

**Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg**  
**Fachbereich Ökotrophologie**

Ruheumsatz und Zusammenhang mit dem  
Ernährungs- und Bewegungsverhalten bei  
Querschnittgelähmten  
- Diplomarbeit -

vorgelegt im April 2010

von

Anette von Laffert

Referenten:

Prof. Dr. Joachim Westenhöfer (HAW)

(Betreuender Prof.)

Prof. Dr. Manfred J. Müller (Universität Kiel)

(Korreferent)

## **DANKSAGUNG**

Für die fachliche Unterstützung danke ich Frau Dr. Bosy-Westphal, Frau Dr. Later und Herrn Dr. Schmalz von der Universität Kiel.

Für technische und organisatorische Hilfestellung danke ich Herrn Simon von der HAW und Herrn Stiewe (ehemals Fa. Cortex).

Dem Chefarzt des Querschnittgelähmtenzentrums im BG Unfallkrankenhaus Hamburg Herrn Dr. Thietje danke ich besonders dafür, dass er mein Vorhaben ermöglicht und gefördert hat. Für die umfangreiche Unterstützung bei der Organisation eines reibungslosen Ablaufs danke ich sehr Frau Sabine Götzen. Dieser Dank gilt auch stellvertretend für alle Pflegekräfte und Ärzte, die dazu beigetragen haben.

Außerdem möchte ich Herrn Richarz und Herrn Dr. Strohkendl vom Deutschen Rollstuhlsportverband für die Beratung danken.

Für ihre Teilnahme danke ich allen Probanden der Studie.

Für die Betreuung meiner Arbeit danke ich Herrn Prof. Dr. Westenhöfer und Herrn Prof. Dr. Müller.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Mutter für die tägliche Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung der Messungen. Ohne ihre Hilfe wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Beschreibung des Vorhabens .....	1
1.1 Ernährungszustand bei Querschnittgelähmten .....	1
1.2 Projektziel .....	3
1.3 Gliederung .....	3
2 Grundlagen und Verfahrenstechniken.....	4
2.1 Biologisch-medizinische Grundlagen zur Querschnittlähmung .....	4
2.1.1 Das Nervensystem des Menschen .....	4
2.1.2 Die Querschnittlähmung .....	6
2.2 Energieverbrauch.....	10
2.3 Indirekte Kalorimetrie .....	11
2.3.1 Grundlagen .....	11
2.3.2 Respiratorischer Quotient und Bedeutung für die Qualität der Messung.....	12
2.3.3 Durchführung der Messung .....	13
3 Methodik/ Entwurf .....	14
3.1 Auswahl der Erhebungsverfahren .....	14
3.2 Vorgehensweise.....	15
3.2.1 Datensatz 1: Indirekte Kalorimetrie .....	16
3.2.2 Datensatz 2: Fragebogen .....	19
3.3 Überprüfung des Messverfahrens und Pretest des Fragebogens.....	20
3.4 Stichprobe.....	20
3.5 Statistische Auswertung.....	24
4 Ergebnisse .....	26
4.1 Ernährung .....	26
4.1.1 Food Frequency Questionnaire und Ernährungsgewohnheiten .....	26
4.1.2 Selbsteinschätzung und Ernährungswissen .....	30
4.2 Restfunktionen und Bewegungsverhalten.....	34
4.3 Ruheenergieverbrauch und Einflussfaktoren .....	36
4.4 Zusammenführung der Einflüsse .....	40
5 Diskussion.....	42
5.1 Ernährung .....	42
5.2 Bewegungsverhalten.....	46
5.3 Bewertung der Einflüsse auf den Ruheenergieverbrauch .....	46
5.4 Betrachtung eines Modells zur Darstellung aller Messergebnisse .....	49
6 Zusammenfassung und Ausblick .....	50
7 Abstract.....	53
Anhang.....	AI
Literaturverzeichnis .....	VII
Eidesstattliche Versicherung .....	X

## **Abkürzungsverzeichnis**

BMI	Body Mass Index
BUK	Berufsgenossenschaftliches Unfallkrankenhaus
DXA	Dual Energy X-ray Absorptiometry
FFM	Fettfreie Masse
FFQ	Food Frequency Questionnaire
FG	Fußgänger
NS	Nervensystem
QSL	Querschnittlähmung
REE	Resting Energy Expenditure = Ruheenergieverbrauch
RM	Rückenmark
SCI	Spinal cord injury = Rückenmarksverletzung
WHO	World Health Organization = Weltgesundheitsorganisation

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage der Rückenmarksegmente .....	5
Abb. 2: Innervation der Hand.....	8
Abb. 3: Segmente.....	9
Abb. 4: Beispieldaten einer Messung .....	18
Abb. 5: Querschnittgelähmte - Häufigkeit selbst zubereiteter Mahlzeiten/Tag .....	29
Abb. 6: Fußgänger - Häufigkeit selbst zubereiteter Mahlzeiten/Tag.....	29
Abb. 7: Essensversorgung .....	30
Abb. 8: Gewichtsprobleme QSL .....	31
Abb. 9: Gewichtsprobleme FG .....	32
Abb. 10: Informationen zu Ernährung bei QSL.....	33
Abb. 11: Interesse an Informationen über spezielle Ernährungsthemen .....	33
Abb. 12: Gründe für sportliche Inaktivität .....	36

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Anthropometrie QSL.....	22
Tab. 2: Anthropometrie FG.....	22
Tab. 3: T-Test Raps- und Olivenöl .....	26
Tab. 4: T-Test Bier, Wein und sonstige Alkoholika .....	27
Tab. 5: T-Tests für Gemüse und für Obst.....	27
Tab. 6: T-Test Gruppe Milchprodukte.....	28
Tab. 7: T-Test Gruppe Getränke .....	28
Tab. 8: Häufigkeit der Selbstzubereitung frischer Mahlzeiten am Tag .....	30
Tab. 9: Gewichtsprobleme QSL .....	31
Tab. 10: Gewichtsprobleme FG.....	31
Tab. 11: Ausreichende Informationen zur gesunden Ernährung .....	32
Tab. 12: Informationen zum Thema Ernährung bei QSL .....	32
Tab. 13: T-Tests für die Durchschnittliche Intensität und für die Dauer der sportl. Belastung .....	34
Tab. 14: T- Test Sportfaktor .....	35
Tab. 15: T-Test Prozentuale Abweichung .....	37
Tab. 16: Korrelationen Prozentuale Abweichung, Lähmungsklasse, Nutzung Restfunktionen, Intensität Rollstuhlnutzung.....	37
Tab. 17: Korrelation Prozentuale Abweichung, Durchschnittliche Intensität, Dauer, Sportfaktor (QSL) .....	38
Tab. 18: Korrelation Prozentuale Abweichung, Durchschnittliche Intensität, Dauer, Sportfaktor (FG).....	39
Tab. 19: Korrelation Prozentuale Abweichung, Lähmungsklasse bei kompletter Lähmung, wenig Sport und wenig Alltagsaktivität .....	40
Tab. 20: Regression Prozentuale Abweichung Modellzusammenfassung .....	41
Tab. 21: Regression Prozentuale Abweichung: ANOVA .....	41
Tab. 22: Regression Prozentuale Abweichung: Koeffizienten .....	41
Tab. 23: Korrelation Intensität der Rollstuhlnutzung, Sportfaktor .....	42

# 1 Beschreibung des Vorhabens

## 1.1 Ernährungszustand bei Querschnittgelähmten

Im Frühjahr 2009 wurde auf Initiative der Manfred-Sauer-Stiftung in Lobbach bei Heidelberg die erste deutschsprachige Netzwerkgruppe zum Thema „Ernährung und Verdauung bei Querschnittlähmung“ gegründet. Ernährungsfachkräfte, Pflegekräfte und Ärzte u. a. aus deutschen, schweizerischen und österreichischen Unfallkrankenhäusern mit Abteilungen für Rückenmarkverletzte haben sich dort zusammengeschlossen, um dem offensichtlich großen Informationsdefizit in diesem Bereich zu begegnen. Da Probleme mit der Verdauung bei vielen Querschnittgelähmten schon in der Akutphase auch für das Pflegepersonal immer präsent sind, scheint diese Thematik zunächst wichtiger als andere. Die Arbeit in der Netzwerkgruppe hat sich deshalb bisher vorrangig auf die Verdauung bei Querschnittlähmung (QSL) konzentriert und die Ernährung nur im Hinblick auf ihren Einfluss darauf behandelt.

