome wie unangemessene Erschöpfung nach moderater Anstrengung, Niedergeschlagenheit, Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit und Konzentrationsstörungen auf den zu niedrigen Salzkonsum der Einwanderer zurück und berichtete, die Beschwerden durch eine erhöhte Salzzufuhr mit der Nahrung lindern zu können [38]. 1936 erzeugten McCance und zwei seiner Kollegen in einem Selbstexperiment durch nahezu salzfreie Nahrung und Schwitzen Salzangel. Sie berichteten über Durst, der durch Wasseraufnahme nicht zu stillen war, Appetitlosigkeit, Übelkeit, Gewichtsabnahme, Krämpfe, Erschöpfung und Kraftlosigkeit. Eine der Versuchspersonen berichtete auch über Apathie und eine allgemeine Verlangsamung [39].

Andauernde Erschöpfung ist auch ein Symptom des chronischen Erschöpfungssyndroms (chronic fatigue syndrome). Diese Erkrankung ist durch eine länger als 6 Monate andauernde Erschöpfung definiert, die meist plötzlich nach einer akuten viralen Infektion beginnt und nicht durch eine andere körperliche oder psychiatrische Diagnose zu erklären ist. Weitere Symptome sind unter anderem Kraftlosigkeit, Konzentrationsschwierigkeiten, Muskel- und Gelenkschmerzen, Kopfschmerzen und Schlafstörungen. Bou-Halaimah et al. fanden bei Kipptischversuchen mit Patienten und gesunden Probanden eine Assoziation von chronischem Erschöpfungssyndrom und vasovagalen Synkopen. Dabei gaben 61% der Patienten mit chronischem

Erschöpfungssyndrom an, für gewöhnlich Salz und salzige Nahrung zu vermeiden. Ein Therapieversuch mit Fludrocortison, einem üblicherweise in der Therapie vasovagaler Synkopen eingesetztem Medikament, gemeinsam mit der Empfehlung, den Salzkonsum zu erhöhen, zeigte eine signifikante Verringerung der Erschöpfung und eine höheres Maß an Wohlbefinden [40].

### **1.3.7 Die Auswirkungen hohen Salzkonsums auf die Psyche**

Zu allen Zeiten hat es aber auch immer Stimmen gegeben, die vor zu hohem Salzkonsum warnten. Mittelalterliche Ärzte kannten eine Reihe von Kontraindikationen für Salz. So erzeuge es Durst, trockne die Kopfhaut aus, mache den Teint blass und das „Gesicht grämlich“ und erzeuge, in zu großen Mengen genossen, „trübes und melancholisches Blut“ [29]. Heutzutage, da Salz jederzeit preiswert zur Verfügung steht und vor allem in vorgefertigten Speisen in hohem Maße enthalten ist, übersteigt der Salzkonsum der meisten Menschen in den Industrieländern den physiologisch notwendigen bei Weitem. Da Natriumchlorid im Verdacht steht, eine Ursache der essentiellen Hypertonie zu sein und damit ein Mitverursacher der Volkskrankheit Arteriosklerose, versuchen die WHO und andere Organisationen, die sich der Prävention verschrieben haben, den Salzkonsum der Bevölkerung durch Aufklärung zu reduzieren. Die Hypertension ist auch ein Bestandteil des metabolischen Syndroms, das im Verdacht steht, über ischämische Gehirnläsionen eine Ursache der Altersdepression zu sein. In einer Studie zu vaskulären Ernährungsfaktoren und Altersdepression fanden Payne et al. in einer Gruppe depressiver Versuchspersonen ab 60 Jahren eine erhöhte Aufnahme von gesättigten Fettsäuren und Cholesterin, einen höheren Body Mass Index und einen niedrigeren Alkoholkonsum als in der Kontrollgruppe. Auch die Natriumchloridaufnahme wurde in dieser Studie bestimmt. Zwar war diese in der Gruppe der depressiven Versuchspersonen etwas höher, der Unterschied war allerdings nicht signifikant [41].

## 1.4 Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Untersuchung zweier Fragestellungen:

- 1) Verändert sich das psychische und physische Wohlbefinden der Probanden während der Simulation von Schwerelosigkeit im "6° head-down tilt bedrest"-Modell im Vergleich zu vorher und nachher, und wenn ja, wie?
- 2) Hat der Salzgehalt der Nahrung der Probanden eine Auswirkung auf das psychische und physische Wohlbefinden?

Die Gelegenheit zur Untersuchung dieser Fragestellungen ergab sich im Rahmen der SaltyLife7-Studie des Deutschen Instituts für Luft und Raumfahrt, deren Ziel es war, den Einfluss der Natriumchloridzufuhr auf den menschlichen Körper im Schwerelosigkeitssimulationsmodell zu untersuchen. Dadurch ergibt sich die Relevanz der Fragestellung zunächst einmal für die Weltraumpychologie. Im weiteren Sinne spielt aber die Beantwortung der ersten Frage auch in der Diskussion um die Zweckmäßigkeit von Bettruhe im Allgemeinen eine Rolle. Die zweite Fragestellung ist insofern von allgemeinem Interesse, als Natriumchlorid einen wichtigen Bestandteil der täglichen Nahrung des Menschen darstellt, oft übermäßig konsumiert wird und seine Auswirkungen auf die menschliche Psyche hingegen so gut wie nicht wissenschaftlich untersucht sind.

## **2 Methodik**

### 2.1 Probanden

An der SaltyLife7-Studie nahmen 8 gesunde männliche Testpersonen (Alter  $26.12 \pm 3.94$  Jahre) teil. Mindestens eine Woche vor Versuchsbeginn erfolgte eine medizinische Einschlussuntersuchung in der Flieger-Untersuchungsstelle des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln entsprechend der Fliegertauglichkeitsuntersuchung Klasse III. Die Einschlussuntersuchung bestand aus einer klinisch-chemischen Untersuchung, einer Urinuntersuchung, einem Ruhe-EKG, einer Anamnese sowie einem Thrombophiliescreening. Zudem wurden psychologische Tests durchgeführt.

Ausschlusskriterien waren Drogen-, Alkohol-, Nikotin- oder Medikamentenabhängigkeit, Adipositas, Hyperlipidämie, Nierenerkrankungen, Thromboseneigung und Diabetes mellitus. Die Probanden waren körperlich gesund und in guter psychischer Verfassung. Sie durften in den letzten 30 Tagen an keiner anderen klinischen Studie teilgenommen haben.

Die Teilnehmer wurden mündlich und schriftlich über die Studie aufgeklärt und erklärten ihr Einverständnis mit den Bedingungen. Der Prüfplan der SaltyLife7-Studie stand in Übereinstimmung mit der Helsinki Deklaration und wurde von der Ethikkommission der Ärztekammer Nordrhein geprüft und genehmigt.

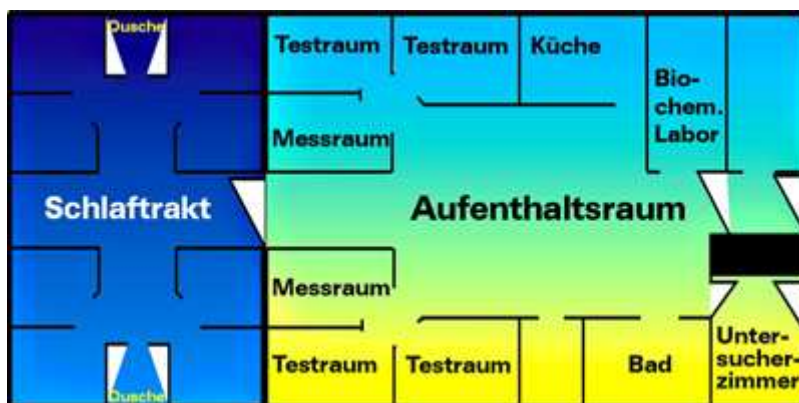
Zur Zuordnung zu den Versuchsbedingungen wurden die Probanden mit den Buchstaben A – H codiert. Die Bezeichnung erfolgte nach der Reihenfolge des Erscheinens der Probanden im Untersuchungslabor am ersten Versuchstag.

### 2.2 Studienaufbau und Studienablauf

Ziel der SaltyLife7-Studie war es, die Natriumspeicherung im Organismus bei variierender Kochsalzzufuhr in 6° Kopftiefe zu untersuchen. Sie wurde am Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin im Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) in Köln im September 2005 und im März 2006 während jeweils 21 Tagen durchgeführt. Es handelte sich um ein klassisches Cross-

Over-Design, die Probanden erhielten in der Interventionsphase zum einen eine hohe (Experimentteil 1) und zum anderen eine niedrige Kochsalzzufuhr (Experimentteil 2).

Für die Studie wurden 8 Probanden für jeweils 21 Tage stationär in der Arbeitsmedizinischen Simulationsanlage (AMSAN) des DLR aufgenommen. Die AMSAN ist eine Vielzweckforschungseinrichtung der Luft- und Raumfahrtmedizin, die unter kontrollierten Umweltbedingungen betrieben werden kann. Die Räume der Anlage sind schallgeschützt, klimatisiert und ausschließlich künstlich beleuchtet, so dass alle Probanden denselben Umweltbedingungen ausgesetzt sind. Es stehen 8 Schlafzimmer für die Probanden sowie mehrere Badezimmer, ein Wohn- und Esszimmer und eine Küche zur Zubereitung der Mahlzeiten zu Verfügung.



**Abbildung 1** Plan der Arbeitsmedizinischen Versuchsanlage (AMSAN) der DLR. Die Anlage ist insgesamt 300 m<sup>2</sup> groß.

Die Versuchszeiträume waren jeweils in eine 4-tägige Eingewöhnungsphase, eine 14-tägige HDT-Bedrestphase und eine 3-tägige Erholungsphase eingeteilt. Die Aufnahme der Versuchspersonen erfolgte am Tag 0.

Während der Eingewöhnungsphase wurden Ausgangswerte für die Versuche erhoben, die Probanden konnten sich in der Zeit frei in der Versuchsanlage bewegen. Die 14-tägige Interventionsphase verbrachten die Versuchspersonen in Bettruhe in 6°-Kopftieflage. An die Interventionsphase schloss sich eine 3-tägige Erholungsphase an, in der die Probanden sich wieder normal in der Versuchsanlage bewegten.

In der Eingewöhnungsphase erhielten alle Probanden Nahrung mit normalem Salzgehalt (200 mmol/Tag, entspricht 11,6 g Kochsalz). Während der Bettruhephase erhielt die Hälfte der Probanden Nahrung mit niedrigem Salzgehalt (50 mmol/Tag, entspricht 2,9 g Kochsalz), der anderen Hälfte wurde eine hohe Menge Salz mit der Nahrung zugeführt (550 mmol/Tag, entspricht 31,5 g Kochsalz). Während des zweiten Experimentteils ein halbes Jahr später wurden die Gruppen getauscht. Die Zuteilung zu den beiden Gruppen erfolgte zufällig.

Experimentteil	Adaptation	Intervention	Erholung
1	normale körperliche Aktivität+ 200 mmol Natrium (4 Tage)	Bettruhe + hohe Kochsalzzufuhr (550 mmol Na/ Tag) (14 Tage)	normale körperliche Aktivität+ 200 mmol Natrium (3 Tage)
2	normale körperliche Aktivität+ 200 mmol Natrium (4 Tage)	Bettruhe + niedrige Kochsalzzufuhr (50 mmol Na/Tag) (14 Tage)	normale körperliche Aktivität+ 200 mmol Natrium (3 Tage)

**Tabelle 1** Versuchsanordnung der SaltyLife7-Studie, Cross-over Design

Im Verlauf der Studie wurden alle Stoffe, die den Probanden zugeführt wurden, genau erfasst sowie alle ausgeschiedenen Stoffe (Urin, Fäzes) gesammelt und auf bestimmte Parameter untersucht. Des Weiteren wurden zahlreiche Tests und Messungen an den Probanden durchgeführt. Unter anderem wurden die Hormone des Natrium- und Wasserhaushalts, Veränderungen des Säure-Basen-Haushalts, Parameter des Muskel- und Knochenstoffwechsels, Energieumsatz, gastrointestinale Parameter und Veränderungen im kardiovaskulären System gemessen sowie Veränderungen des Geruchs- und Geschmackssinns untersucht. Die Entnahme einer Hautbiopsie sollte Aufschluss über die Rolle der Haut als Natrium speicherndes Organ bringen. Zur Untersuchung der Flüssigkeitsverschiebungen während der Bettruhephase



wurden Plasmavolumen, intrazelluläres Volumen und extrazelluläres Volumen bestimmt. Die durchgeführten Untersuchungen sowie die jeweiligen Zeitpunkte sind einer Tabelle im Anhang zu entnehmen.

Während der gesamten Studie erfolgte eine kontrollierte und standardisierte Nährstoffzufuhr. Die Energiezufuhr erfolgte entsprechend des nach der WHO-Regel berechneten Bedarfs bei leichter körperlicher Tätigkeit während der Adaptations- und Erholungsphase bzw. bei Bettruhe während der Interventionsphase. Der Anteil an Protein betrug 15%, Fett 25-30% und Kohlenhydrate 50-55%, die Flüssigkeitszufuhr betrug 40ml/kg Körpergewicht.

Die Probanden waren in separaten Schlafzimmern untergebracht. Sie wurden morgens um 6.30 Uhr geweckt, zwischen 8.00 Uhr und 8.30 Uhr gab es Frühstück, um 13.00 Uhr Mittagessen und um 19.00 Uhr Abendessen. Um 23.15 Uhr wurde das Licht gelöscht. In der Zeit zwischen den Untersuchungen und Tests verbrachten die Probanden ihre Zeit mit lesen, lernen oder fernsehen. Sie konnten während des gesamten Versuchszeitraums keinen Besuch empfangen. Während der Interventionsphase fanden sämtliche Alltagshandlungen wie essen, waschen, lesen und fernsehen im Liegen statt. Toiletten“gänge“ erfolgten mittels Urinflaschen bzw. Bettpfannen, geduscht wurde auf 6°-kopftiefgelagerten Liegen.

### 2.3 Psychometrische Instrumente

Ein Ziel der SaltyLife7-Studie war es, die Befindlichkeit (Motivation, Stimmung, Beschwerden und andere "State"-Variablen) der Probanden im Studienverlauf zu untersuchen. Dazu wurde in Zusammenarbeit der DLR Luft- und Raumfahrtpsychologie Hamburg eine psychometrische Testbatterie eingesetzt, die die Probanden an jedem Tag zu einer festgesetzten Zeit ausfüllten. Der zeitliche Aufwand betrug ca. 30 Minuten. Die Testbatterie bestand aus drei Fragebögen, dem Self-Assessment Manikin (SAM), der Eigenschaftswörterliste (EWL) und dem Unwohlfühlfragebogen (UFB). Sie wurde täglich zwischen

18.30 Uhr und 19.00 Uhr ausgefüllt. Zudem wurde bei einem der Experimenteile der Gesundheitsfragebogen für Patienten (PHQ-D) einmal vor und einmal am letzten Tag der Bettruhephase eingesetzt.

### **2.3.1 Gesundheitsfragebogen für Patienten (PHQ-D)**

Der PHQ-D ist die autorisierte deutsche Version des Prime MD Patient Health Questionnaire (PHQ). Er ist ein Screeninginstrument zur Diagnostik psychischer Störungen. Die im Versuch verwendete vierseitige Komplettversion ermöglicht die Diagnostik von somatoformen Störungen, Angststörungen, Essstörungen und Alkoholmissbrauch. Außerdem enthält sie Items zur psychosozialen Funktionsfähigkeit, zu Stressoren und kritischen Lebensereignissen. Aus den Fragen lassen sich acht Syndrome diagnostizieren, indem Summenwerte gebildet werden: „Somatoformes Syndrom“, „Major Depressives Syndrom“, „Andere Depressive Syndrome“, „Paniksyndrom“, „Andere Angstsyndrome“, „V. a. Bulimia nervosa“, „V. a. „Binge-Eating“-Störung“ und „Alkoholsyndrom“. Übersteigt der Summenwert der Items zu einem Syndrom einen gegebenen Grenzwert, so lässt sich eine Diagnose stellen.

Zur Verlaufsdagnostik lassen sich die drei Skalensummenwerte „Depressivität“, „somatische Symptome“ und „Stress“ bilden. Während auf Syndromebene nur die Ergebnisse Diagnose/keine Diagnose möglich sind, lassen sich hier auch quantitative Aussagen machen. Der Skalensummenwert Depressivität variiert zwischen 0 und 27 Punkten. Dabei entspricht ein Punktwert unter 5 dem Fehlen einer depressiven Störung, ein Punktwert zwischen 5 und 10 entspricht einem milden Schweregrad. Bei einem Punktwert von 10 und höher kann von einer Depression ausgegangen werden, wobei sich der Schweregrad aus den Punktwerten abschätzen lässt. Der Skalensummenwert "somatische Symptome" umfasst 15 somatische Symptome, welche sowohl den 15 häufigsten körperlichen Beschwerden von ambulanten Patienten als auch den wichtigsten DSM-IV-Kriterien für die Somatisierungsstörung entsprechen. Der Skalensummenwert liegt zwischen 0 und 30 Punkten. Im Rahmen der Validierung wurde ein enger Zusammenhang mit dem Funktionsstatus und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität belegt. Der Skalensummenwert "Stress"

wird durch aufsummieren von Items, die psychosoziale Belastungsfaktoren erfragen, gebildet. Er variiert zwischen 0 und 20 Punkten [42].