Die hier vorgelegte Arbeit wird sich nun mit dem veränderten Energiebedarf bei QSL beschäftigen, der erst mittel- bis langfristig sichtbaren Einfluss auf das Leben Querschnittgelähmter hat.

Nach gängigen Modellen auf Basis des Body Mass Index (BMI), die auch die WHO zugrunde legt, ist die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Querschnittgelähmten geringer als bei Nichtgelähmten. Der BMI, der das Körpergewicht pro Körperoberfläche misst, ist aber bei QSL nicht das richtige Mittel zur Beurteilung des Übergewichts. „BMI is unlikely to be an accurate measure of obesity in the SCI population“ (Groah et al. 2009, S. 31). Muskelatrophie infolge der Lähmung führt zu einer Veränderung der Körperzusammensetzung, also einer Erhöhung des Fettanteils bei einer geringeren Muskelmasse. Der BMI unterschätzt deshalb Übergewicht bei Rückenmarksverletzten tendenziell (abhängig von Lähmungshöhe und tatsächlichem Funktionsausfall). Studien in den USA, die das berücksichtigen, haben gezeigt, dass die Prävalenz in dieser Personengruppe wahrscheinlich sogar höher ist, als bei Personen ohne Rückenmarksverletzungen (Weaver et al. 2007). Dass dies in Deutschland auch so ist, wird allgemein angenommen, wurde aber bisher nicht untersucht.

Ein sehr niedriger BMI unter 18,5 kg/qm kommt bei QSL eher durch den Rückgang der Muskel- und nicht der Fettmasse bei zwar geringerem Gesamtgewicht, aber gleichbleibender Körpergröße zustande. Bei Nichtgelähmten würde man hier wohl von Untergewicht aufgrund einer stark verminderten Fettmasse ausgehen. Entsprechend umgekehrt verhält es sich bei einem hohen BMI. Dieser deutet bei QSL viel früher auf Übergewicht hin als bei Personen ohne Lähmung.

Die geringere Muskelmasse hat auch Einfluss auf den Energieverbrauch bei QSL. Sieht man von anderen Einflussfaktoren ab, kann man sagen: Je höher die Lähmung, desto geringer ist die Muskelmasse und desto höher ist der Fettanteil. Natürlich ist aber neben der Lähmungshöhe von Bedeutung, ob die Läsion vollständig ist und wie stark noch vorhandene Muskulatur genutzt wird. Da der Energieverbrauch auch von der Muskelmasse abhängt, haben Querschnittgelähmte schon in Ruhe einen geringeren Bedarf als Fußgänger und folglich können auch die Gleichungen zur Vorausberechnung dieses Ruheumsatzes (z. B. Harris-Benedict, 1918) nicht auf QSL übertragen werden. (Zäch 2006, S. 173).

Die in den USA gemessenen Ruheumsätze bei QSL sind 14- 27% niedriger als bei Nichtgelähmten. Außerdem liegt offensichtlich auch die körperliche Aktivität vor allem bei Hochgelähmten unter dem empfohlenen Level oder ist zumindest geringer als bei Nichtgelähmten. (Buchholz, Pencharz 2004, S. 635).

Die Zufuhr vieler wichtiger Nährstoffe entspricht bei Querschnittgelähmten nicht den Empfehlungen; das Ernährungswissen hinsichtlich der neuen Lebenssituation ist meist begrenzt, weshalb weiter so gegessen wird, wie vor Eintritt der Lähmung. Wahrscheinlich ist auch das durch die Lähmungsfolgen häufig niedrigere Einkommen ein Grund für den geringen Verzehr frischer gesunder Produkte. (Tomey et al. 2005, S. 664). Genauer untersucht wurden diese Aspekte nur in einigen Studien in den USA, sie alle weisen auf einen großen Informationsbedarf hin und fordern weitere Erhebungen, die zu speziellen Ernährungsleitlinien für Querschnittgelähmte führen.

In Deutschland gibt es keine Studien zum Energiebedarf bei QSL; der Ernährungszustand wird in einer Studie zum Thema Verdauung angerissen, die auch das große Informationsdefizit bei Querschnittgelähmten in Deutschland bestätigt. (Meininger 2009)

## **1.2 Projektziel**

Die vorliegende Arbeit ist daher die erste Studie zum Thema Energiebedarf bei QSL in Deutschland. Sie untersucht, ob auch hier Querschnittgelähmte einen geringeren Ruheenergieverbrauch als vergleichbare Probanden (gleiches Alter, Geschlecht, Größe etc.) einer Kontrollgruppe von Nichtgelähmten haben. Dabei soll auch das Ausmaß eines evtl. reduzierten Ruheumsatzes und die Abhängigkeit von Lähmungshöhe, Restfunktionen und körperlicher, vor allem sportlicher Aktivität erfasst werden. Außerdem sollen grundsätzliche Aspekte des Ernährungsverhaltens Querschnittgelähmter mit dem Nichtgelähmter verglichen werden. So soll festgestellt werden, ob und wenn möglich auch warum es wesentliche Unterschiede gibt, und ob diese Verhaltensunterschiede einen messbaren Einfluss auf den Energieverbrauch haben. Auch andere Einflüsse wie Bildungsniveau und insbesondere das Ernährungswissen sollen berücksichtigt werden.

Folgende Fragen stehen im Fokus der Studie:

1. Wie hoch ist der Ruheumsatz bei QSL und lässt sich dafür eine Gesetzmäßigkeit feststellen (auch im Vergleich zu Fußgängern)?
2. Welchen Einfluss hat das Bewegungsverhalten auf den Ruheumsatz?
3. Ist das Ernährungsverhalten und -wissen bei Querschnittgelähmten anders als bei Nichtgelähmten und hat es evtl. Einfluss auf den Ruheumsatz?
4. Können andere Einflüsse auf den Ruheumsatz festgestellt werden?

Zusammengefasst soll die Studie, die dieser Arbeit zugrunde liegt, untersuchen, welche Einflüsse in welchem Ausmaß auf den Energieumsatz bei QSL wirken. Hieraus sollen adäquate Ernährungsinformationen und Verhaltensratschläge für diese Personengruppe abgeleitet werden, die die ermittelten Defizite kompensieren.