Im Verlauf der SaltyLife7-Studie füllten die Probanden den PHQ-D während des ersten Experimentteils einmal am letzten Tag der Eingewöhnungsphase und ein zweites Mal am letzten Tag der HDT-Bedrestphase aus. Aufgrund des sorgfältigen Screenings der Probanden vor der Aufnahme in die Studie waren keine Ergebnisse im PHQ-D zu erwarten, und da sich dies bestätigte, wurde er während des zweiten Experimentteils nicht mehr durchgeführt.

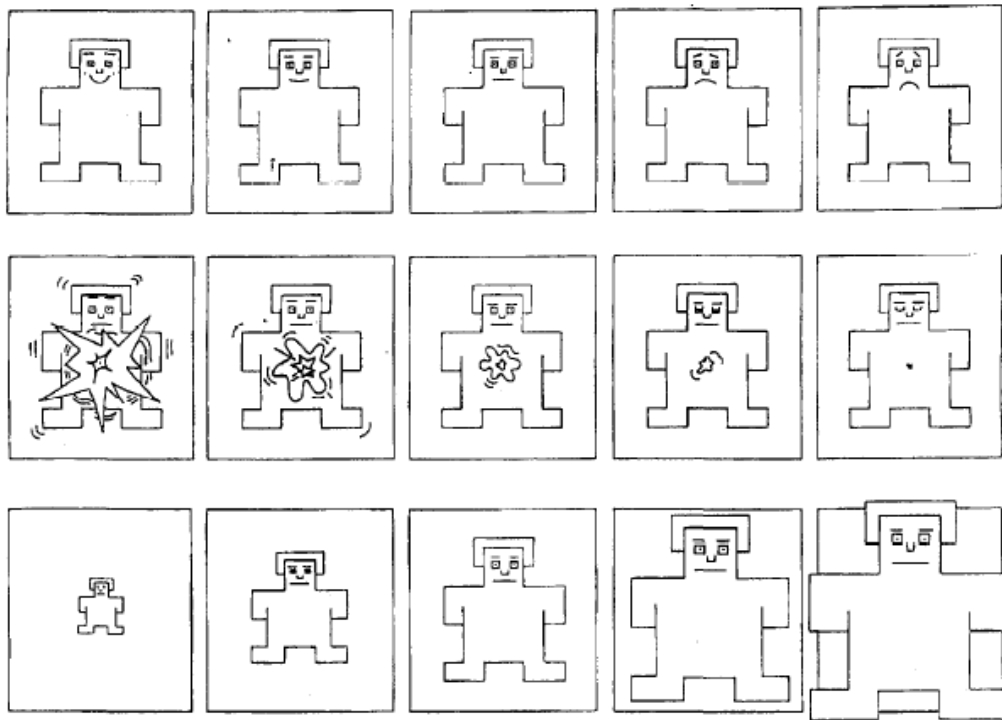
### **2.3.2 Eigenschaftswörterliste (EWL)**

Die Eigenschaftswörterliste (Janke und Debus 1978) ist ein mehrdimensionales Selbstbeurteilungsverfahren zur quantitativen Beschreibung des momentanen Befindens. In ihrer langen Form enthält sie 161 Eigenschaftswörter, die zu 15 Befindlichkeitsaspekten zusammengefasst werden. Jedes der Eigenschaftswörter kann auf einer Skala von 1 (= überhaupt nicht) über 2 (= ein wenig) und 3 (= ziemlich) bis 4 (= sehr) bewertet werden. Die EWL ist eine Methode der gebundenen Selbstbeurteilung, da die Befindlichkeit nur anhand der vorgegebenen Eigenschaftswörter und nur anhand der vierstufigen Skala bewertet wird. Dadurch wird eine erhöhte Standardisierung von Personen und Situationen erreicht. Sie zielt auf die Erfassung von Zuständen (States) ab und ist vor allem zur Erfassung von Veränderungen des Befindens in Abhängigkeit von Interventionen geeignet.

Für die SaltyLife7-Studie wurden die EWL derart modifiziert, dass nur sieben der Befindlichkeitsaspekte erhoben wurden: „Aktiviertheit“, „Müdigkeit“, „Gehobene Stimmung“, „Erregtheit“, „Ärger“, „Ängstlichkeit“ und „Deprimiertheit“. Dazu wurden 72 Adjektive ausgewählt.

Die EWL war Teil der psychologischen Testbatterie, die alle Probanden der SaltyLife7-Studie täglich vor dem Abendessen ausfüllten [43].

### 2.3.3 Self-Assessment Manikin (SAM)



**Abbildung 2 Self Assessment Manikin (SAM):** Die erste Zeile erfasst die Valenz, die zweite die Erregung und die dritte die Dominanz. Der Proband kann die Kreuze jeweils auf oder zwischen die Bilder setzen, so dass sich für jede Dimension eine 9-stufige Skala ergibt.

Das Self-Assessment Manikin ist ein Piktogramm, das zur sprachfreien Erfassung von Emotionen entwickelt wurde (Lang 1980). Es beruht auf der Theorie, dass alle Emotionen durch drei unabhängige bipolare Dimensionen beschrieben werden können: Behagen – Unbehagen, Grad der Erregung und Dominanz – Unterwürfigkeit (Mehrabian and Russel, 1977). Der SAM erfasst die drei Basisdimensionen Valenz, Erregung und Dominanz. Jede Dimension wird durch jeweils fünf nebeneinander stehende Figuren repräsentiert, die sich von links nach rechts verändern. Für die Valenz verändert sich SAM von einem lächelnden Gesicht („angenehm“) zu einer traurigen Figur mit hängenden Mundwinkeln („unangenehm“). Erregung wird durch ein Männchen mit Sternen und Kringeln im Bauchbereich sowie weit geöffneten Augen („erregt“) am einen Ende der Skala bis zu einem schlafenden Männchen („ruhig“) am anderen Ende repräsentiert. Zur Darstellung der Dominanz verändert sich das Männchen in

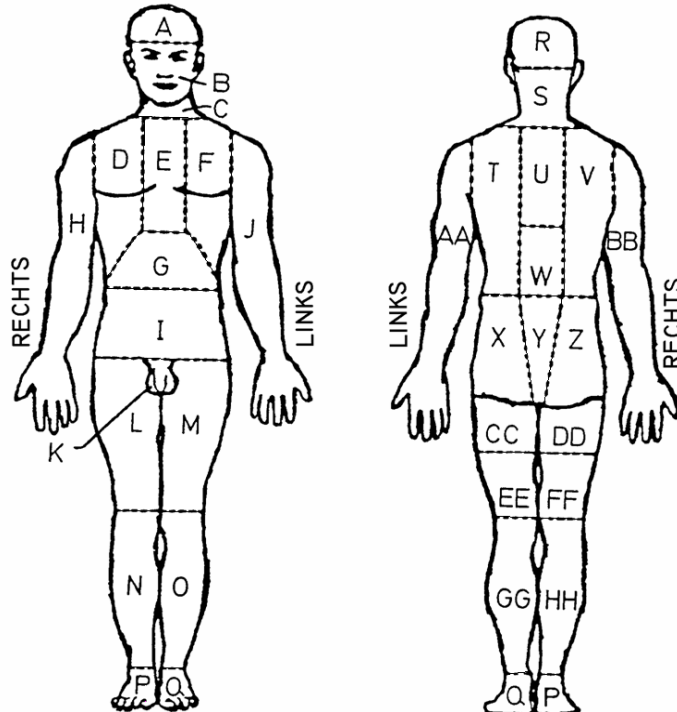
der Größe von ganz klein („submissiv“) zu riesig („dominant“). Die Versuchsperson kann entweder eine der fünf Figuren jeder Reihe ankreuzen, oder sie kann ihr Kreuz in einen der Zwischenräume setzen. Dadurch ergibt sich eine 9-stufige Skala für jede Dimension [44, 45].

Im Rahmen der SaltyLife7-Studie wurde der SAM als Teil der psychologischen Testbatterie jeden Abend von allen Probanden ausgefüllt.

### 2.3.4 Unwohlfühfragebogen (UFB)

Der Unwohlfühfragebogen dient zur Evaluation körperlichen Unwohlseins. Dazu wird ein Körperschema in 34 Regionen aufgeteilt, die jeweils auf einer vierstufigen Skala zwischen „kein Unwohlsein“ bis „starkes Unwohlsein“ bewerten werden können.

Im Rahmen der SaltyLife7-Studie füllten alle Probanden den UFB täglich vor dem Abendessen aus.



**Abbildung 3 Körperschema des Unwohlfühfragebogens (UFB):** Zu jeder bezeichneten Körperregion kann der Proband eine Bewertung des Unwohlseins auf einer vierstufigen Skala abgeben.

## 2.4 Statistische Auswertung

Die Statistischen Analysen und Graphiken wurde mit dem Programm SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Version 13 für Windows durchgeführt.

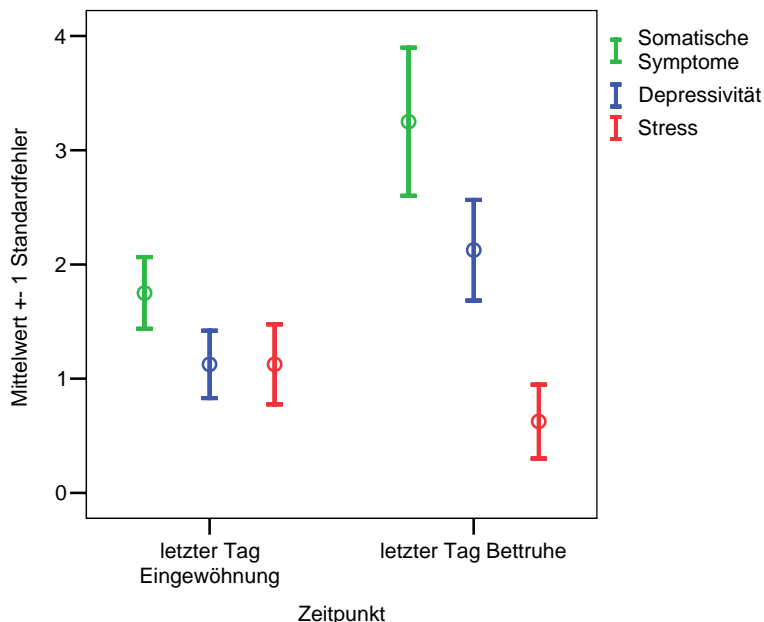
Bei den Fragebögen PHQ, EWL und SAM wurden zunächst Mittelwerte aller Probanden für die drei Phasen Eingewöhnung, Bettruhe und Erholung gebildet. Im Falle des PHQ wurden die Mittelwerte für die Skalensummenwerte durch gepaarte T-Tests verglichen. Bei der EWL und dem SAM wurden zunächst Varianzanalysen mit Messwiederholungen (repeated measures analysis of variance, RM-ANOVA) für die Faktoren Zeit und Salzgehalt der Nahrung gerechnet. Ergab sich für einen der Faktoren ein signifikanter Effekt, wurden die einzelnen Phasen posthoc durch gepaarte T-Tests verglichen. Beim UFB wurde die Bettruhephase in drei jeweils 5 bzw. 4 Tage umfassende Teile aufgeteilt, um die Veränderungen innerhalb der Bettruhephase besser untersuchen zu können (Bettruhe Teil 1: Tag 1-5, Bettruhe Teil 2: Tag 6-10, Bettruhe Teil 3: Tag 11-14). Die Mittelwerte der Phasen wurden mittels gepaarter T-Tests verglichen.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 PHQ-D

Da die Probanden der SaltyLife7-Studie in Bezug auf ihre psychische Belastbarkeit sorgfältig ausgewählt und psychische Erkrankungen im Vorfeld ausgeschlossen wurden, waren in Bezug auf die acht Syndrome „Somatoformes Syndrom“, „Major Depressives Syndrom“, „andere Depressive Syndrome“, „Paniksyndrom“, „andere Angstsyndrome“, „V. a. Bulimia nervosa“, „V. a. „Binge-Eating“-Störung“ und „Alkoholsyndrom“ keine Ergebnisse im PHQ-D zu erwarten. Bei einem Probanden ergab sich ein Hinweis auf eine eventuelle Alkoholproblematik, die keine Veränderung im Verlauf der Studie zeigte. Ansonsten ergaben sich sowohl vor als auch am letzten Tag der Bettruhephase ausschließlich negative Ergebnisse für die Syndrome des PHQ-D.

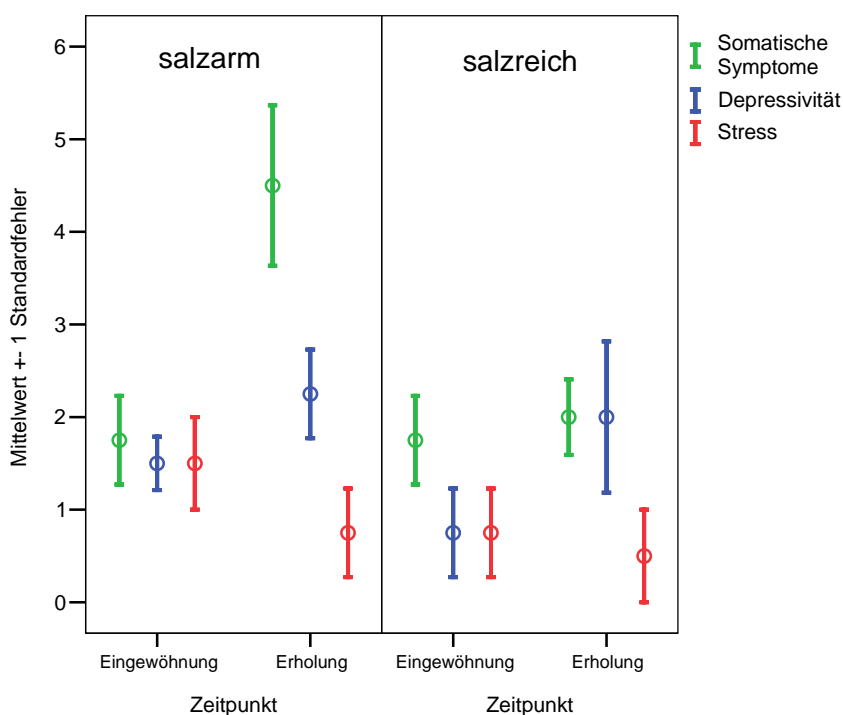
Bezüglich der Skalensummenwerte zeigten sich Veränderungen zwischen den Werten vor und zum Ende der Bettruhephase. So stiegen die Werte für „somatische Symptome“ und „Depressivität“ an, während der Wert für „Stress“ leicht abfiel (Abb. 4).



**Abbildung 4 PHQ-D gesamt:** Die Skalensummenwerte „somatische Symptome“, „Depressivität“ und „Stress“ aller Probanden (Mittelwerte +/- 1 Standardfehler) vor und am letzten Tag der Bettruhephase.

Der Anstieg des Skalensummenwertes „Depressivität“ zum Ende der Bettruhephase im Vergleich zur Eingewöhnungsphase war mit einem  $p = 0.033$  signifikant. Dabei überstieg der Wert aber auch am Ende der Bettruhephase bei keinem der Probanden den Grenzwert für eine depressive Störung.

In Abbildung 5 sind die drei Skalensummenwerte „somatische Symptome“, „Depressivität“ und „Stress“ getrennt nach salzarmer und salzreicher Diät dargestellt. Es wird erkennbar, dass der Anstieg der somatischen Symptome hauptsächlich bei salzarmer Diät auftrat, während der Verlauf der anderen beiden Werte von der Diät kaum beeinflusst wurde. Aufgrund der niedrigen Zahl von vier Probanden in jeder Diätgruppe wurde auf eine weitere statistische Auswertung verzichtet.



**Abbildung 5 PHQ-D Salzgehalt:** Die Skalensummenwerte „somatische Symptome“, „Depressivität“ und „Stress“ aller Probanden (Mittelwerte +/- 1 Standardfehler) vor und am letzten Tag der Bettruhephase, aufgeteilt nach salzarmer und salzreicher Diät.



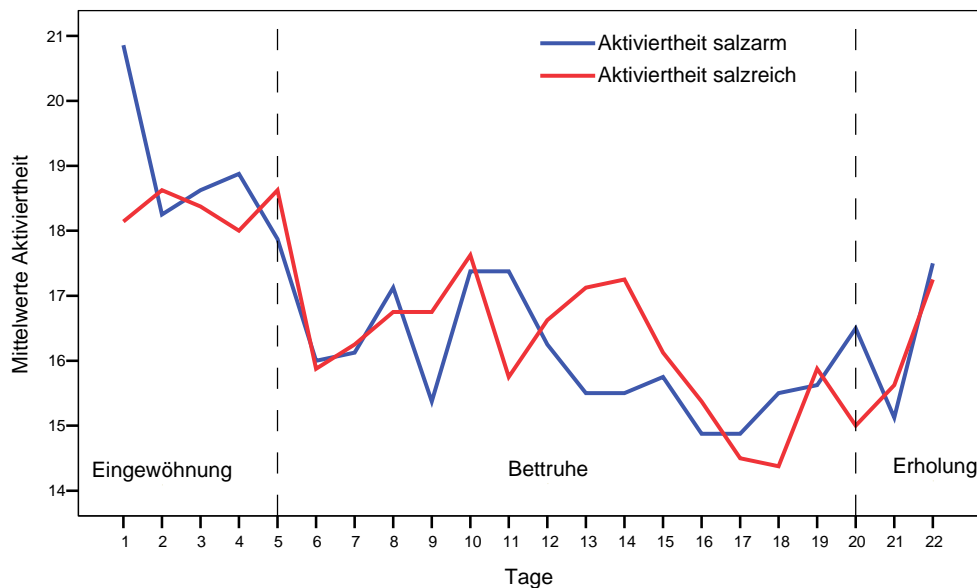
## 3.2 Eigenschaftswörterliste (EWL)

Die Eigenschaftswörterliste wurde von allen acht Probanden über den gesamten Zeitraum der Studie jeden Abend ausgefüllt. Die Ergebnisse werden im Folgenden nach den einzelnen Befindlichkeitsaspekten gegliedert.

### 3.2.1 Aktiviertheit

Abbildung 6 zeigt den Verlauf des Befindlichkeitsaspektes „Aktiviertheit“ als Mittelwert aller Probanden über den gesamten Verlauf der Studie. Die blaue Linie repräsentiert die Aktiviertheit bei salzarmen Diät, die rote bei salzreicher.

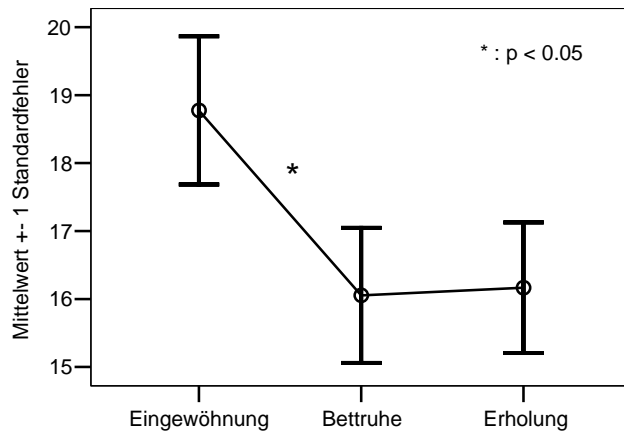
Es zeigt sich ein sichtbarer Abfall der Aktiviertheit zu Beginn der Bettruhephase, wobei die blaue und die rote Linie weitgehend parallel laufen. Die RM-ANOVA ergab einen signifikanten Effekt für den Faktor Zeit ( $p = 0.006$ ), während Salzgehalt ( $p = 0.729$ ) sowie Zeit x Salzgehalt ( $p = 0.784$ ) nicht signifikant wurden.



**Abbildung 6 EWL Aktiviertheit Verlauf:** Der Befindlichkeitsaspekt „Aktiviertheit“ (Mittelwert aller Probanden) über den gesamten Verlauf der Studie. Die blaue Linie repräsentiert die Aktiviertheit bei salzarmen, die rote bei salzreicher Diät.

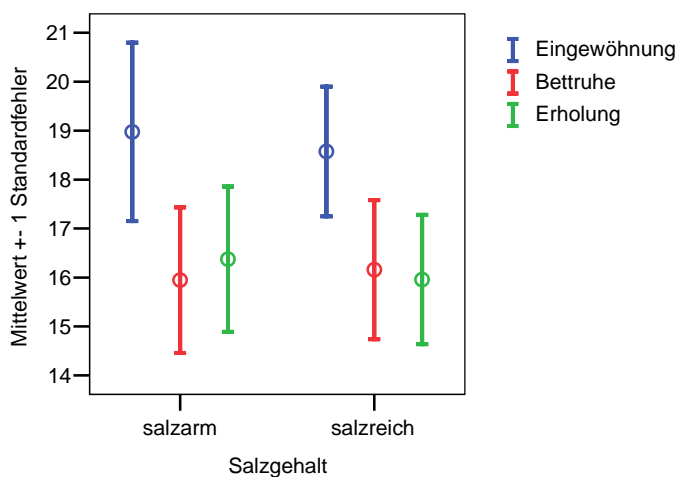
In Abbildung 7 erkennt man den Abfall der Aktiviertheit von der Eingewöhnungs- zur Bettruhephase. Dieser Unterschied war im posthoc T-Test

mit einem  $p = 0.005$  signifikant. Auch der Unterschied zwischen der Eingewöhnungs- und der Erholungsphase war mit einem  $p = 0.003$  signifikant.



**Abbildung 7 EWL Aktiviertheit Zeit:** Der Befindlichkeitsaspekt „Aktiviertheit“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler).

In Abbildung 8 sind die Mittelwerte über die drei Phasen getrennt nach salzarm und salzreicher Diät aufgetragen. Es zeigt sich kein Einfluss der Salzzufuhr auf das Maß der Aktiviertheit.

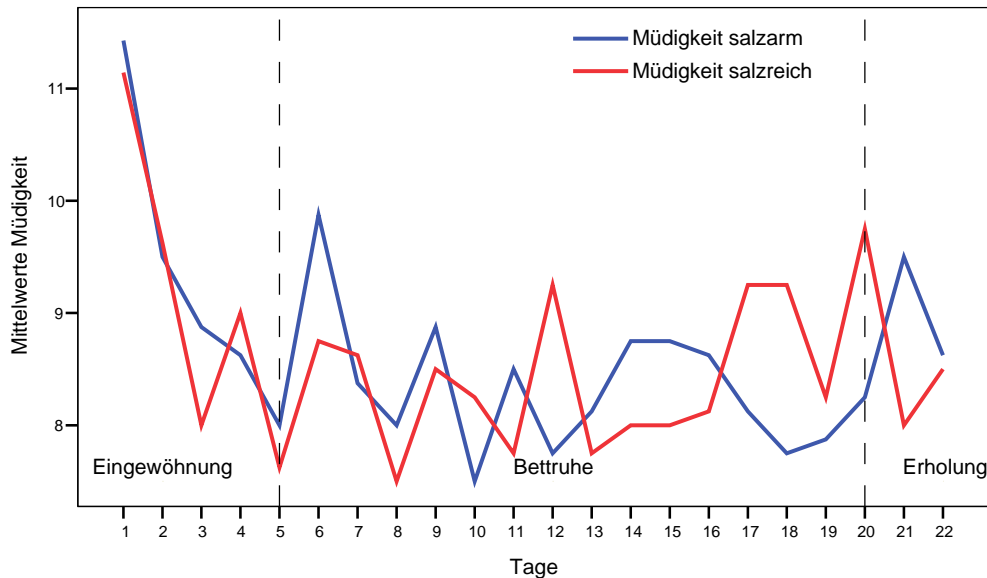


**Abbildung 8 EWL Aktiviertheit Salzgehalt:** Der Befindlichkeitsaspekt „Aktiviertheit“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler) bei salzarmen und salzreicher Diät.

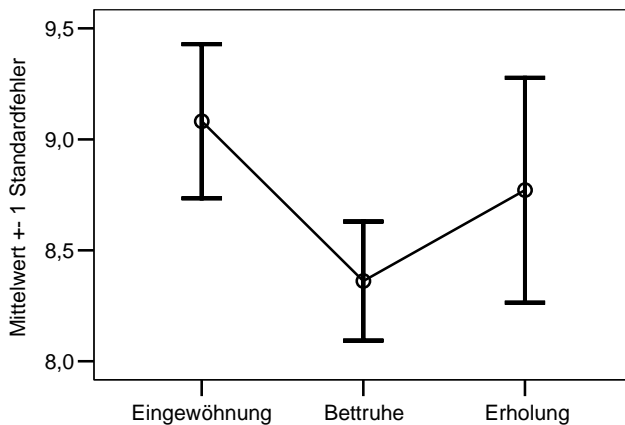
### 3.2.1 Müdigkeit

Abbildung 9 zeigt den Verlauf des Befindlichkeitsaspektes „Müdigkeit“ als Mittelwert aller Probanden über den gesamten Verlauf der Studie. Die blaue

Linie repräsentiert die Müdigkeit bei salzreicher Diät, die rote Linie bei salzreicher Diät. Es zeigt sich ein Abfall der Müdigkeit beim Überhang von der Eingewöhnungsphase zur Bettruhephase, die blaue und die rote Linie laufen weitgehend parallel.



**Abbildung 9 EWL Müdigkeit Verlauf:** Der Befindlichkeitsaspekt „Müdigkeit“ (Mittelwert aller Probanden) über den gesamten Verlauf der Studie. Die blaue Linie repräsentiert die Müdigkeit bei salzreicher, die rote bei salzreicher Diät.

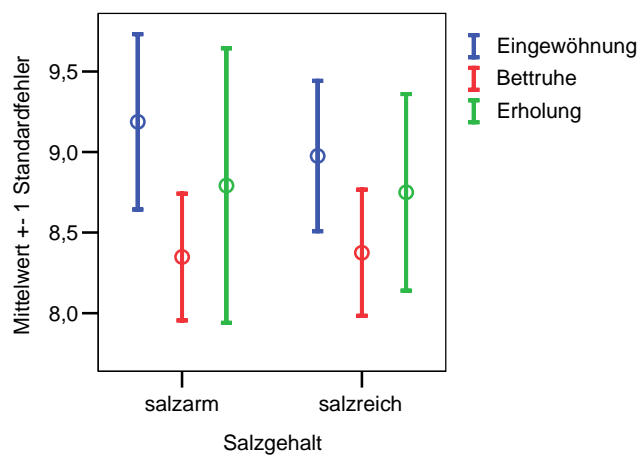


**Abbildung 10 EWL Müdigkeit Zeit:** Der Befindlichkeitsaspekt „Müdigkeit“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler).

In Abbildung 10 sind die Mittelwerte der Müdigkeit während der drei Phasen aufgetragen. Es zeigt sich ein Abfall der Müdigkeit in der Bettruhephase im Vergleich zur Eingewöhnungs- und Erholungsphase. Dieser Unterschied war

allerdings nicht ausgeprägt genug, um in der RM-ANOVA einen signifikanten Effekt für die Zeit zu ergeben ( $p = 0.144$ ).

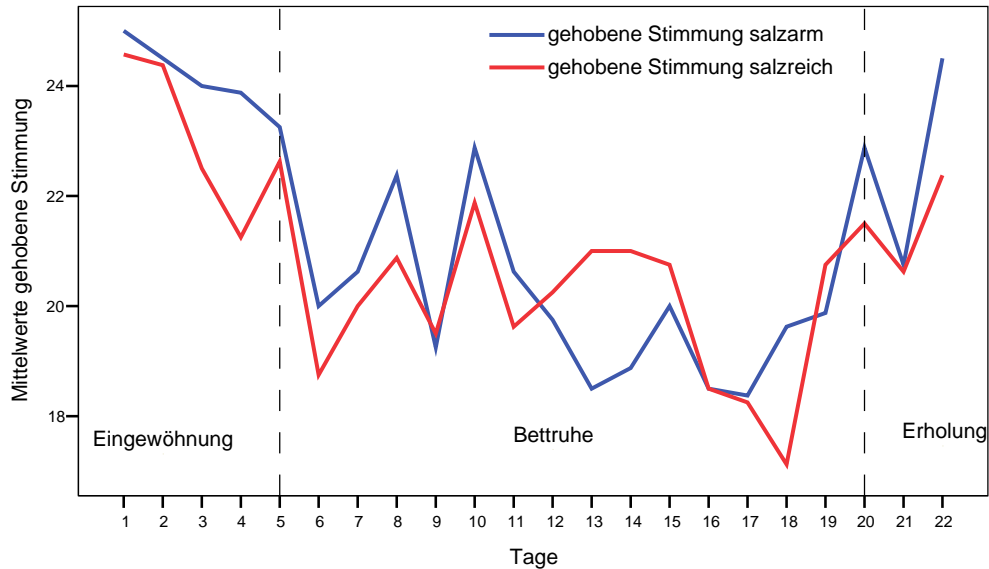
In Abbildung 11 sind die Mittelwerte der Müdigkeit während der drei Phasen getrennt nach salzarmer und salzreicher Diät dargestellt. Auch für den Salzgehalt der Nahrung ( $p = 0.744$ ) sowie für Zeit x Salzgehalt ( $p = 0.878$ ) ergaben sich in der RM-ANOVA keine signifikanten Effekte.



**Abbildung 11 EWL Müdigkeit Salzgehalt:** Der Befindlichkeitsaspekt „Müdigkeit“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler) bei salzarmer und salzreicher Diät.

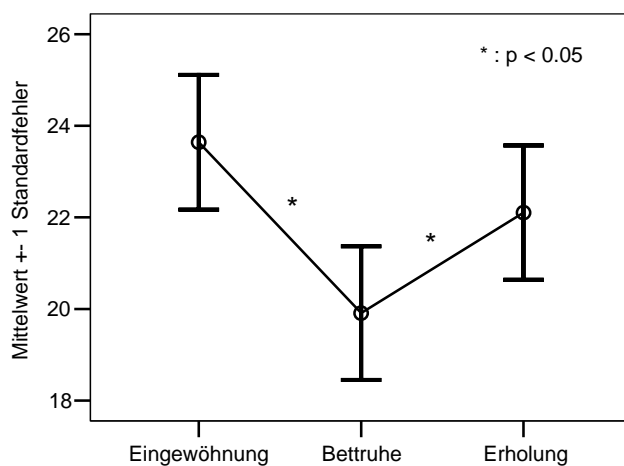
### 3.2.3 Gehobene Stimmung

Abbildung 12 zeigt den Verlauf des Befindlichkeitsaspekts „gehobene Stimmung“ getrennt nach salzarmer (blaue Linie) und salzreicher (rote Linie) Diät. Es lässt sich ein Abfall der gehobenen Stimmung beim Übergang von der Eingewöhnungs- zur Bettruhephase sowie ein Anstieg beim Übergang von der Bettruhe- zur Erholungsphase beobachten. Blaue und rote Linie laufen weitgehend parallel. Die RM-ANOVA ergab einen signifikanten Effekt für die Zeit ( $p = 0.001$ ), nicht hingegen für den Salzgehalt der Nahrung ( $p = 0.431$ ) oder für Zeit x Salzgehalt ( $p = 0.776$ ).



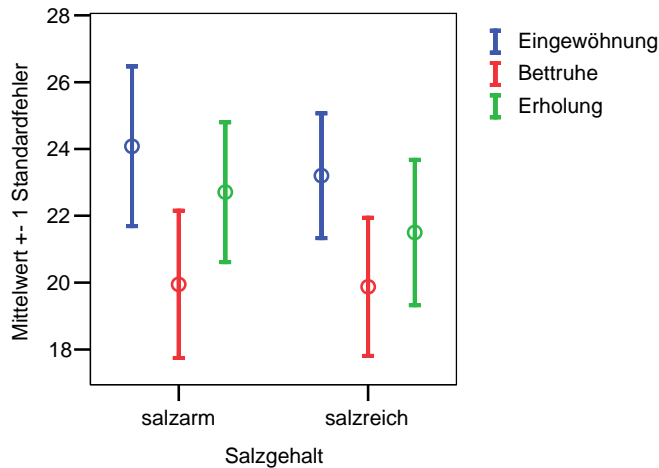
**Abbildung 12 EWL gehobene Stimmung Verlauf:** Der Befindlichkeitsaspekt „gehobene Stimmung“ (Mittelwert aller Probanden) über den gesamten Verlauf der Studie. Die blaue Linie repräsentiert die gehobene Stimmung bei salzarmen, die rote bei salzreicher Diät.

In Abbildung 13 sind die Mittelwerte der gehobenen Stimmung während der drei Phasen der Studie dargestellt. Der Abfall der gehobenen Stimmung während der Bettruhephase im Vergleich zur Eingewöhnungsphase war im posthoc T-Test mit  $p = 0.000$  signifikant, ebenso wie der Anstieg von der Bettruhe- zur Erholungsphase ( $p = 0.005$ ).