## **1.3 Gliederung**

Im 2. Kapitel werden die theoretischen Grundlagen dargelegt, die zum Verständnis der Themen „Querschnittlähmung“ und „Energiestoffwechsel“ notwendig sind. Außerdem werden die in der Arbeit verwendeten Verfahren erläutert. Im 3. Kapitel wird dann der Auswahlprozess für ein bestimmtes Vorgehen dargestellt, sowie die ausgewählte Vorgehensweise beschrieben. In Kapitel 4. werden die Ergebnisse

der Studie dargestellt und diese im 5. Kapitel hinsichtlich der Fragestellungen diskutiert. Im 6. Kapitel werden schließlich theoretischer Hintergrund der Problemstellung, Methodik und Ergebnisse der Arbeit noch einmal zusammengefasst und abschließend bewertet. Außerdem wird ein Ausblick auf mögliche zukünftige Verfahrensweisen zur besseren Beurteilung der Ernährung Querschnittgelähmter gegeben.

## **2 Grundlagen und Verfahrenstechniken**

### **2.1 Biologisch-medizinische Grundlagen zur Querschnittlähmung**

#### **2.1.1 Das Nervensystem des Menschen**

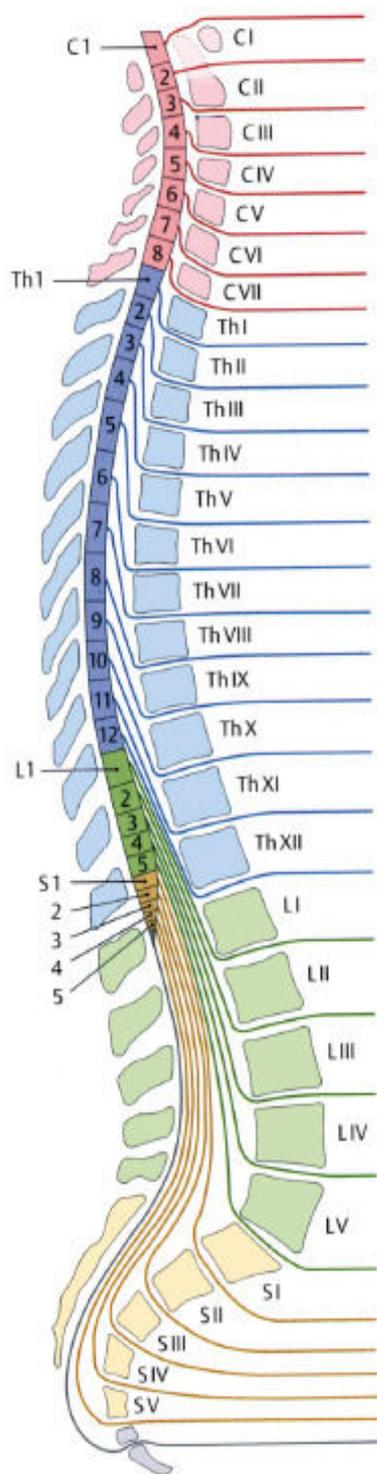
Das menschliche Nervensystem (NS) besteht aus einem zentralen, einem peripheren und einem vegetativen Teil. Das gesamte System dient dem Empfangen, Verarbeiten, Vernetzen, Speichern und Senden von Informationen. Der zentrale Teil des Nervensystems (ZNS) besteht aus dem Hirn und dem Rückenmark (RM). Das Rückenmark kontrolliert einerseits selbständig vitale Körperfunktionen wie z. B. Gehen, Stehen, Blasen- und Darmtätigkeit und ist andererseits die Hauptkommunikationsbahn zwischen dem Hirn und dem peripheren Nervensystem, das sich bis in alle Teile des Körpers verzweigt und die Erfolgsorgane ansteuert.

Durch seine Lage im sogenannten Spinalkanal in der Wirbelsäule<sup>1</sup> ist der empfindliche 5-10 mm dicke Rückenmarksstrang gut geschützt. Er beginnt etwa in Höhe des ersten Halswirbels und endet conusförmig bereits in Höhe des ersten Lendenwirbels, da das RM mit 40-45 cm deutlich kürzer ist als die Wirbelsäule. Ab dieser Höhe entspringen deshalb bereits die großen Nervenstämmen, also das periphere Nervensystem.

Aufgebaut ist das Rückenmark in Segmenten, die entsprechend den Wirbelsäulenabschnitten, in denen sie liegen benannt sind. Da es aber kürzer ist, als die Wirbelsäule, verschiebt sich die Zuordnung von Segmenten zu Wirbelkörpern kaudal (abwärts liegend) zunehmend.

---

<sup>1</sup> spinal = zur Wirbelsäule / zum RM gehörend



Halsmarksegmente: cervikal (C 1-8)

Brustmarksegmente: thorakal (TH 1-12)

Kreuzbeinsegmente: lumbal (L 1-5)

Steißbeinsegmente: sakral (S 1-5)

Aus den Segmenten entspringen die Fasern für je ein Spinalnervenpaar, das die Befehlsimpulse (z .B. Mobilität) zur Peripherie leitet und die peripheren Wahrnehmungsimpulse (Raum, Lage, Temperatur, Schmerz etc.) zum Hirn zurückleitet.

„Die einzelnen Segmente spielen in diesen physiologischen Abläufen eine wichtige Rolle, da sie eine Schaltstelle sind, die durchaus Anteile der Mobilitätsaufträge und der Rückmeldungen beeinflussen können. Sie unterliegen aber grundsätzlich der Kontrolle der Hirnzentren“ (Exner, Richarz 2010, S. 97).

Der dritte Teil des menschlichen Nervensystems, das vegetative NS, regelt die Funktion der inneren Organe, die nicht willentlich beeinflussbar sind wie z. B. Herzschlag, Blutdruck, Atmung sowie Blasen- und Darmfunktion. Daher wird es auch als autonomes Nervensystem bezeichnet. Es besteht aus dem Parasympathikus, dem Sympathikus und dem vegetativen Nervensystem des Magen-Darmtrakts. Autonome Funktionsstörungen können z. B. zu starkem Blutdruckabfall (Hypotonie), Osteoporose, Dyslipidämie und gestörter Glukosetoleranz führen (Zäch 2006, S. 109).

Abb. 1: Lage der Rückenmarksegmente

Quelle: Schünke et. al.2007, S. 80

### 2.1.2 Die Querschnittlähmung

Die Querschnittlähmung ist eine Schädigung des Rückenmarks. Sie durchquert den Körper entsprechend der Innervierung, die von dem geschädigten Segment ausgeht. Sie wird bezeichnet mit dem letzten funktionstüchtigen Segment. Querschnittlähmung unterhalb C 7 bedeutet z. B., dass Motorik, Sensorik und die autonomen Funktionen, deren Innervierung unterhalb C 7 entspringt, ausgefallen sind. Alle Halsmarkgelähmten werden Tetraplegiker genannt, weil der Rumpf und alle vier Extremitäten betroffen sind. Paraplegiker haben nur Ausfälle an den unteren Extremitäten und teilweise auch am Rumpf. Genauer ist in jedem Fall die Bezeichnung nach der Höhe des letzten intakten Segments, also z. B. C 6 oder TH 10.

Wenn das Rückenmark ab der bezeichneten Höhe vollständig geschädigt ist, spricht man von einer kompletten Lähmung. Sind Nervenbahnen noch teilweise erhalten oder regeneriert, handelt es sich um eine sogenannte inkomplette Querschnittlähmung, bei der bessere Heilungschancen bestehen. Dies betrifft heutzutage 60% aller Querschnittgelähmten.