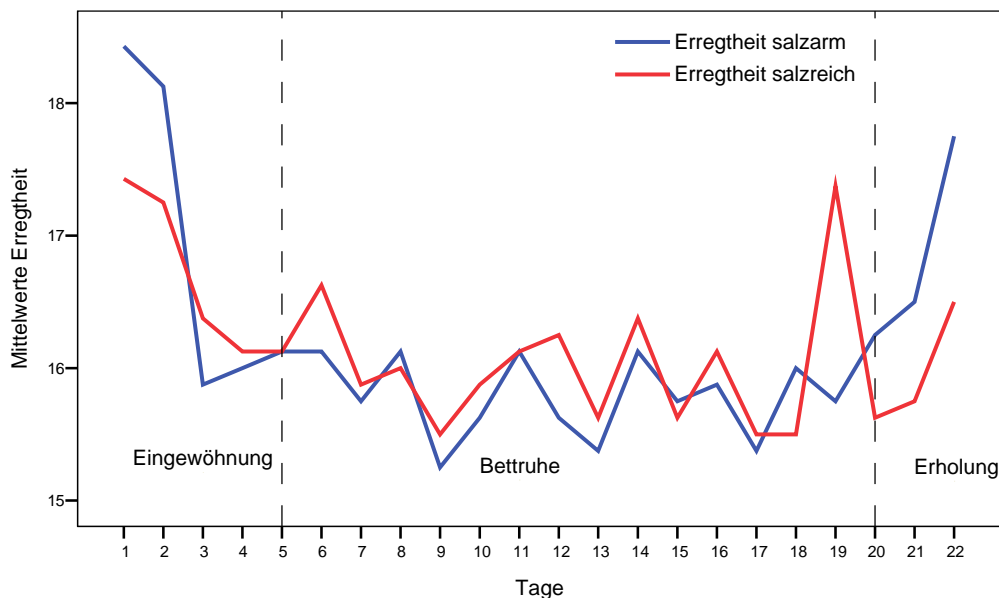
**Abbildung 13 EWL gehobene Stimmung Zeit:** Der Befindlichkeitsaspekt „gehobene Stimmung“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler).

Abbildung 14 zeigt die Mittelwerte der gehobenen Stimmung während der drei Phasen in Abhängigkeit vom Salzgehalt der Nahrung. Dabei wird deutlich dass der Salzgehalt keinen signifikanten Einfluss auf die gehobene Stimmung hatte.



**Abbildung 14 EWL gehobene Stimmung Salzgehalt:** Der Befindlichkeitsaspekt „gehobene Stimmung“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler) bei salzarmen und salzreicher Diät.

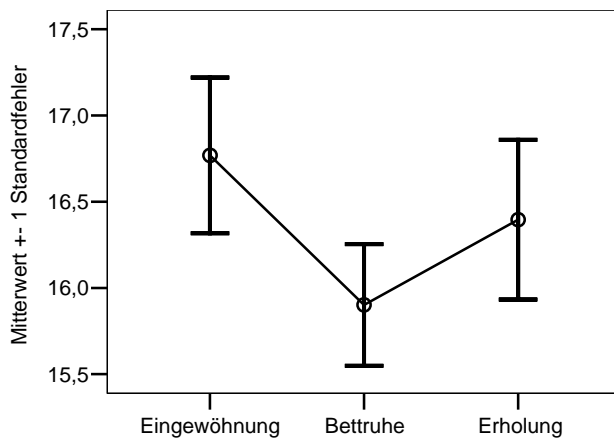
### 3.2.4 Erregtheit



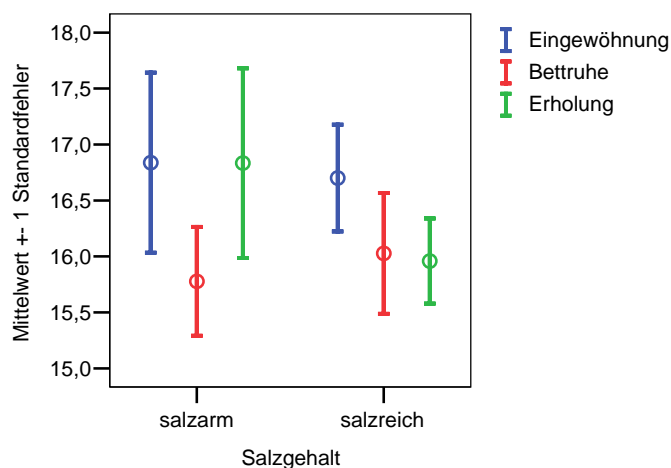
**Abbildung 15 EWL Erregtheit Verlauf:** Der Befindlichkeitsaspekt „Erregtheit“ (Mittelwert aller Probanden) über den gesamten Verlauf der Studie. Die blaue Linie repräsentiert die Erregtheit bei salzarmem, die rote bei salzreicher Diät.

In Abbildung 15 ist der Verlauf des Befindlichkeitsaspektes „Erregtheit“ als Mittelwerte aller Probanden getrennt nach salzarter (blaue Linie) und salzreicher (rote Linie) Nahrung aufgetragen. Es zeigen sich ein Abfall der Erregtheit während der Eingewöhnungsphase und ein Anstieg während der Erholungsphase.

Der Verlauf der Mittelwerte der Erregtheit während der drei Phasen in Abbildung 16 zeigt einen ähnlichen Verlauf wie der der Befindlichkeitsaspekte „Müdigkeit“ und „gehobene Stimmung“ mit einem Abfall in der Bettruhephase und einem Wiederanstieg in der Erholungsphase. Mit einem  $p = 0.080$  wurde ein signifikanter Effekt der Zeit in der RM-ANOVA verfehlt.



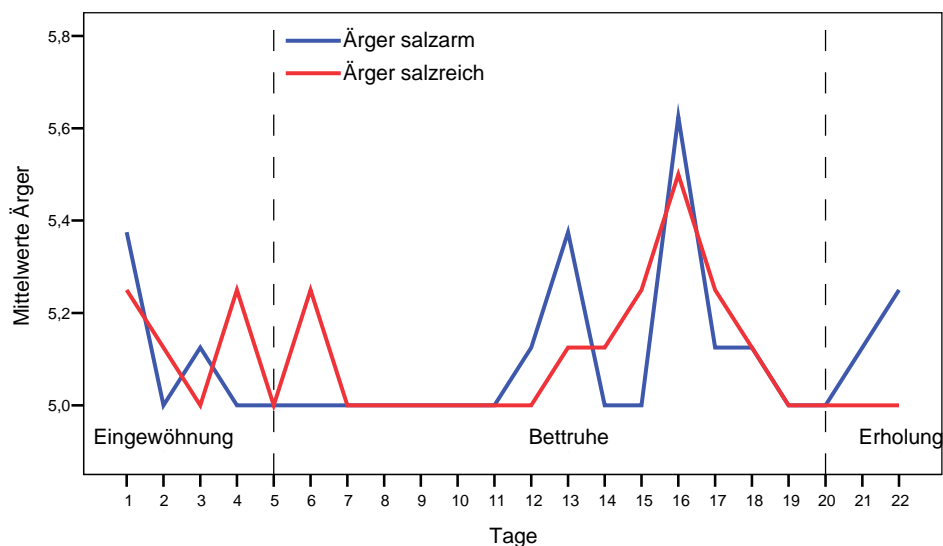
**Abbildung 16 EWL Erregtheit Zeit:** Der Befindlichkeitsaspekt „Erregtheit“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler).



**Abbildung 17 EWL Erregtheit Salzgehalt:** Der Befindlichkeitsaspekt „Erregtheit“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler) bei salzarter und salzreicher Diät.

In Abbildung 17 sind die Mittelwerte der drei Phasen getrennt nach dem Salzgehalt der Nahrung abgebildet. Es zeigt sich, dass nur bei salzarmer Nahrung während Bettruhe ein Anstieg der Erregtheit in der Erholungsphase stattfand. Weder der Effekt des Salzgehalts ( $p = 0.514$ ) noch Zeit x Salzgehalt ( $p = 0.300$ ) wurden signifikant .

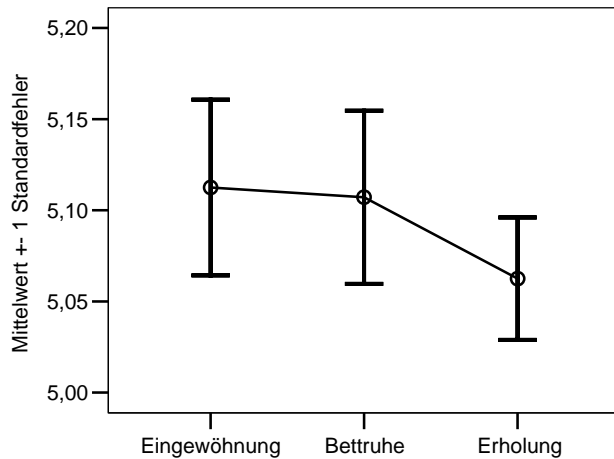
### 3.2.5 Ärger



**Abbildung 18 EWL Ärger Verlauf:** Der Befindlichkeitsaspekt „Ärgert“ (Mittelwert aller Probanden) über den gesamten Verlauf der Studie. Die blaue Linie repräsentiert den Ärger bei salzarmer, die rote bei salzreicher Diät.

In Abbildung 18 ist der Verlauf des Befindlichkeitsaspektes „Ärgert“, getrennt nach salzarmer (blau) und salzreicher (rot) Nahrung, dargestellt. Nach leichten Schwankungen in der Eingewöhnungsphase zeigt sich ein Anstieg ärgerlicher Gefühle in der zweiten Hälfte der Bettruhephase, der sowohl bei salzarmer als auch bei salzreicher Diät auftrat.

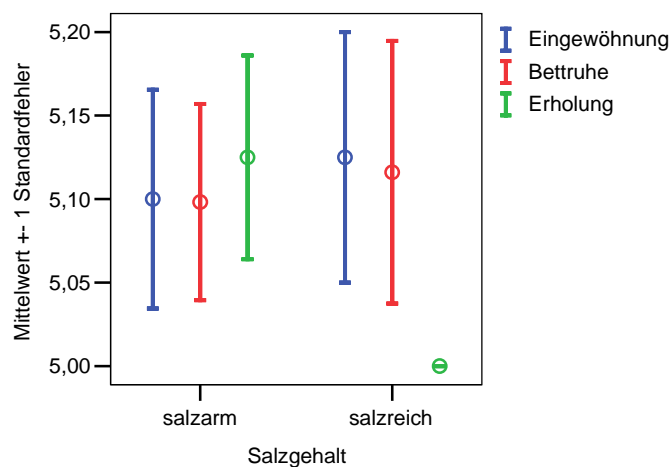




**Abbildung 19 EWL Ärger Zeit:** Der Befindlichkeitsaspekt „Ärger“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler).

Über die drei Phasen gemittelt zeigt sich ein nahezu identisches Maß an Ärger während der Eingewöhnungs- und der Bettruhephase, das in der Erholungsphase abnimmt (Abb. 19). Der Einfluss der Zeit war in der RM-ANOVA nicht signifikant ( $p = 0.642$ ).

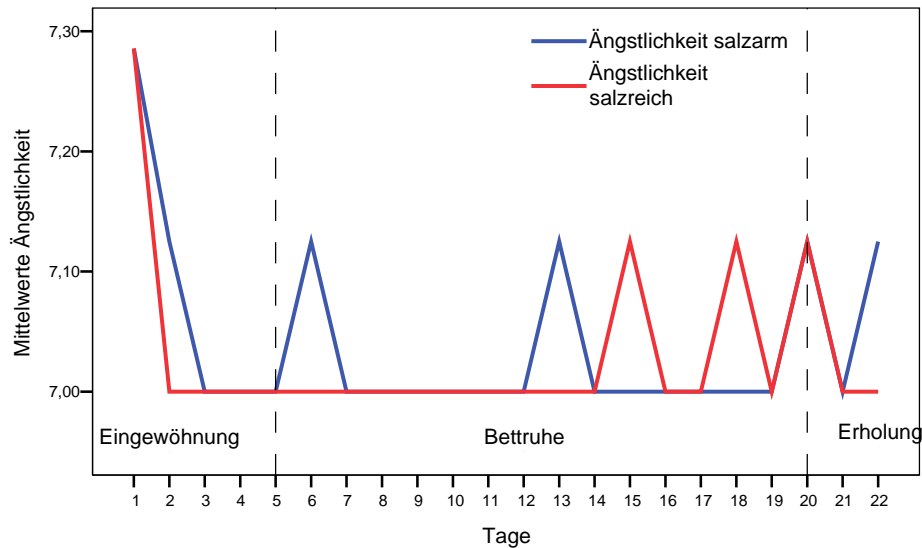
Betrachtet man die Mittelwerte während der drei Phasen getrennt nach salzarmer und salzreicher Diät, zeigt sich, dass der Abfall der ärgerlichen Gefühle in der Erholungsphase vor allem bei salzreicher Ernährung stattfand, bei salzarmer Ernährung nahmen sie sogar noch zu (Abb 20). Der Effekt des Salzgehaltes ( $p = 0.680$ ) war in der RM-ANOVA ebenso wenig signifikant wie der von Zeit x Salzgehalt ( $p = 0.154$ ).



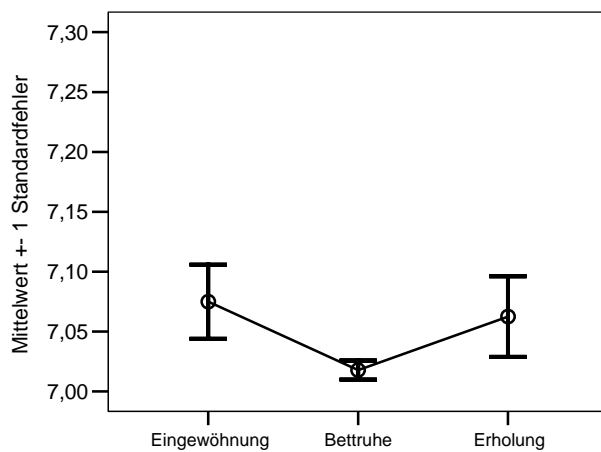
**Abbildung 20 EWL Ärger Salzgehalt:** Der Befindlichkeitsaspekt „Ärger“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler) bei salzarmer und salzreicher Diät.

### 3.2.6 Ängstlichkeit

In Abbildung 21 ist der Verlauf des Befindlichkeitsaspektes „Ängstlichkeit“ getrennt nach salzarmen (blau) und salzreicher (rot) Nahrung dargestellt. Es zeigt sich ein Abfall der Ängstlichkeit zu Beginn der Eingewöhnungsphase sowie leichte Schwankungen in der Bettruhe- und der Erholungsphase.



**Abbildung 21 EWL Ängstlichkeit Verlauf:** Der Befindlichkeitsaspekt „Ängstlichkeit“ (Mittelwert aller Probanden) über den gesamten Verlauf der Studie. Die blaue Linie repräsentiert die Ängstlichkeit bei salzarmen, die rote bei salzreicher Diät.



**Abbildung 22 EWL Ängstlichkeit Zeit:** Der Befindlichkeitsaspekt „Ängstlichkeit“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler).

Gemittelt über die drei Phasen zeigt sich ein leichter Abfall der Ängstlichkeit während der Bettruhephase im Vergleich zur Eingewöhnungs- und

Erholungsphase (Abb. 22). Dieser Unterschied war nicht ausgeprägt genug, um einen signifikanten Effekt der Zeit in der RM-ANOVA zu bewirken ( $p = 0.163$ ).

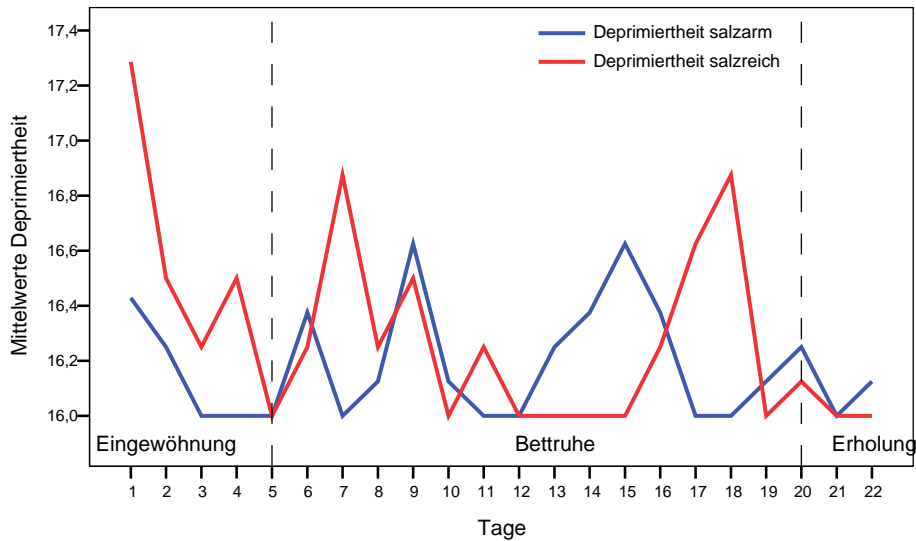
In Abbildung 23 sind die Mittelwerte der Ängstlichkeit während der drei Phasen getrennt nach dem Salzgehalt der Nahrung dargestellt. In der RM-ANOVA ergab sich weder für den Salzgehalt der Nahrung ( $p = 0.688$ ) noch für Zeit x Salzgehalt ( $p = 0.871$ ) ein signifikanter Effekt.



**Abbildung 23 EWL Ängstlichkeit Salzgehalt:** Der Befindlichkeitsaspekt „Ängstlichkeit“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler) bei salzarter und salzreicher Diät.

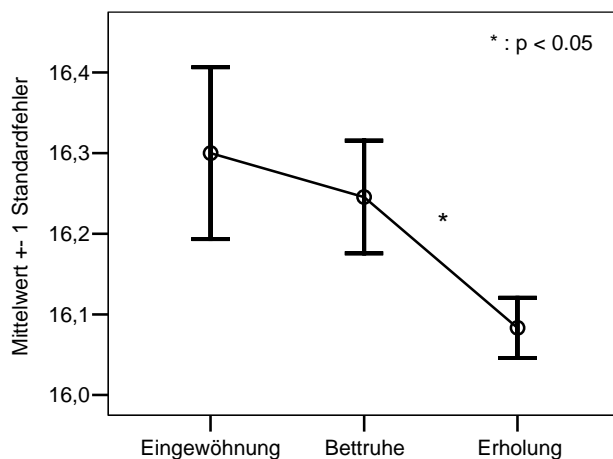
### 3.2.7 Deprimiertheit

Der Verlauf des Befindlichkeitsaspekts „Deprimiertheit“ getrennt nach salzarter (blau) und salzreicher (rot) Ernährung ist in Abbildung 24 dargestellt. Während die Deprimiertheit im Verlauf der Eingewöhnungsphase abfällt, steigt sie zu Beginn der Betruhephase wieder an und verläuft dann schwankend. Mit Beginn der Erholungsphase fällt die Deprimiertheit dann wiederum ab. In der RM-ANOVA ergab sich ein signifikanter Effekt für die Zeit ( $p = 0.37$ ), keiner hingegen für den Salzgehalt der Nahrung ( $p = 0.345$ ) oder Zeit x Salzgehalt ( $p = 0.126$ ).



**Abbildung 24 EWL Deprimiertheit Verlauf:** Der Befindlichkeitsaspekt „Deprimiertheit“ (Mittelwert aller Probanden) über den gesamten Verlauf der Studie. Die blaue Linie repräsentiert die Deprimiertheit bei salzarmen, die rote bei salzreicher Diät.

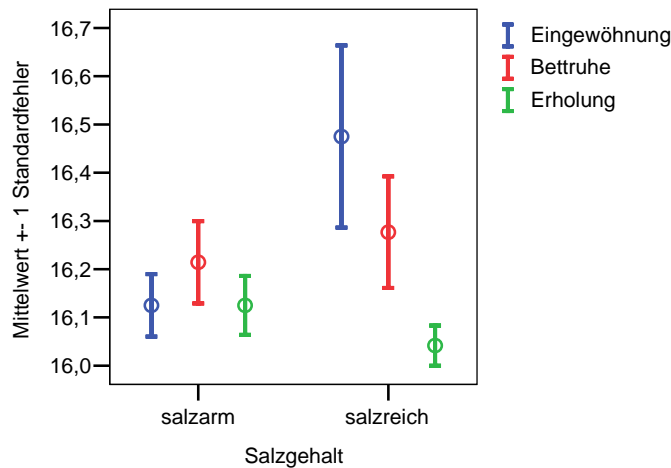
In Abbildung 25 sind die Mittelwerte der Deprimiertheit über die drei Phasen dargestellt. Es zeigt sich vor allem der Abfall der Deprimiertheit in der Erholungsphase gegenüber der Bettruhephase. Dieser war im posthoc T-Test mit einem  $p = 0.031$  signifikant.



**Abbildung 25 EWL Deprimiertheit Zeit:** Mittelwerte des Befindlichkeitsaspekts „Deprimiertheit“ (+/- 1 Standardfehler) für die drei Phasen der Studie.

Der Einfluss des Salzgehaltes der Nahrung auf die Deprimiertheit während der drei Phasen ist in Abbildung 26 dargestellt. Während die Probanden bei

salzreicher Diät in der Eingewöhnungsphase höhere Werte erreichten, glichen sich die Werte im Verlauf nahezu an.



**Abbildung 26 EWL Deprimiertheit Salzgehalt:** Der Befindlichkeitsaspekt „Deprimiertheit“ während der drei Phasen der Studie (Mittelwert +/- 1 Standardfehler) bei salzreicher und salzreicher Diät.

### 3.3 Self Assessment Manikin (SAM)

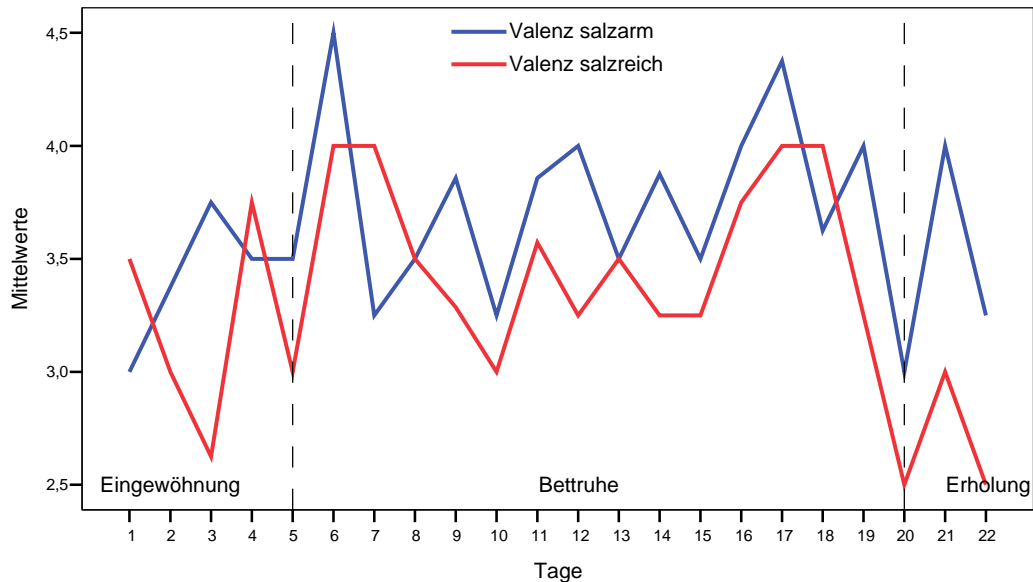
Der SAM wurde im Verlauf der Studie von allen Probanden jeden Abend ausgefüllt. Die Ergebnisse werden im Folgenden getrennt nach den drei Dimensionen Valenz, Erregung und Dominanz vorgestellt.

#### 3.3.1 Valenz

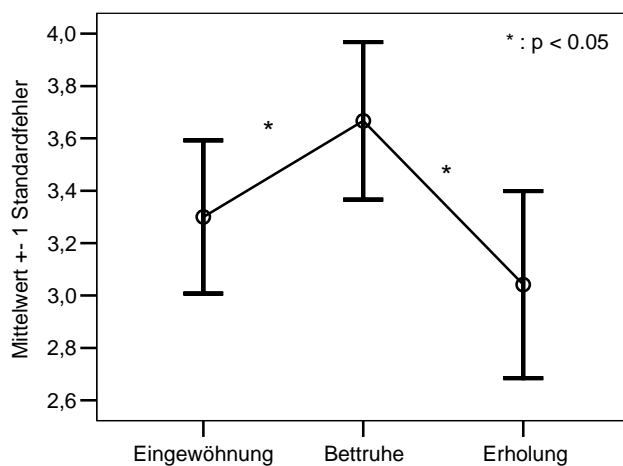
In Abbildung 27 ist der Verlauf der Dimension „Valenz“ des SAM aufgeteilt nach salzreicher (blau) und salzreicher (rot) Nahrung dargestellt. Es zeigt sich ein Anstieg der Valenz zu Beginn der Bettruhephase sowie ein Abfall zu Beginn der Erholungsphase. Die Valenz bei salzreicher Diät liegt leicht über der bei salzreicher. Dabei ist zu beachten, dass im SAM die Valenz mit steigenden Werten negativer wird, da sich auf dem Fragebogen das Gesicht von einem fröhlichem zu einem traurigen hin verändert (Kapitel 2 Abb.2). Niedrige Werte entsprechen demnach positiver Valenz.

Der Anstieg der Valenz in der Bettruhephase gegenüber der Eingewöhnungs- und Erholungsphase zeigt sich auch in Abbildung 28, in der die Mittelwerte

während der drei Phasen gezeigt werden. Die RM-ANOVA zeigte einen signifikanten Effekt der Zeit ( $p = 0.021$ ), und im posthoc T-Test waren sowohl der Anstieg von der Eingewöhnungs- zur Bettruhephase ( $p = 0.030$ ) als auch der Abfall von der Bettruhe- zur Erholungsphase ( $p = 0.002$ ) signifikant.

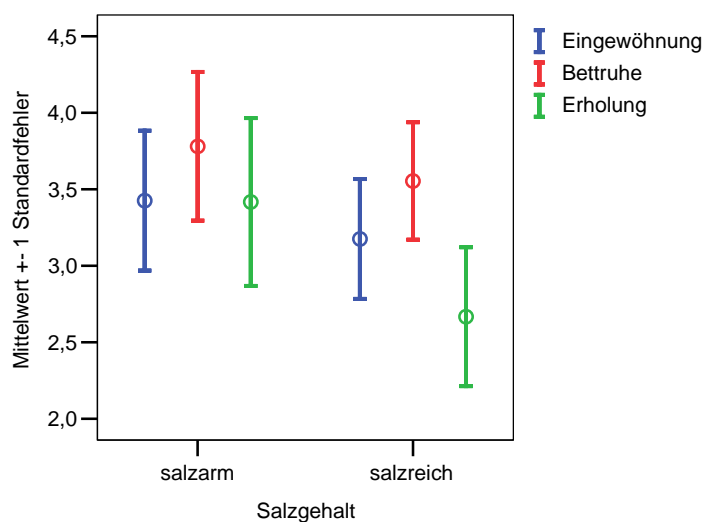


**Abbildung 27 Verlauf SAM Valenz:** Verlauf der Dimension Valenz des SAM (Mittelwerte aller Probanden) über den gesamten Zeitraum der Studie. Die blaue Linie repräsentiert die Valenz bei salzarmen, die rote Linie bei salzreicher Diät.



**Abbildung 28 SAM Valenz Zeit:** Mittelwerte der Valenz (+/- 1 Standardfehler) während der drei Phasen der Studie.

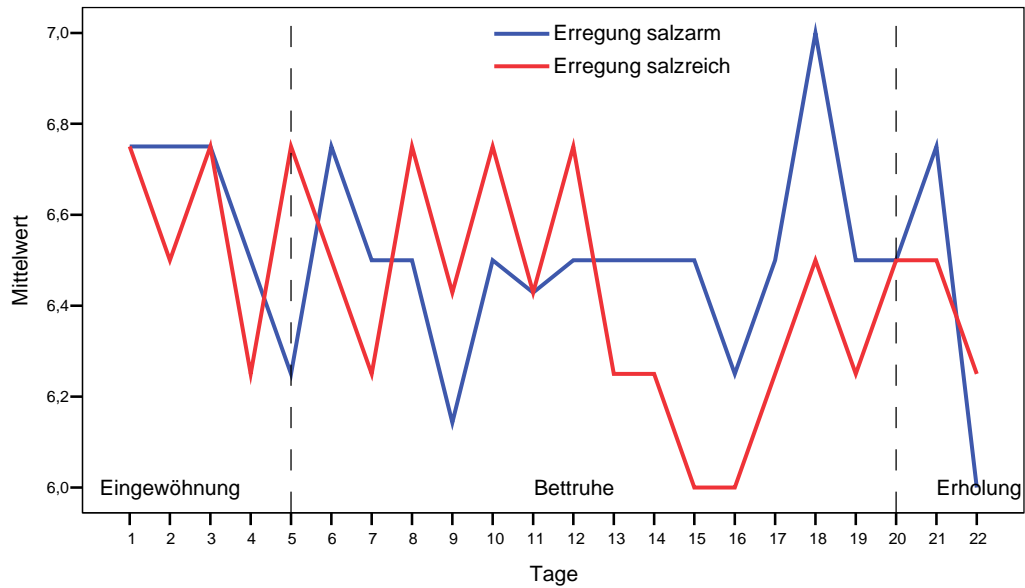
Die Mittelwerte der drei Phasen getrennt nach salzarmen und salzreicher Ernährung sind in Abbildung 29 dargestellt. Es zeigt sich, dass die Valenz bei salzreicher Diät in allen drei Phasen der Studie unter der bei salzarmen lag. Der Unterschied war jedoch zu gering um einen signifikanten Effekt für den Salzgehalt der Nahrung in der RM-ANOVA zu bewirken ( $p = 0.118$ ). Auch Zeit  $\times$  Salzgehalt war mit einem  $p = 0.92$  nicht signifikant.



**Abbildung 29 SAM Valenz Salzgehalt:** Mittelwerte der Valenz ( $\pm 1$  Standardfehler) während der drei Phasen der Studie in Abhängigkeit des Salzgehaltes der Nahrung.

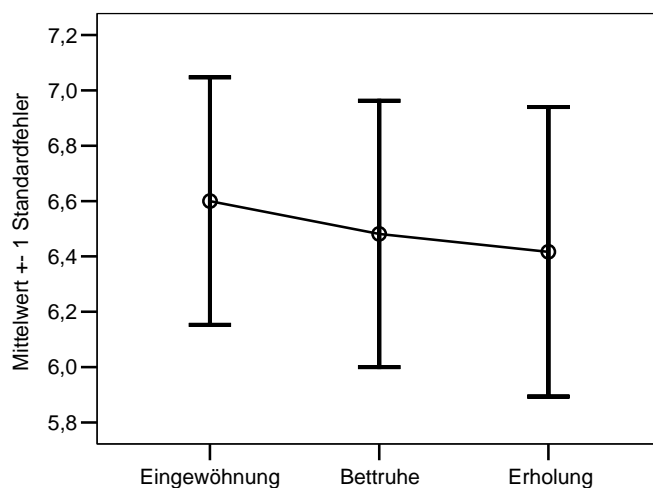
### 3.3.2 Erregung

Der Verlauf der Erregung, aufgeteilt nach salzarmen (blau) und salzreicher (rot) Ernährung, ist in Abbildung 30 dargestellt. Es zeigt sich ein schwankender Verlauf mit einem Abfall in der Erholungsphase.



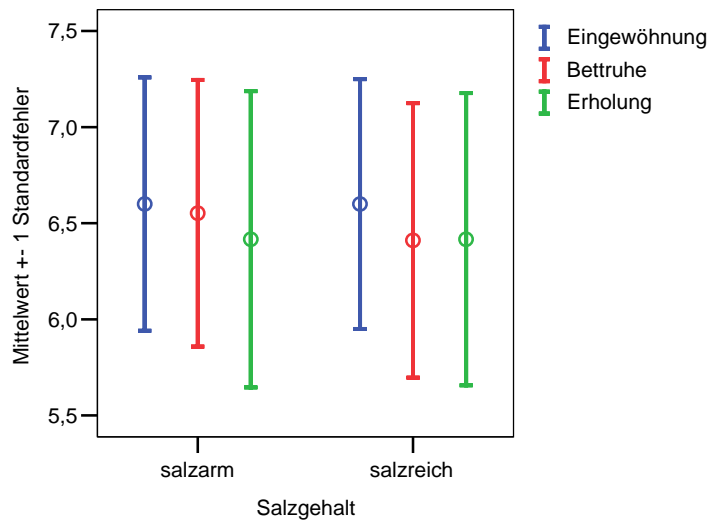
**Abbildung 30 Verlauf SAM Erregung:** Verlauf der Dimension „Erregung“ des SAM (Mittelwerte aller Probanden) über den gesamten Zeitraum der Studie. Die blaue Linie repräsentiert die Erregung bei salzarter, die rote Linie bei salzreicher Diät.

In Abbildung 31 erkennt man, dass die Erregung über die drei Phasen der Studie hinweg leicht abfiel, wobei keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Phasen bestanden. Auch in Abhängigkeit des Salzgehaltes der Nahrung ergaben sich kaum Unterschiede (Abb 32). In der RM-ANOVA ergaben sich weder für die Zeit ( $p = 0.618$ ) noch für den Salzgehalt der Nahrung ( $p = 0.667$ ) oder Zeit x Salzgehalt ( $p = 0.725$ ) signifikante Effekte.