Auch nach optimaler Rehabilitation bleiben von einer Querschnittlähmung Restdefizite, die lebenslang Komplikationsgefahren mit sich bringen. Allein durch Sensibilitätsverlust im Gesäßbereich und an den Hüften entsteht die Gefahr von Druckgeschwüren (Dekubitus), insbesondere bei gleichzeitiger Fehlernährung. Diese kann sich in Unter- oder Mangelernährung, also dem Fehlen wichtiger Nährstoffe, Vitamine und Mineralien, genauso wie in Überernährung mit der Gefahr von Adipositas äußern. Letztere führt durch höheres auf der Haut lastendes Gewicht zu vermehrter Druckbelastung. Außerdem bergen ernährungsmitbedingte metabolische Störungen wie Diabetes mellitus ein erhöhtes Risiko.

Besondere Risiken birgt die spastische Lähmungsform, die durch Schädigung des ersten Abschnitts im Nervensystem<sup>2</sup> entsteht. Dadurch ist die Verbindung vom Hirn zu den Reflexen gestört und die hemmenden und dämpfenden Einflüsse auf die spinale Motorik bleiben aus. Die Spastik wird im Bereich der oberen Rückenmarksegmente – cervikal oder thorakal- erzeugt und tritt deshalb in der Regel bei hohen thorakalen und allen cervikalen Rückenmarksschädigungen auf. Individuelle Unterschiede in Form und Intensität sind aber groß.

---

<sup>2</sup> Oberes Motoneuron

„Spastik definiert sich durch mehrere typische Zeichen:

1. der Muskel hat einen hohen Tonus, der passiv nur schwer zu überwinden ist.
2. Die Reflexe sind stark gesteigert, sie münden oft in den Clonus (Muskelzittern), der sogar unermüdbar sein kann. Dieser kann auch spontan entstehen.
3. Verschiedenste Reize aus der Peripherie, aber auch aus dem Vegetativen NS können die Spastik erzeugen (Kälte/Hitze, Fehllage, passive Muskeldehnung, Blaseninfekte)“ (Exner, Richarz, 2010, S. 98).

Alle diese Aspekte haben natürlich auch Einfluss auf den Energieverbrauch, und zwar auf den unwillkürlichen. Durch ein lange anhaltendes Muskelzittern können auch die eigentlich nicht innervierten Muskeln zum Energieverbrauch beitragen, auf der anderen Seite kann es aber auch zu Steifheit der Muskulatur kommen, wenn ihr Tonus nicht überwunden und sie deshalb nicht mehr eingesetzt werden kann. Die Folge ist eine Atrophie.

Im Gegensatz zur spastischen Lähmungsform betrifft die schlaffe Lähmungsform die zweite neuronale Ebene des ZNS, die unteren Höhen, also den Bereich, wo bereits der periphere Anteil überwiegt. Hier droht allerdings der atrophisch bedingte Weichteilverlust mit möglicher Entstehung von Druckgeschwüren.

Die Höhenlokalisierung oder Klassifikation einer Querschnittlähmung wird weitgehend ohne röntgenologische oder andere apparative Untersuchungen in erster Linie durch Prüfung von Muskelfunktionen und Sensibilität vorgenommen.

Als Grundlage dienen dabei Muskelfunktionsbögen, die von nationalen und internationalen Fachgesellschaften entwickelt wurden. Es werden Kennmuskeln getestet, deren Innervation jeweils bestimmten Rückenmarkssegmenten zuzuordnen sind. Allgemein wird die Standardklassifizierung der American Spinal Injury Association ASIA angewendet.

Ermittelt wird das letzte funktionstüchtige Segment. Die Diagnose könnte z. B. heißen: Querschnittlähmung unterhalb C 7 (Zäch 2006, S. 21 f).

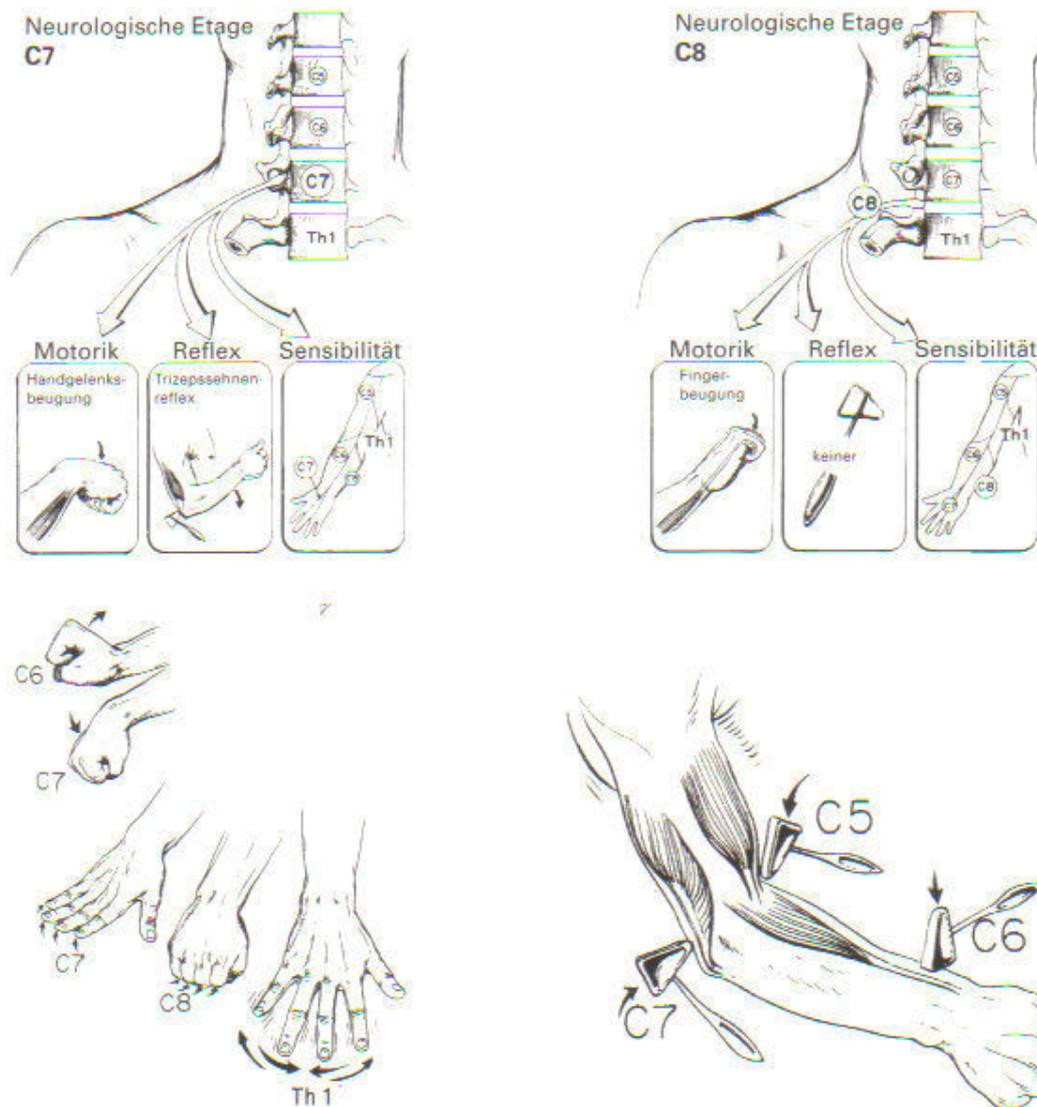


Abb. 2: Innervation der Hand

Quelle: Zäch, 2007, S. 23

Für den Halsmarksbereich und das oberste thorakale Segment sind z. B. folgende Funktionen ab dem entsprechenden Segment zu erwarten:

Ab C 4 hat der Betroffene eine eigene Zwerchfellatmung. C 5 bedeutet, dass dieser Mensch sein Ellenbogengelenk beugen und daher einen mechanischen Rollstuhl antreiben kann. C 6 bedeutet: Streckung des Handgelenks, und daher ist das Erlernen sekundärer Greifformen möglich. C 7 bringt die Streckung im Ellenbogengelenk und damit eine Verbesserung des selbständigen Transfers. Ab C 8 ist die Fingerbeugung möglich und ab TH 1 das Abspreizen der Finger (Zäch 2006, S. 23). (s. Abb. 2)

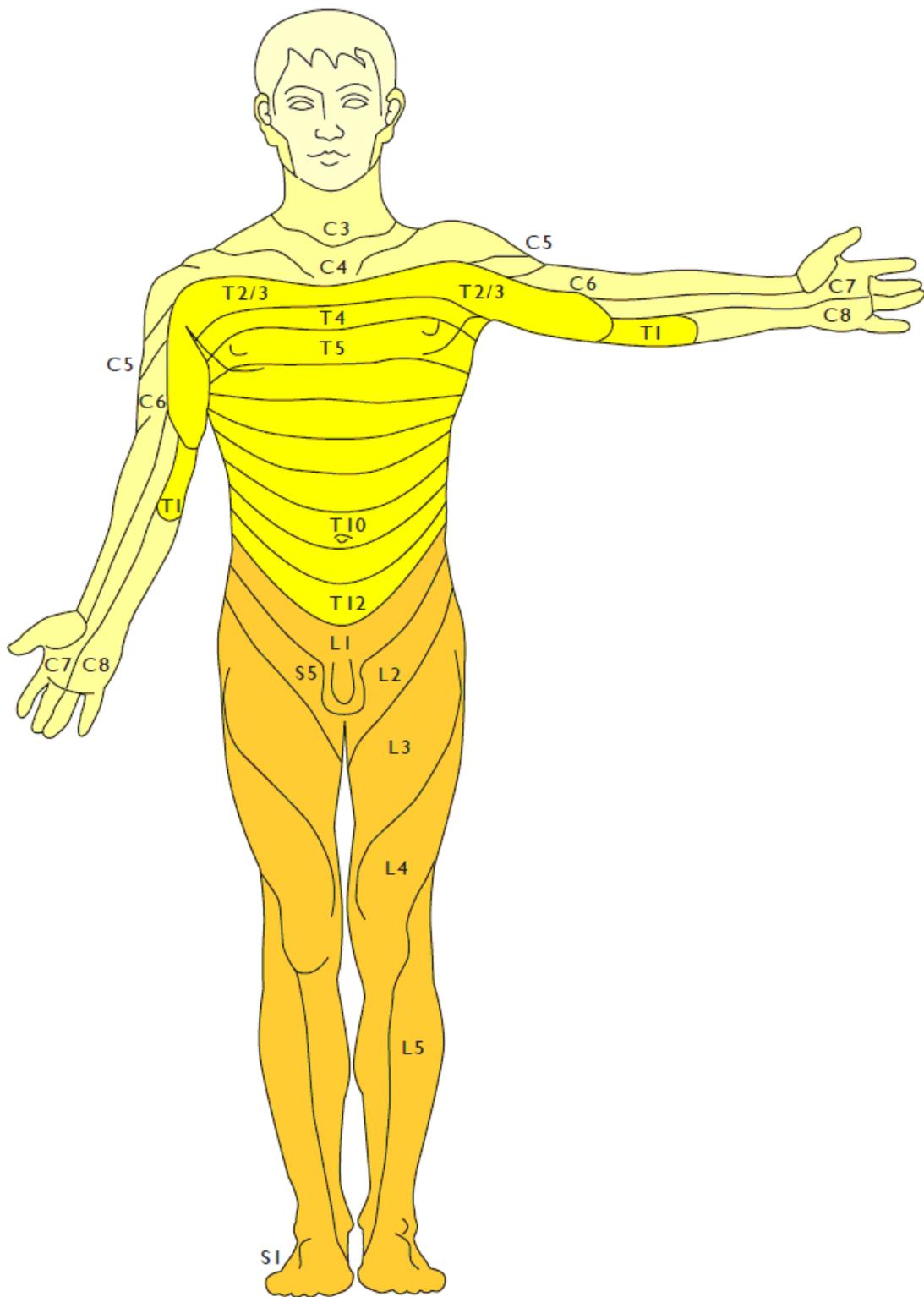


Abb. 3: Segmente

Quelle: Deutscher Rollstuhlsportverband 2006, S. 6

Auch der Kraftgrad der untersuchten Kennmuskeln wird bei der Muskelfunktionsprüfung ermittelt und auf einer Skala von 0 für eine komplette Lähmung bis 5 für eine aktive Bewegung in vollem Bewegungsumfang gegen kräftigen Widerstand klassifiziert.

„Grundsätzlich kann gesagt werden, dass der gesunde Querschnittgelähmte in hohem Maße trainierbar und leistungsfähig ist, immer in Abhängigkeit von seiner Lähmungshöhe“(Exner, Richarz 2010, S. 102).

## **2.2 Energieverbrauch**

Der Ruheumsatz oder Ruheenergieverbrauch bezeichnet den Energiebedarf eines Menschen in völliger körperlicher Ruhe und nüchtern zur Aufrechterhaltung der vitalen Funktionen des Körpers. Zu den vitalen Funktionen gehören Atmung, Herzschlag und Kreislauf, Verdauung, Gehirnfunktion, Nierentätigkeit sowie die Stoffwechselforgänge in Leber und Muskulatur. Der Ruheenergieverbrauch (engl. REE= resting energy expenditure) wird im Liegen nach 10-12-stündiger Nahrungskarenz in thermoneutraler Umgebung von 27-32°C bestimmt. „Der REE ersetzt heute den sog. Grundumsatz. Der REE ist die realistischere Kenngröße, da die ursprünglich für die Messung des Grundumsatzes vorgeschriebenen Messbedingungen in der Praxis tatsächlich nicht eingehalten werden können“ (Müller 2007, S.79).

Über die Abgrenzung von Grund- und Ruheumsatz gibt es in der Literatur immer noch unterschiedliche Auffassungen. So bemerkt Kroidl zwar die synonyme Verwendung beider Begriffe, definiert für die Grundumsatzbedingungen aber eine 12-stündige Nahrungskarenz und eine mindestens 2-stündige körperliche Ruhe vor der Messung, wohingegen er für die Messung des Ruheumsatzes nur eine 3-4-stündige Nahrungskarenz fordert und körperliche Arbeit nur unmittelbar vor dem Test ausschließt (Kroidl et al. 2010, S.216). Manore und Thompson beschreiben eine bis zu 10%-ige Abweichung des Ruheumsatzes vom Grundumsatz, die auch durch unterschiedliche Messvoraussetzungen verursacht wird (Manore, Thompson, 2009, S.141). Die Definitionsunterschiede sind von Bedeutung, da in der Literatur oft derselbe Begriff von verschiedenen Autoren gebraucht wird, aber nicht das dasselbe gemeint ist. Die vorliegende Arbeit wird sich im Folgenden an der Definition von Müller orientieren.