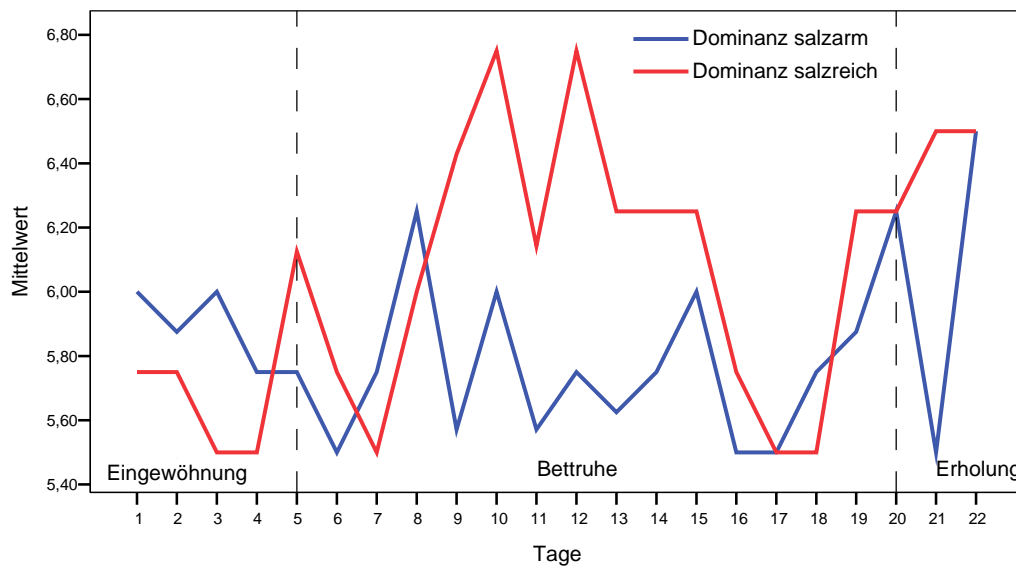
**Abbildung 31 SAM Erregung Zeit:** Mittelwerte der Erregung (+/- 1Standardfehler) während der drei Phasen der Studie.





**Abbildung 32 SAM Erregung Salzgehalt:** Mittelwerte der Erregung (+/- 1 Standardfehler) während der drei Phasen der Studie in Abhängigkeit des Salzgehaltes der Nahrung.

### 3.3.3 Dominanz

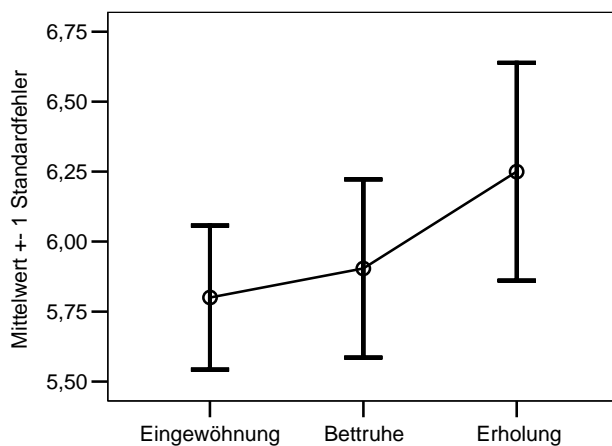


**Abbildung 33 Verlauf SAM Dominanz:** Verlauf der Dimension „Dominanz“ des SAM (Mittelwerte aller Probanden) über den gesamten Zeitraum der Studie. Die blaue Linie repräsentiert die Dominanz bei salzarter, die rote Linie bei salzreicher Diät

Abbildung 33 zeigt den Verlauf der Dimension „Dominanz“, getrennt nach salzarmer (blau) und salzreicher (rot) Diät. Nach einem leichten Abfall zu Beginn der Bettruhephase erfolgte ein Anstieg zur Mitte hin, der bei salzreicher

Diät ausgeprägter war. Gegen Ende der Bettruhephase nahm die Dominanz dann wieder ab, um am Übergang zur Erholungsphase unabhängig vom Salzgehalt der Nahrung erneut anzusteigen.

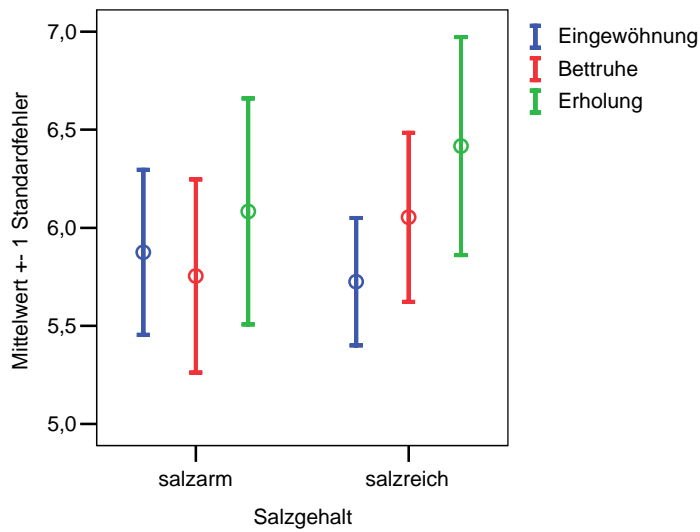
In Abbildung 34 sind die Mittelwerte der Dominanz während der drei Phasen aufgetragen. Es zeigt sich ein Anstieg der Dominanz am Übergang von der Bettruhe- zur Erholungsphase.



**Abbildung 34 SAM Dominanz Zeit:** Mittelwerte der Dominanz (+/- 1 Standardfehler) während der drei Phasen der Studie.

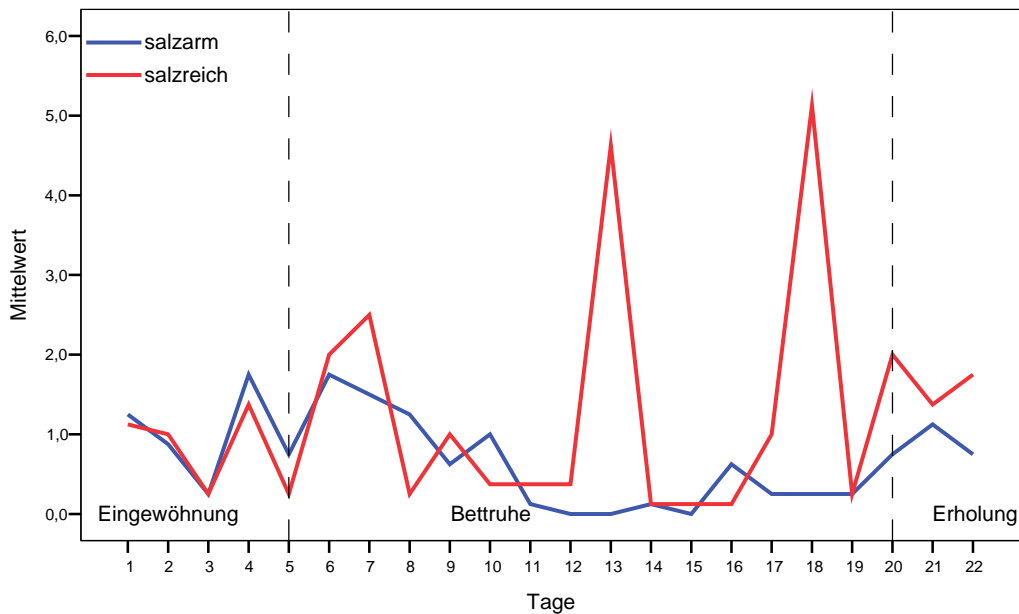
Abbildung 35 zeigt die Mittelwerte der Dominanz während der drei Phasen der Studie abhängig vom Salzgehalt der Nahrung. Es ist erkennbar, dass die Werte der Dominanz bei salzreicher Diät während der Bettruhe- und der Erholungsphase leicht über denen bei salzarmer Ernährung lagen.

In der RM-ANOVA ergab sich für die Dominanz weder für die Zeit ( $p = 0.060$ ) noch für den Salzgehalt der Nahrung ( $p = 0.536$ ) ein signifikanter Effekt, Zeit x Salzgehalt wurde mit  $p = 0.056$  nahezu signifikant.



**Abbildung 35 SAM Dominanz Salzgehalt:** Mittelwerte der Dominanz (+/- 1 Standardfehler) während der drei Phasen der Studie in Abhängigkeit des Salzgehaltes der Nahrung.

### 3.4 Unwohlfühfragebogen (UFB)

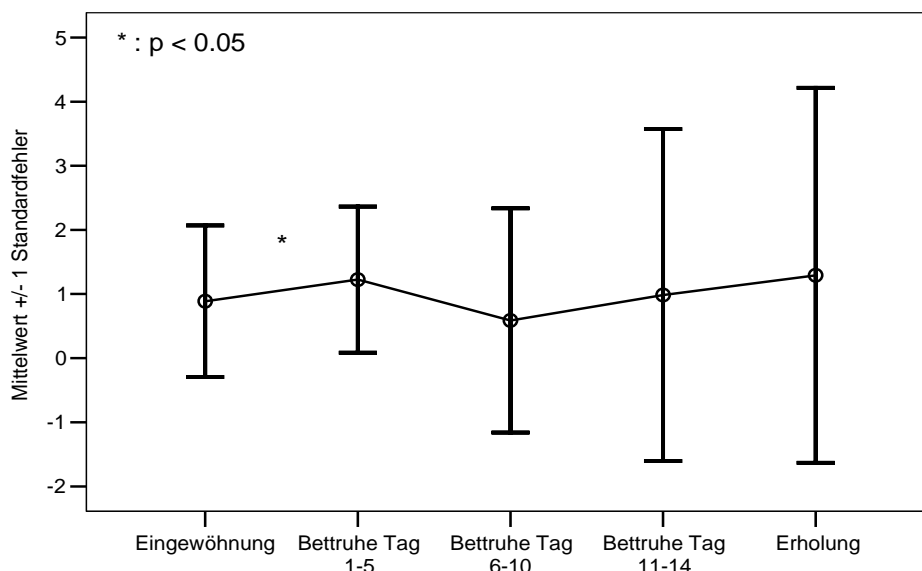


**Abbildung 36 Verlauf UFB:** Verlauf der Mittelwerte des Unwohlfühls aller Probanden über den gesamten Verlauf der Studie. Die blaue Linie repräsentiert das Unwohlfühlen bei salzreicher, die rote Linie bei salzreicher Diät.

In Abbildung 36 ist der Verlauf des körperlichen Unwohlseins der Probanden während der Studie dargestellt, aufgeteilt nach salzreicher und salzreicher Diät. Es zeigt sich ein schwankender Verlauf in der Eingewöhnungsphase mit einer

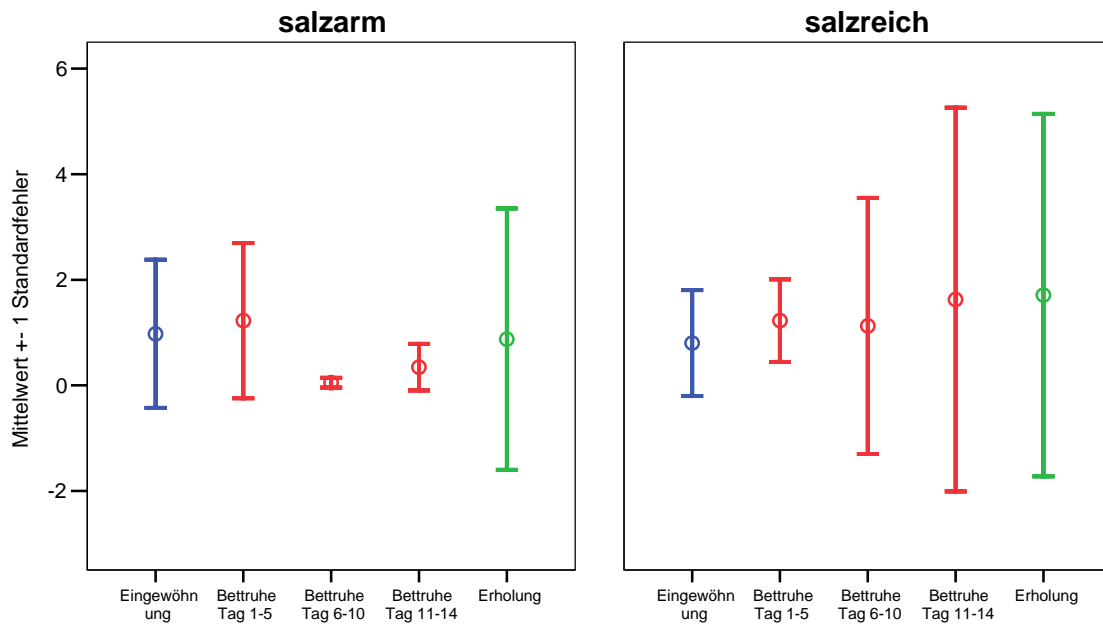
vorübergehenden Zunahme der Beschwerden zu Beginn der Bettruhephase unabhängig vom Salzgehalt der Nahrung. Die beiden starken Anstiege des Unwohlseins in der zweiten Hälfte der Bettruhephase, die nur bei salzreicher Diät auftraten, sind hauptsächlich auf einen Probanden zurückzuführen, der sich an diesen beiden Tagen besonders unwohl fühlte. Zum Beginn der Erholungsphase lässt sich erneut ein Anstieg der Beschwerden sowohl bei salzarmer als auch bei salzreicher Diät beobachten.

Um die Veränderungen der körperlichen Beschwerden innerhalb der Bettruhephase vergleichen zu können, wurde diese in drei Phasen aufgeteilt und Mittelwerte gebildet (Bettruhe Teil 1: Tag 1-5, Bettruhe Teil 2: Tag 5-10, Bettruhe Teil 3: Tag 11-14). In Abbildung 37 sind die Mittelwerte der Eingewöhnungs- und Erholungsphase sowie der drei Teile der Bettruhephase dargestellt. Es zeigt sich eine Zunahme des körperlichen Unwohlseins im ersten Teil der Bettruhephase gegenüber der Eingewöhnungsphase, die im T-Test mit  $p = 0.031$  signifikant war. Daraufhin sank das Unwohlsein im zweiten Teil der Bettruhephase ab, um im dritten Teil wieder anzusteigen. Seinen höchsten Wert erreichte das körperliche Unwohlsein in der Erholungsphase.



**Abbildung 37 UFB Zeit:** Mittelwerte des Unwohlfühlens ( $\pm 1$  Standardfehler) während Eingewöhnungsphase, Bettruhephase Teil 1,2 und 3 und Erholungsphase.

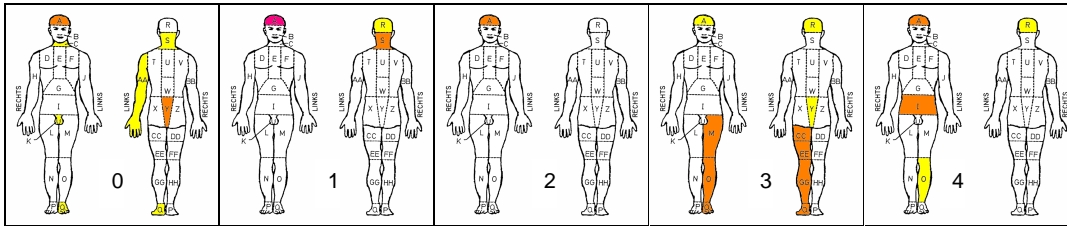
In Abbildung 38 sind die Mittelwerte der Phasen in Abhängigkeit vom Salzgehalt der Nahrung dargestellt. Das körperliche Unwohlsein war in Teil 2 und 3 der Bettruhephase und in der Erholungsphase bei salzreicher Diät etwas stärker ausgeprägt als bei salzarmer Diät, wobei sich im T-Test nur für die Erholungsphase mit einem  $p = 0.081$  ein Hinweis auf Signifikanz ergab.



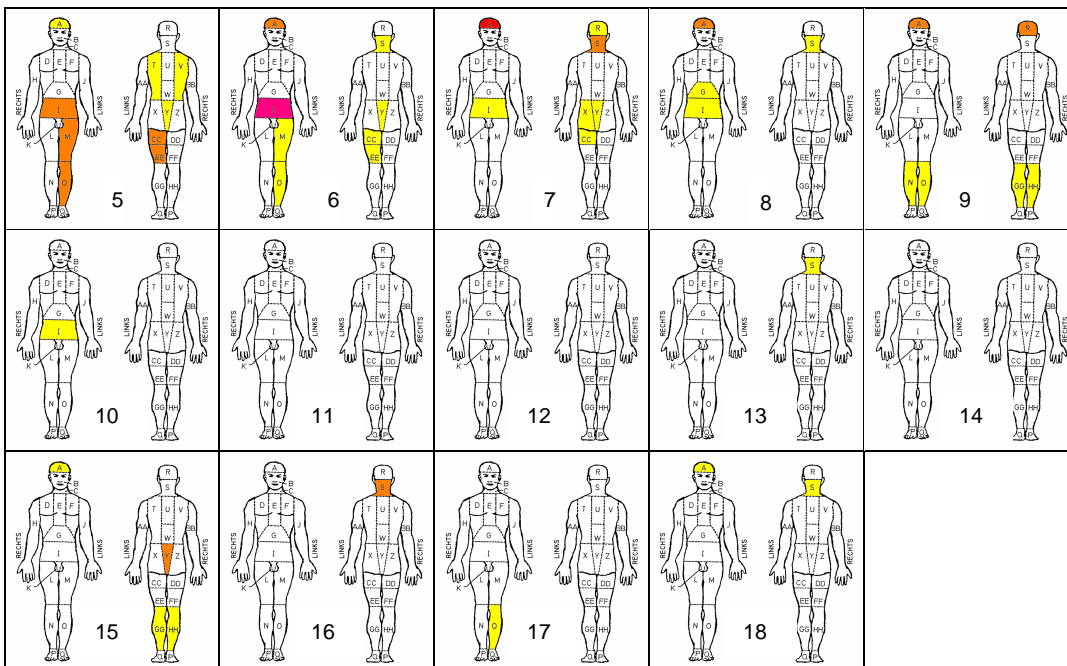
**Abbildung 38 UFB Salzgehalt:** Mittelwerte des Unwohlfühls (+/- 1 Standardfehler) während Eingewöhnungsphase, Bettruhephase Teil 1,2 und 3 und Erholungsphase in Abhängigkeit vom Salzgehalt der Nahrung.

In Abbildung 39 und 40 ist das körperliche Unwohlsein der Probanden an jedem Tag der Studie für die einzelnen Körperregionen dargestellt. Dabei sind in Abbildung 39 die Beschwerden bei salzarmer und in Abbildung 40 diejenigen bei salzreicher Diät gezeigt. Auf beiden Abbildungen zeigt sich eine Zunahme der Beschwerden im Bereich des Bauches zu Beginn der Bettruhephase. Im Bereich des Kopfes kam es sowohl in der Eingewöhnungsphase als auch zu Beginn der Bettruhephase zu vermehrten Beschwerden. In der Erholungsphase traten vermehrt Beschwerden im Bereich des Rückens und auf der Rückseite der unteren Extremitäten auf.

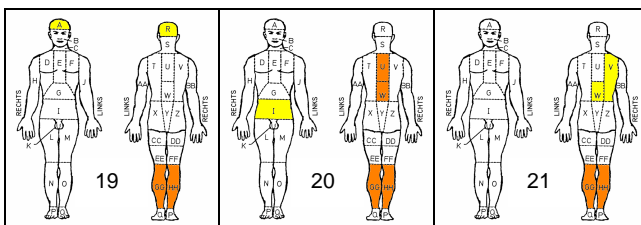
## Eingewöhnung



## Betruhe

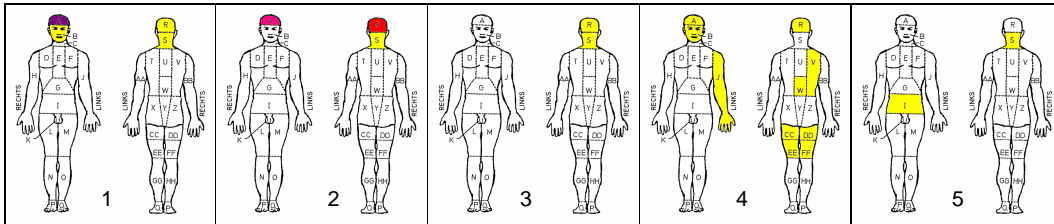


## Erholung

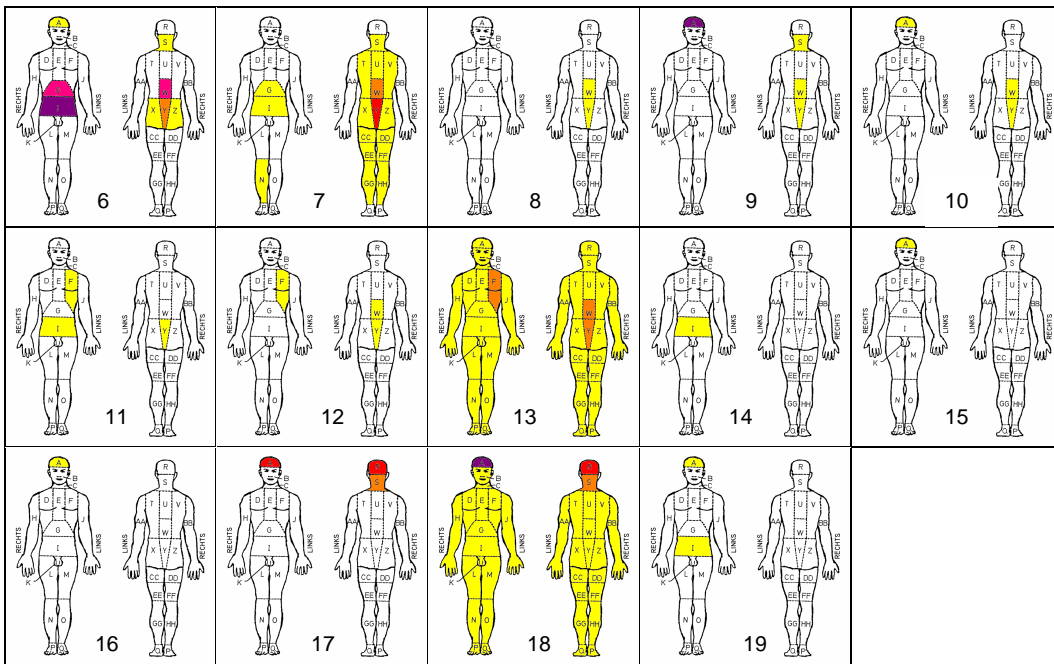


**Abbildung 39 UFB salzarm:** Ausmaß des körperlichen Unwohlseins aller Probanden bei salzreicher Diät. Dargestellt ist das Unwohlsein in den einzelnen Körperregionen an jedem Tag der Studie. Dazu wurden die Scores aller Probanden an dem betreffenden Tag für jede Körperregion addiert. Die Gesamtpunktzahl aller Probanden für die entsprechende Körperregion ist farblich kodiert.

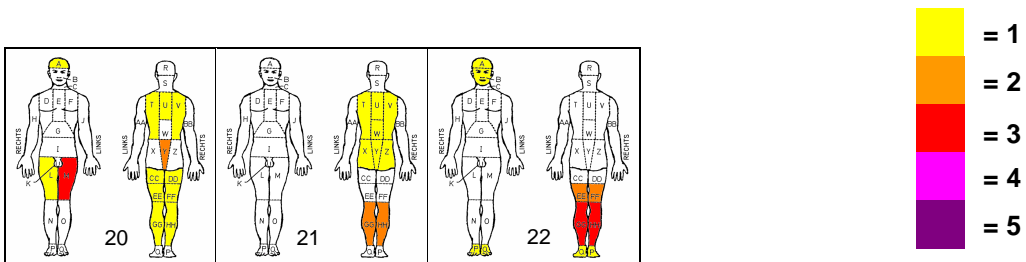
## Eingewöhnung



## Betruhe



## Erholung



**Abbildung 40 UFB salzreich:** Ausmaß des körperlichen Unwohlseins aller Probanden bei salzreicher Diät. Dargestellt ist das Unwohlsein in den einzelnen Körperregionen an jedem Tag der Studie. Dazu wurden die Scores aller Probanden an dem betreffenden Tag für jede Körperregion addiert. Die Gesamtpunktzahl aller Probanden für die entsprechende Körperregion ist farblich kodiert.

## **4 Diskussion**

Im Rahmen der SaltyLife7-Studie wurde den 8 Probanden eine psychologische Testbatterie, bestehend aus vier Fragebögen, vorgelegt. Einer der Fragebögen, der Gesundheitsfragebogen für Patienten (PHQ-D), wurde nur beim ersten Experimententeil einmal vor und einmal am Ende der Bettruhephase ausgefüllt. Die anderen drei Fragebögen, die Eigenschaftswörterliste (EWL), das Self Assessment Mannikin (SAM) und der Unwohlfragebogen (UFB) wurden täglich während beider Experimenteile ausgefüllt. Zur Auswertung der Fragebögen wurden die Mittelwerte während der drei Phasen der Studie (Eingewöhnung, Bettruhe und Erholung) verglichen. Zudem wurden die Ergebnisse getrennt nach salzarmer und salzreicher Ernährung betrachtet.

### 4.1 Auswirkungen von HDT-Bedrest auf das psychische Befinden

#### **4.1.1 Auswirkungen von HDT-Bedrest auf Stimmung und Antrieb**

Im PHQ-D ergab sich ein signifikant höherer Wert für den Skalensummenwert „**Depressivität**“ am Ende der Bettruhephase als vorher. Die Zunahme des Skalensummenwertes „somatische Symptome“ war ebenso wie die Abnahme des Skalensummenwertes „Stress“ nicht signifikant.

Die EWL ergab nur für drei der sieben Befindlichkeitsaspekte signifikante Ergebnisse. So nahm die **Aktiviertheit** in der Bettruhephase im Vergleich zur Eingewöhnungsphase ab und blieb in der Erholungsphase signifikant unter dem Wert der Eingewöhnungsphase. Die **gehobene Stimmung** nahm in der Bettruhephase im Vergleich zur Eingewöhnungsphase ab und stieg in der Erholungsphase wiederum an. Die **Deprimiertheit** veränderte sich kaum von der Eingewöhnungs- zur Bettruhephase, nahm jedoch in der Erholungsphase gegenüber den vorhergehenden Phasen signifikant ab. **Müdigkeit** und **Erregung** nahmen in der Bettruhephase gegenüber der Eingewöhnungsphase ab und stiegen in der Erholungsphase wieder an, wobei diese Veränderungen zu gering waren um signifikant zu werden. Auch die Abnahme des



Befindlichkeitsaspektes **Ärger** in der Erholungsphase gegenüber der Eingewöhnungs- und Bettruhephase war nicht signifikant. Die **Ängstlichkeit** blieb während des gesamten Zeitraums der Studie nahezu unverändert.

Das Self Assessment Mannikin (SAM) ergab lediglich für die **Valenz** ein signifikantes Ergebnis. Sie wurde während der Bettruhephase im Vergleich zur Eingewöhnungsphase negativer, um in der Erholungsphase wiederum positiver zu werden. Damit spiegelte sie die Entwicklung des Befindlichkeitsaspekts „gehobene Stimmung“ der EWL wieder. Ein Anstieg der **Dominanz** in der Erholungsphase erreichte keine Signifikanz, die **Erregung** zeigte kaum Veränderungen.

Forschungsarbeiten, die sich mit den Auswirkungen von Bettruhe oder HDT-Bedrest auf Motivation und Stimmung beschäftigen, kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen. DeRoshia und Greenleaf kamen bei einer 30-tägigen HDT-Bedreststudie, bei der der Einfluss von isotonischem sowie isokinetischem Training gegenüber keinem Training auf Stimmung und Leistung untersucht wurde, zu dem Schluss, dass sich die Stimmung insgesamt infolge der Bettruhe nicht verschlechterte und durch das Training nicht beeinflusst wurde. Eine Verschlechterung der affektiven Stimmung zu Beginn der Bettruhephase wurde hauptsächlich durch eine Zunahme des körperlichen Unwohlseins verursacht, in der Folge verbesserte sich die Stimmung sogar gegenüber dem Wert vor der Bettruhephase. Eine Zunahme der Anspannung und Abnahme von Konzentration in der Gruppe des isotonischen Trainings, die in den Gruppen isokinetisches Training und kein Training nicht auftrat, führten die Autoren auf eine Überforderung in der Gruppe des isotonischen Trainings zurück [14]. Zu einem anderen Ergebnis kamen Ryback et al. bei einer fünfwöchigen Bedreststudie, in der eine Gruppe täglich trainierte, die andere nicht. Die Werte eines Depressionsfragebogen (Measurement of Depression, SDS) nahmen in der Bettruhephase in beiden Gruppen gegenüber der Eingewöhnungsphase zu, in der Gruppe ohne Training mehr als in der Trainingsgruppe. Auch Ängstlichkeit, Depressivität und Feindseeligkeit nahmen während der Bettruhephase in beiden Gruppen signifikant zu. Alle Werte nahmen in der Erholungsphase nur sehr langsam wieder ab. Ein einmal vor der

Bettruhephase und ein zweites Mal an ihrem Ende durchgeführter Rohrschachtest ergab beim zweiten Mal pathologischere Werte [10]. Ähnliche Ergebnisse ergaben mehrere durch Ishizaki et al. durchgeführte Studien. Bei einer 1994 veröffentlichten Studie zeigte sich bei einem 20-tägigen Bettruheversuch eine Tendenz zur Entwicklung von Depression und Neurose, die in der Erholungsphase wieder zurückgingen [12]. In einer 2002 veröffentlichten, bis auf eine zusätzliche 6°-Kopftiefenlagerung identisch durchgeführten Studie, ließen sich diese Ergebnisse reproduzieren. Zusätzlich zeigten sich eine Zunahme der Verwirrung sowie eine Abnahme der Vitalität während der Bettruhephase, die in der Erholungsphase zunächst anhielten und erst allmählich wieder abnahmen. Anspannung, Angst, Depression, Ärger, Feindseeligkeit und Erschöpfung stiegen in nicht signifikantem Maße an [13]. Bei einer von Styf et al. 1995 durchgeführten dreitägigen HDT-Bedreststudie mit zusätzlichem Zug an den Beinen (balanced traction) zeigte sich eine Zunahme des Scores im Beck'schen Depressionsinventar während der Bettruhephase im Vergleich zu vorher. Nach dem Ende der Bettruhephase nahmen die Werte ab, waren aber gegenüber dem Wert vor der Intervention weiterhin erhöht. Bei horizontaler Bettruhe im Vergleich nahm der Score kaum zu [16].

#### **4.1.2 Auswirkungen von HDT-Bedrest auf das körperliche Unwohlsein**

Das körperliche Unwohlsein stieg zu Beginn der Bettruhephase im Vergleich zur Eingewöhnungsphase signifikant an. In der Mitte der Bettruhephase gingen die Beschwerden wieder zurück, um gegen Ende wiederum anzusteigen. Seinen höchsten Wert erreichte das Unwohlsein in der Erholungsphase. Sowohl zu Beginn der Eingewöhnungsphase als auch zu Beginn der Bettruhephase traten v.a. Beschwerden im Bereich des Kopfes auf. Zu Beginn der Bettruhephase traten außerdem vermehrt Beschwerden im Bauchbereich auf. In der Erholungsphase waren Beschwerden vor allem im Bereich des Rückens und der Rückseite der unteren Extremitäten zu beobachten.

Ein Anstieg des körperlichen Unwohlseins zu Beginn der Bettruhephase beobachteten auch DeRoshia und Greenleaf in ihrer oben erwähnten Studie [14]. In der Studie von Styf et al. von 1995 wurden vermehrt Schmerzen im

unteren Rückenbereich, im unteren Bauchbereich, in den Beinen sowie Kopfschmerzen während HDT-Bedrest mit balanced traction gegenüber horizontaler Bettruhe festgestellt, wobei die Daten nur während und nach der Bettruhephase erhoben wurden. Dabei gingen die Beschwerden nach der Interventionsphase stark zurück [16].

## 4.2 Auswirkungen des Salzgehalts der Nahrung unter HDT-Bedrest auf die psychische Verfassung

Der PHQ-D wurde aufgrund der geringen Fallzahl in den Gruppen salzarm/salzreich nicht statistisch ausgewertet. Für die Befindlichkeitsaspekte Aktiviertheit, Müdigkeit, gehobene Stimmung, Erregtheit, Ärger, Ängstlichkeit und Deprimiertheit der EWL und die Dimensionen Valenz, Erregung und Dominanz des SAM ergaben sich keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit vom Salzgehalt der Nahrung.

Das körperliche Unwohlsein war bei salzreicher Diät sowohl in der Bettruhephase als auch in der Erholungsphase leicht vermehrt gegenüber dem bei salzarmer Ernährung, wobei keine Signifikanz erreicht wurde.