Eine Formel zur Vorhersage des Grundumsatzes wurde von Harris und Benedict bereits 1918 anhand von empirischen Messungen in großen Populationen entwickelt. In die Berechnung gehen Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht der untersuchten Person ein (Harris, Benedict, 1918). Wegen ihrer guten Vorhersagequalität ist die Harris-Benedict-Formel auch heute noch weit verbreitet und dient in dieser Arbeit als Vergleichsgrundlage zu den gemessenen Werten.

Der Energieverbrauch ist neben Alter, Geschlecht, Körpergröße, Gewicht und genetischen Faktoren auch wesentlich von der fettfreien Masse des Körpers (FFM) abhängig. Die FFM besteht zur Hälfte aus Skelettmuskulatur und metabolisch aktiven (stoffwechselwirksamen) Organen und zur anderen Hälfte aus Knochenmasse, extrazellulärer Flüssigkeit und Plasmavolumen, die metabolisch unbedeutsam sind. Der Energieverbrauch der Muskulatur, die 44% der FFM ausmacht, beträgt 22% des REE, wohingegen die deutlich stoffwechselaktiveren anderen Organe wie Herz, Niere, Gehirn etc. zusammen 60-70% des REE verursachen. Ihr Gewicht macht aber nur 6% der fettfreien Masse aus. Ihre relative Bedeutung für den Energieverbrauch ist deshalb bei geringem Körpergewicht und geringer fettfreier Masse natürlich höher als bei hohem Körpergewicht und einer hohen FFM (Müller 2007, S.84 und Speckmann et al. 2008, S. 592-593). Die Masse der stoffwechselaktiven Organe ist auch bei zunehmendem Körpergewicht nicht sehr variabel, die der Skelettmuskulatur hingegen schon.

## **2.3 Indirekte Kalorimetrie**

### **2.3.1 Grundlagen**

Früher wurde der Energieverbrauch in Ruhe mithilfe der von Lavoisier 1780 beschriebenen direkten Kalorimetrie ermittelt. Hierbei wird die Wärmeabgabe des Organismus in einem thermisch isolierten Raum ermittelt und somit der Energieumsatz bestimmt. Heutzutage wird die praktikablere indirekte Kalorimetrie eingesetzt, die sich auf die Bestimmung des aufgenommenen Sauerstoffs stützt. Da zur Verwertung bzw. Verbrennung der aufgenommenen Nahrung eine bestimmte Menge Sauerstoff benötigt wird, lässt sich anhand des verbrauchten Sauerstoffs erkennen, wie viel Energie freigesetzt wurde. Bei einer durchschnittlichen europäi-

schen Mischkost geht man davon aus, dass aus einem Liter Sauerstoff 20 kJ Energie gewonnen werden (Schmidt et al. 2005, S. 889).

Zur Berechnung des Energieumsatzes  $W$  aus dem Volumen  $V$  des Sauerstoffs gilt folgende Formel:

$$W[\text{kJ}] = V(\text{O}_2)[\text{l}] \cdot 20 \text{ kJ/l}$$

„Dabei wird vernachlässigt, dass die Energiegewinnung pro  $\text{O}_2$ -Verbrauch bei Verbrennung von Kohlenhydraten, Eiweiß und Fetten nicht identisch ist [...]. Genauere Werte erhält man, wenn man zunächst ermittelt, welche Nahrungssubstrate verbrannt wurden, wobei die renale [über die Niere; d.Verf.] Stickstoffausscheidung ein Maß für den Eiweißabbau und der respiratorische Quotient (RQ) ein Maß für die relative Fett- und Kohlenhydratverbrennung sind“ (Lang, 2000, S. 312f.). Die renale Stickstoffausscheidung kann allerdings nur ermittelt werden, wenn der während der Messung angefallene Harn untersucht und die Harnstoffausscheidung gemessen wird.

### **2.3.2 Respiratorischer Quotient und Bedeutung für die Qualität der Messung**

Der Respiratorische Quotient ergibt sich aus der Relation der bei der Nährstoffoxidation gebildeten Menge Kohlendioxid zur aufgenommenen Sauerstoffmenge. Bei der Oxidation von Kohlenhydraten werden genauso viele Sauerstoffmoleküle aufgenommen wie Kohlendioxidmoleküle entstehen. Der RQ beträgt deshalb 1,0. Bei der Fettverbrennung müssen mehr Sauerstoffmoleküle aufgenommen werden, als Kohlendioxidmoleküle entstehen. Hier beträgt der RQ 0,7. Der RQ für die Eiweißverbrennung liegt mit 0,81 dazwischen (Geiss und Hamm 2004, S.18f.) Der RQ kann auch Hinweise auf etwaige Stoffwechselungleichgewichte geben. So kann der RQ über 1,0 steigen, wenn der Körper aus aufgenommenen Kohlenhydraten Fett bildet, oder bei Hyperventilation vermehrt  $\text{CO}_2$  abgeatmet wird. Umgekehrt kann der RQ Werte unter 0,7 annehmen, wenn Alkohol (mit einem RQ von 0,67) oxidiert wird, oder wenn im Rahmen einer Ketogenese (unvollständige Fettverbrennung) zwar Sauerstoff für die Fettverbrennung aufgenommen wird, aber kein Kohlendioxid entsteht. Letzteres trifft allerdings nur zu, wenn es zu einer Retention oder Ausscheidung der gebildeten Ketonkörper gekommen ist. War dies nicht der Fall, und die Ketonkörper wurden zu  $\text{CO}_2$  und Wasser oxidiert “then the

RQ for the complete transformation of fatty acid  $\rightarrow$  KB  $\rightarrow$   $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  is the same as for the complete oxidation of the fatty acid precursor. [...] For RQ's less than 0,7 the error in using these formulae [for calculating energy expenditure and substrate utilization; d.Verf.] increases since it is not possible to quantitate the amount of gluconeogenesis or ketone body excretion" (Acheson. In: Kleinberger, Steyr (Hrsg.) 1986, S.17f.).

Der RQ gibt aber Hinweise auf

- die Ernährung am Vortag
- eine evtl. erschöpfende Belastung am Vortag
- den Zustand der Glykogenspeicher und
- die Ventilation (Hypo- und Hyperventilation) (Kroidl 2010, S.106)

### **2.3.3 Durchführung der Messung**

Die Messung des Ruheumsatzes wird am nüchternen, liegenden Probanden über mind. 30 Minuten durchgeführt (Kroidl 2010, S. 216). Hierzu wird der Versuchsperson eine Haube oder eine Mund- und Nasenmaske aufgesetzt, die an den Seiten luftdicht abschließt und nur eine Öffnung hat, durch die die Luft abwechselnd ein- und austritt. Das Volumen wird dann über einen eingesetzten Sensor, durch den die Luft strömt, gemessen. Die Ein- und Ausatemluft wird abgesaugt und ihre Zusammensetzung analysiert. Es ist wichtig, dass der Proband während der gesamten Messung entspannt und gleichmäßig atmet, sich nicht bewegt und nicht gestört wird, da sonst der Energieverbrauch steigen könnte. Gerade die ersten Minuten der Messung sind deshalb meistens nicht verwertbar; der Proband muss sich erst auf die veränderte ungewohnte Situation beim Atmen einstellen. Er sollte aber nicht einschlafen, da sonst der niedrigere Schlaf- und nicht der Ruheumsatz gemessen wird.

Voraussetzung für eine valide Messung ist, dass keine zeitweise erhöhenden oder senkenden Faktoren auf den aktuellen Energieverbrauch einwirken. Erhöhend wirken akute Entzündungsprozesse im Körper, in einem vorübergehenden Zeitraum eingenommene umsatzsteigernden Medikamente wie z. B. das Katecholamin Dobutamin oder starkes Asthma, das die Atmung durch die Maske erschwert. Betablocker oder Muskelrelaxantien hingegen senken den aktuellen Energieumsatz.

### **3 Methodik/ Entwurf**

#### **3.1 Auswahl der Erhebungsverfahren**

Um den tatsächlichen Einfluss der physiologischen Veränderungen bei QSL auf den Energiebedarf ermitteln zu können, sind verschiedene Verfahren denkbar. Da nach der Lähmung von einer mehr oder weniger deutlichen Reduktion der Muskelmasse - welche ja zumindest für 22% des REE verantwortlich ist (s. Kap. 2.2) - ausgegangen wird, wäre eine Erfassung der Körperzusammensetzung bzw. der tatsächlich vorhandenen Muskelmasse sinnvoll. So ließe sich relativ leicht feststellen, wie sich die Lähmungshöhe, Vorhandensein und Nutzung von Restfunktionen, sportliche Aktivität etc. genau auf die Muskelmasse auswirken.

Das einfachste Verfahren hierfür, die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA), die unterschiedliche elektrische Widerstände in verschiedenen Körpergeweben erfasst, ist allerdings bei Querschnittgelähmten nicht anwendbar. Die Hauptwiderstände bei dieser Messung werden von Armen und Beinen geleistet, die bei QSL aber meist sehr unterschiedlich innerviert und bemuskelt sind. Die Logarithmen, auf denen die Auswertung der BIA aufbaut, sind auf eine gegenüber Nichtgelähmten so grundsätzlich andere Körperzusammensetzung nicht übertragbar.

Auch die Verfahren der Densitometrie, die die Körperdichte erfassen, sind für Querschnittgelähmte problematisch, weil sie sehr aufwendig sind. Die Hydrodensitometrie (Unterwasserwaage) ist für viele rein funktionell gar nicht durchführbar und die Air-Displacement-Plethysmographie im sog. Bod Pod- Gerät, das es bundesweit nur 3 Mal gibt, ist sehr teuer und körperlich zu belastend. Hier kommt noch hinzu, dass die Schwankungen der Dichte der fettfreien Masse und der Knochen nicht berücksichtigt werden. Bei der Dual- Energy X-ray Absorptiometry (DXA) werden Photonen zweier verschiedener Energien von einer Röntgenröhre mit hoher Geschwindigkeit durchs Gewebe geleitet. Da die Röntgenstrahlung beim Durchdringen der Gewebe unterschiedlich viel Energie verliert, kann auf die Art des betreffenden Gewebes geschlossen werden. Hierbei können Fettmasse, Knochenmasse und die fettfreie Masse ohne Knochen mit einer hohen Präzision bestimmt werden. (Müller 2007, S.40 f.). Für Querschnittgelähmte scheint dieses Verfahren das praktikabelste zu sein. "DXA has been shown one of the most feasible, valid and reliable measures of body composition in people with disabilities" (Liusuwan et al. 2007, S.106). DXA wurde bereits in zahlreichen Studien an Quer-

schnittgelähmten in den USA eingesetzt (Mojtahedi 2009, Liusuwan et al. 2007, McDonald et al. 2007).

Leider war aber auch die Durchführung dieser Messung für diese Studie nicht möglich, da kein entsprechendes Gerät zur Verfügung stand. Ein Verfahren zur Erfassung der Körperzusammensetzung, aus dem mittelbar auf den Energiebedarf geschlossen werden kann, konnte also nicht angewendet werden.

Um dennoch Aussagen über den Einfluss der physiologischen Veränderungen bei QSL auf den Energiebedarf treffen zu können, wurde der Ruhenergieverbrauch über die oben beschriebene indirekte Kalorimetrie bei Gelähmten und Nichtgelähmten ermittelt. Außerdem wurden mit Hilfe eines Fragebogens, den die Verfasserin für diese Studie entwickelt hat, indirekt Einflussfaktoren erfasst.

### **3.2 Vorgehensweise**

Um eine ausreichend große Stichprobe für die Untersuchungsgruppe von Querschnittgelähmten zu erhalten, wurde die Studie am Querschnittgelähmtenzentrum des Berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhauses (BUK) Hamburg durchgeführt. Die Messungen wurden jedoch nicht an Frischverletzten vorgenommen, da so keine für die Fragestellung aussagekräftigen Ergebnisse zu erwarten gewesen wären. Unmittelbar nach Eintritt der Rückenmarksverletzung steigt der Energieverbrauch zunächst an, sinkt dann mit länger andauernder Immobilität und Abbau der Muskelmasse stark ab, um bei einsetzender Rehabilitation und beginnendem Muskelaufbau wieder zu steigen (Zäch 2006, S.173). Bei Rekrutierung der Probanden für diese Studie wird von der Annahme ausgegangen, dass sich eine relativ konstante Muskelmasse und ein gleichbleibendes Ernährungs- und Bewegungsverhalten erst frühestens 1 Jahr nach Eintritt der Lähmung und erfolgter Entlassung in den „neuen“ häuslichen Alltag einstellt. Für die Messungen kommen deshalb nur Personen in Frage, die diese Kriterien erfüllen und sich nicht mehr in stationärer Erstrehabilitation befinden.

Im Querschnittzentrum des BUK – ebenso wie in anderen vergleichbaren Kliniken finden jedoch auch die sogenannten Urochecks statt, die aufgrund der in 2.1.2 beschriebenen urologischen Problematik bei QSL regelmäßig notwendig werden. Die einzelnen Untersuchungen des Urochecks werden über einen Zeitraum von 1-3 Tagen verteilt stationär durchgeführt. Daher können sich die Querschnittgelähm-

ten zwischendurch kurzzeitig als Probanden für eine Studie zur Verfügung stellen. Da gleiche Bedingungen für die Kontrollgruppe gelten sollten, wurde auch diese im Querschnittzentrum gemessen. Vor Beginn der Untersuchungen erhielt jeder Teilnehmer ein Informationsblatt über Zweck und Ablauf der Studie und musste eine Datenschutzerklärung unterzeichnen. Beide Dokumente finden sich im Anhang. Für jeden Probanden aus Untersuchungs- und Kontrollgruppe wurden dann zwei Datensätze erhoben:

### **3.2.1 Datensatz 1: Indirekte Kalorimetrie**

Die Verfasserin / Untersuchungsleiterin führte mit jedem Probanden einzeln eine indirekte Kalorimetrie durch. Dazu erschien der Proband (oder wurde mit Bett abgeholt) nüchtern, und ohne sich vorher besonders angestrengt zu haben, im Untersuchungsraum. Die Messung erfolgte in einer bequemen Position liegend bei angenehmer Temperatur. Lag der Proband nicht bereits, musste eine etwas längere Liegezeit vor Beginn der Messung eingehalten werden, damit der Stoffwechsel wieder zur Ruhe kam. Vor Beginn der Messung wurden die anthropometrischen Daten wie Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht erfragt und in der Metasoft-Software erfasst, die zum verwendeten Gerät Metalyzer 3B von Cortex Biophysics Leipzig gehört. Der Ablauf der Untersuchung wurde dem Probanden kurz erklärt und um eine normale nicht zu tiefe Atmung gebeten. Dann wurde ihm eine passende Atemmaske aufgesetzt, und der Nebenluft-freie feste Sitz überprüft. Anschließend mussten der Volumensensor und die Absaugstrecke eingesetzt werden. Der Proband bekam Kopfhörer aufgesetzt, über die störende Umgebungsgeräusche mit Antischall gedämmt werden sollten. Diese waren in einem Erdgeschossraum der Klinik mit Fenster zur Straße und Tür zum Gang am Morgen nicht vermeidbar. Zusätzlich wurde wahlweise Musik eingespielt und dann die Messung mit der Analyse der Atemgase wie unter 2.3.3 beschrieben, gestartet.