Die Auswirkungen des Salzgehaltes der Nahrung auf das psychische Befinden sind bisher nicht systematisch erforscht worden. In seinem Selbstversuch von 1936 berichtete McCance über eine Reihe von unangenehmen körperlichen und geistigen Folgen eines durch nahezu salzfreie Nahrung und Schwitzen erzeugten Salz Mangels. Es kam zu Durst, der durch Wasseraufnahme nicht zu stillen war, Appetitlosigkeit, Übelkeit, Gewichtabnahme, Krämpfen, Erschöpfung und Kraftlosigkeit. Eine der Versuchspersonen berichtete auch über Apathie und eine allgemeine Verlangsamung [39]. Diese Symptome traten aber erst bei manifestem Salz mangel auf. Während der SaltyLife7-Studie nahmen die Probanden auch bei niedriger Kochsalzzufuhr noch 50 mmol Na am Tag auf, eine ausreichende Menge für die physiologischen Vorgänge im menschlichen Organismus. Die Menge von 550 mmol Na/Tag, die die Probanden bei hoher

Kochsalzzufuhr zu sich nehmen, liegt allerdings weit über dem Maß, das der Mensch für gewöhnlich zu sich nimmt. Dies könnte den Hinweis auf die leicht vermehrten körperlichen Beschwerden erklären, die die Probanden bei salzreicher Ernährung verspürten.

## **5 Zusammenfassung**

Im Rahmen der SaltyLife7-Studie wurde die Befindlichkeit von 8 männlichen Probanden während einer 14-tägigen Bettruhephase in 6°Kopftieflagerung (HDT-Bedrest) bei wechselndem Salzgehalt der Nahrung untersucht. Es konnte eine Zunahme der Depressivität der Probanden am Ende der Bettruhephase im Vergleich zu vorher sowie eine Abnahme der Depressivität nach Abschluss der Interventionsphase festgestellt werden. Spiegelbildlich nahm die gehobene Stimmung während der Bettruhephase ab und stieg danach wieder an. Auch die Valenz der Probanden war während der Interventionsphase negativer als während Eingewöhnungs- und Erholungsphase. Die Aktiviertheit der Probanden nahm in der Bettruhephase ab und blieb in der Erholungsphase niedrig. Das körperliche Unwohlsein stieg vor allem zu Beginn der Bettruhephase an. Ein Einfluss des Salzgehaltes der Nahrung auf die Befindlichkeit der Probanden konnte nicht festgestellt werden.

## **6 Literaturverzeichnis**

1. Moore, D., P. Bie, and H. Oser, *Biological and medical research in space*. 1996: Springer.
2. Christensen, J.M. and J.M. Talbot, *A review of the psychological aspects of space flight*. *Aviat Space Environ Med*, 1986. **57**(3): p. 203-12.
3. Kanas, N., *Psychological and interpersonal issues in space*. *Am J Psychiatry*, 1987. **144**(6): p. 703-9.
4. Drummer, C., P. Norsk, and M. Heer, *Water and sodium balance in space*. *Am J Kidney Dis*, 2001. **38**(3): p. 684-90.
5. Baisch, F., et al., *Head-down tilt bedrest. HDT'88--an international collaborative effort in integrated systems physiology*. *Acta Physiol Scand Suppl*, 1992. **604**: p. 1-12.
6. Pavy-Le Traon, A., et al., *From space to Earth: advances in human physiology from 20 years of bed rest studies (1986-2006)*. *Eur J Appl Physiol*, 2007. **101**(2): p. 143-94.
7. Schneider, S., et al., *What happens to the brain in weightlessness? A first approach by EEG tomography*. *Neuroimage*, 2008.
8. Zubek, J.P. and M. MacNeill, *Effects of immobilization: behavioural and EEG changes*. *Can J Psychol*, 1966. **20**(3): p. 316-36.
9. Deitrick, J.E., G.G. Whedon, and E. Shorr, *Effects of immobilization upon various metabolic and physiologic functions of normal men*. *Am J Med*, 1948. **4**: p. 3-36.
10. Ryback, R.S., et al., *Psychobiologic effects of prolonged weightlessness (bed rest) in young healthy volunteers*. *Aerosp Med*, 1971. **42**(4): p. 408-15.
11. Ryback, R.S., O.F. Lewis, and C.S. Lessard, *Psychobiologic effects of prolonged bed rest (weightless) in young, healthy volunteers (Study II)*. *Aerosp Med*, 1971. **42**(5): p. 529-35.
12. Ishizaki, Y., et al., *Psychological effects of bed rest in young healthy subjects*. *Acta Physiol Scand Suppl*, 1994. **616**: p. 83-7.
13. Ishizaki, Y., et al., *Changes in mood status and neurotic levels during a 20-day bed rest*. *Acta Astronaut*, 2002. **50**(7): p. 453-9.

14. DeRoshia, C.W. and J.E. Greenleaf, *Performance and mood-state parameters during 30-day 6 degrees head-down bed rest with exercise training*. Aviat Space Environ Med, 1993. **64**(6): p. 522-7.
15. Ishizaki, Y., et al., *The implementation of game in a 20-day head-down tilting bed rest experiment upon mood status and neurotic levels of rest subjects*. Acta Astronaut, 2004. **55**(11): p. 945-52.
16. Styf, J.R., et al., *Depression, mood state, and back pain during microgravity simulated by bed rest*. Psychosom Med, 2001. **63**(6): p. 862-4.
17. Komada, Y., et al., *Effects of acute simulated microgravity on nocturnal sleep, daytime vigilance, and psychomotor performance: comparison of horizontal and 6 degrees head-down bed rest*. Percept Mot Skills, 2006. **103**(2): p. 307-17.
18. Shehab, R.L., et al., *The NASA Performance Assessment Workstation: cognitive performance during head-down bed rest*. Acta Astronaut, 1998. **43**(3-6): p. 223-33.
19. Pavy Le-Traon, A., et al., *Psychomotor performance during a 28 day head-down tilt with and without lower body negative pressure*. Acta Astronaut, 1994. **32**(4): p. 319-30.
20. Corcoran, P.J., *Use it or lose it--the hazards of bed rest and inactivity*. West J Med, 1991. **154**(5): p. 536-8.
21. Klinke, R. and S. Silbernagel, *Lehrbuch der Physiologie*. 4. ed. 2003, Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
22. Holtmeier, H.J., *Die Bedeutung von Natrium und Chlorid für den Menschen*. 1992: Springer-Verlag.
23. Bachmann, M., et al., *Salzkonsum und Bluthochdruck*. 2005, Expertenbericht der Eidgenössischen Ernährungskommission.
24. Daniels, D. and S.J. Fluharty, *Salt appetite: a neurohormonal viewpoint*. Physiol Behav, 2004. **81**(2): p. 319-37.
25. Morris, M.J., E.S. Na, and A.K. Johnson, *Salt craving: the psychobiology of pathogenic sodium intake*. Physiol Behav, 2008. **94**(5): p. 709-21.
26. Sakai, R.R., et al., *Salt appetite is enhanced by one prior episode of sodium depletion in the rat*. Behav Neurosci, 1987. **101**(5): p. 724-31.

27. Roitman, M.F., et al., *Induction of a salt appetite alters dendritic morphology in nucleus accumbens and sensitizes rats to amphetamine*. J Neurosci, 2002. **22**(11): p. RC225.
28. Clark, J.J. and I.L. Bernstein, *Reciprocal cross-sensitization between amphetamine and salt appetite*. Pharmacol Biochem Behav, 2004. **78**(4): p. 691-8.
29. Bergier, J.-F., *Die Geschichte vom Salz*. 1989, Frankfurt/Main: Campus Verlag.
30. Priesner, C., *Alchemie: Lexikon einer hermetischen Wissenschaft*. 1998, München: Beck.
31. Kern, W. and P.H. List, *Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis*. 4. ed. Vol. 6. 1977: Springer Verlag.
32. Ammon, H.P.T., *Hunnius Pharmazeutisches Wörterbuch*. 9. ed. 2004, Berlin: de Gruyter.
33. Batmanghelidj, F., *Sie sind nicht krank, Sie sind durstig! Heilung von innen mit Wasser und Salz*. 2 ed. 2003, Kirchzarten bei Freiburg: VAK Verlags GmbH.
34. Krüger, H., *Kristall-Salz: Ein Königsweg zu Gesundheit und Energie*. 2 ed. 2002, München: Goldmann Verlag.
35. Hendel, B. and P. Ferreira, *Wasser & Salz: Urquell des Lebens*. 4. ed, Herrsching: INA Verlags GmbH.
36. Gawlik, W., *Homöopathie und konventionelle Therapie*. 2. ed. 1992, Stuttgart: Hippokrates Verlag.
37. Jones, E., *Die Bedeutung des Salzes in Sitte und Brauch der Völker*. Imago, 1912. **1**: p. 361-385.
38. McEwen, O.R., *Salt loss as a common cause of ill-health in hot climates*. The Lancet, 1935. **225**: p. 1015.
39. McCance, R.A., *Experimental sodium chloride deficiency in man*. Proc R Soc Lond B Biol Sci, 1936. **119**: p. 245-268.
40. Bou-Holaijah, I., et al., *The relationship between neurally mediated hypotension and the chronic fatigue syndrome*. JAMA, 1995. **274**(12): p. 961-7.
41. Payne, M.E., et al., *Vascular nutritional correlates of late-life depression*. Am J Geriatr Psychiatry, 2006. **14**(9): p. 787-95.



42. Löwe, B., et al., *PHQ-D Gesundheitsfragebogen für Patienten, Manual Komplettversion und Kurzversion: Autorisierte deutsche Version des "Prime MD Patient Health Questionnaire (PHQ)"*. 2. ed. 2002: Pfitzer.
43. Janke, W. and G. Debus, *Die Eigenschaftswörterliste : EWL ; Handanweisung ; e. mehrdimensionale Methode zur Beschreibung von Aspekten des Befindens* 1978, Göttingen: Hogrefe.
44. Bradley, M.M. and P.J. Lang, *Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential*. *J Behav Ther Exp Psychiatry*, 1994. **25**(1): p. 49-59.
45. Morris, J.D., *Observations: SAM: The Self-Assessment Manikin - An Efficient Cross Cultural Measurement of Emotional Response*. *Journal of Advertising Research*, 1995. **35**(6): p. 63-68.

## 7 Anhang

	<b>Letzter Tag Eingewöhnung</b>	<b>Letzter Tag Erholung</b>
<b>Somatische Symptome</b>		
gesamt	1,75 ± 0,89	3,25 ± 1,83
salzarm	1,75 ± 0,96	4,50 ± 1,73
salzreich	1,75 ± 0,96	2,00 ± 0,82
<b>Depressivität</b>		
gesamt	1,12 ± 0,83	2,12 ± 1,25
salzarm	1,50 ± 0,58	2,25 ± 0,96
salzreich	0,75 ± 0,96	2,00 ± 1,63
<b>Stress</b>		
gesamt	1,12 ± 0,99	0,62 ± 0,92
salzarm	1,50 ± 1,00	0,75 ± 0,96
salzreich	0,75 ± 0,96	0,50 ± 1,00

**Tabelle 2:** PHQ Mittelwerte mit Standardabweichung

	<b>Eingewöhnung</b>	<b>Bettruhe</b>	<b>Erholung</b>
<b>Aktiviertheit</b>			
gesamt	18,78 ± 4,36	16,05 ± 3,97	16,17 ± 3,85
salzarm	18,97 ± 5,16	15,95 ± 4,20	16,37 ± 4,20
salzreich	18,57 ± 3,75	16,16 ± 4,02	15,96 ± 3,74
<b>Müdigkeit</b>			
gesamt	9,08 ± 1,39	8,36 ± 1,07	8,77 ± 2,02
salzarm	9,19 ± 1,54	8,35 ± 1,11	8,79 ± 2,41
salzreich	8,97 ± 1,32	8,37 ± 1,12	8,75 ± 1,72
<b>Gehobene Stimmung</b>			
gesamt	23,64 ± 5,88	19,91 ± 5,83	22,10 ± 5,86
salzarm	24,08 ± 6,76	19,94 ± 6,23	22,71 ± 5,92
salzreich	23,20 ± 5,29	19,87 ± 5,84	21,50 ± 6,15
<b>Erregtheit</b>			
gesamt	16,77 ± 1,81	15,90 ± 1,41	16,39 ± 1,85
salzarm	16,84 ± 2,27	15,77 ± 1,37	16,83 ± 2,40
salzreich	16,70 ± 1,35	16,03 ± 1,53	15,95 ± 1,07
<b>Ärger</b>			
gesamt	5,11 ± 0,19	5,11 ± 0,19	5,06 ± 0,13
salzarm	5,10 ± 0,18	5,10 ± 0,17	5,12 ± 0,17
salzreich	5,12 ± 0,21	5,12 ± 0,22	5,00 ± 0,00
<b>Ängstlichkeit</b>			
gesamt	7,07 ± 0,12	7,02 ± 0,03	7,06 ± 0,12
salzarm	7,07 ± 0,15	7,02 ± 0,03	7,08 ± 0,15
salzreich	7,07 ± 0,10	7,02 ± 0,03	7,04 ± 0,12
<b>Deprimiertheit</b>			
gesamt	16,30 ± 0,42	16,24 ± 0,28	16,08 ± 0,15
salzarm	16,12 ± 0,18	16,21 ± 0,24	16,12 ± 0,17
salzreich	16,47 ± 0,53	16,28 ± 0,33	16,04 ± 0,12

**Tabelle 3: EWL Mittelwerte mit Standardabweichung**

	<b>Eingewöhnung</b>	<b>Bettruhe</b>	<b>Erholung</b>
<b>Valenz</b>			
gesamt	3,30 ± 1,17	3,67 ± 1,20	3,04 ± 1,43
salzarm	3,42 ± 1,29	3,78 ± 1,37	3,42 ± 1,55
salzreich	3,17 ± 1,11	3,55 ± 1,09	2,67 ± 1,28
<b>Erregung</b>			
gesamt	6,60 ± 1,79	6,48 ± 1,92	6,42 ± 2,09
salzarm	6,60 ± 1,86	6,55 ± 1,96	6,42 ± 2,18
salzreich	6,60 ± 1,84	6,41 ± 2,02	6,42 ± 2,15
<b>Dominanz</b>			
gesamt	5,80 ± 1,03	5,90 ± 1,27	6,25 ± 1,56
salzarm	5,87 ± 1,19	5,75 ± 1,39	6,08 ± 1,63
salzreich	5,72 ± 0,92	6,05 ± 1,22	6,42 ± 1,57

**Tabelle 4:** SAM Mittelwerte mit Standardabweichung

	gesamt	salzarm	salzreich
<b>Eingewöhnung</b>	0,89 ± 1,18	0,97 ± 1,40	0,80 ± 1,00
<b>Bettruhe Teil 1</b>	1,22 ± 1,14	1,22 ± 1,47	1,22 ± 0,78
<b>Bettruhe Teil 2</b>	0,59 ± 1,75	0,05 ± 0,92	1,12 ± 2,42
<b>Bettruhe Teil 3</b>	0,98 ± 2,59	0,34 ± 0,44	1,62 ± 3,63
<b>Erholung</b>	1,29 ± 2,92	0,87 ± 2,47	1,71 ± 3,43

**Tabelle 5:** UFB Mittelwerte mit Standardabweichung

# Salty Life 7

Wochentag Datum Experiment Tag Nr. (7 a.m. to 7 a.m.)	Eingewöhnung							Betrüble							Erholung						
	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Sa	So	Mo				
	06.3.	07.3.	08.3.	09.3.	10.3.	11.3.	12.3.	13.3.	14.3.	15.3.	16.3.	17.3.	18.3.	19.3.	20.3.	21.3.	22.3.	23.3.	24.3.	25.3.	26.3.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Na Zufuhr/Tag	200 mmol							550 / 50 mmol							200 mmol						
Blutgasanalyse (+ kl. BB)				1	16					20	21			22		23	38		41		42
Blutabnahme			1	16						20	21			22		23	38		41		42
Initialbest. Inu/Evans blue			1												23						
24-h Blutdruck-Messung																					
Kreislauf-Funktionsleists					17	18													30	40	
Flüssigkeitskompartimentmessung				2-	15											24-	37				
Hautbiopsie																					
Innooor																					
Brachialis-Sonographie																					
Spiroergometrie																					
Energieumsatz																					
Elektromyographie																					
Genuchs- und Geschmackstests																					
Magenentleerung																					
Elektrogastrogramm																					
MRS																					
Befindlichkeitsfragebogen																					
Urnsammlung																					

## Danksagung

Ich danke zuallererst meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Paul Enck für die Überlassung des Themas, aber auch für die hervorragende Betreuung der Arbeit und nicht zuletzt dafür, dass er mir im Rahmen dieser Arbeit wissenschaftliches Arbeiten von Grund auf beigebracht hat. Der Deutschen Gesellschaft für Luft und Raumfahrt danke ich für die Ermöglichung dieser Arbeit, und insbesondere danke ich Frau Petra Frings-Meuthen für ihre freundliche und schnelle Hilfe bei Informationsmangel. Den Mitarbeitern des Instituts für Psychosomatik in Tübingen danke ich für praktische Tipps. Meinen Eltern den allergrößten Dank für moralische Unterstützung, Kritik und Korrektur.