Die oben geforderte Messzeit von mind. 30 Minuten, die weder Rüst- noch „Transportzeiten“ beinhaltet, konnte aus organisatorischen Gründen nicht eingehalten werden. Es ist generell nicht möglich, die querschnittgelähmten Teilnehmer morgens und vor deren Frühstück für einen längeren Zeitraum aus dem Klinikablauf zu nehmen. Pflegerische Maßnahmen und die Untersuchungstermine in der Urologie, die zeitlich nur grob angesetzt sind und teilweise „auf Abruf“

bestehen, können nur begrenzt geplant und beeinflusst werden. Auch die Teilnehmer der Kontrollgruppe, die vor ihrem Arbeitsbeginn oder in den Pausen gemessen wurden, konnten nicht über einen längeren Zeitraum beansprucht werden. Insgesamt wurde deshalb ein Untersuchungszeitraum von 15-30 Minuten angesetzt, wobei die Untersuchungsleiterin die Messung beendete, wenn ausreichend gleichmäßig erscheinende Sauerstoffaufnahmen bzw. Kohlendioxidabgaben festgestellt werden konnten (sog. Steady State), und/oder sich die Messung mit fortschreitender Dauer offensichtlich nicht verbessern ließ. Für valide Messungen galten im Einzelnen folgende Kriterien:

- Atemfrequenz: 10- 20 Atemzüge / Minute
- Atemzugtiefe: 0,5- 1 Liter
- RQ  $\geq 0,69$  (RQ  $\geq 1$  wurden nicht gemessen)
- Mind. 13 Minuten Gesamtmesszeit
- Bei unter 15 Minuten Gesamtmesszeit mind. 4 Minuten Steady state
- Bei unter 20 Minuten mind. 3 Minuten Steady State
- Bei über 20 Minuten mind. 2 Minuten Steady State
- Online-Glättung<sup>3</sup>: 9-11 Atemzüge, in seltenen Fällen vom Untersuchungsleiter nach eigenem Ermessen auf 21 erhöht, wenn gleichmäßige Schwankungen ersichtlich waren und der Zeitraum repräsentativ für den Gesamtmesszeitraum stehen konnte

Auf der folgenden Seite ist beispielhaft die Messung eines Probanden aus der Untersuchungsgruppe dargestellt, die den o. g. Steady State Bedingungen entspricht. Als Vergleichsgröße für den Grundumsatz wurde softwarebedingt der Wert aus der Harris-Benedict-Formel +10% verwendet. Die Auswertung aller Messergebnisse bezieht sich aber wie zuvor beschrieben, auf die Harris-Benedict-Formel.

---

<sup>3</sup> Online- Glättung bezeichnet die Erfassung eines gleitenden Mittelwertes über mehrere Atemzüge. Ohne die Glättung müssten die Steady State Bedingungen immer weiter aufgeweicht werden, da kaum ein Atemzug dem anderen gleicht.

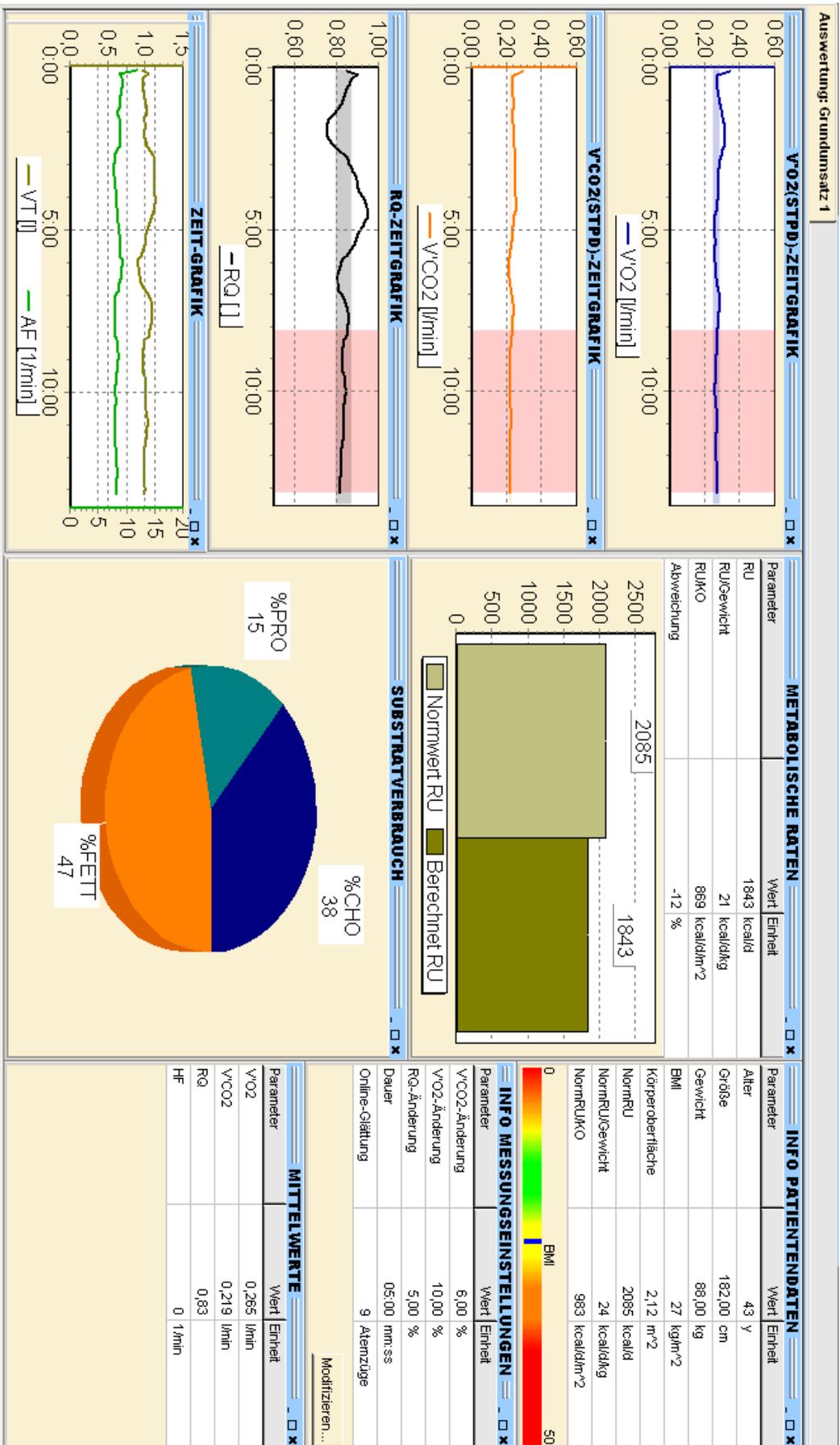


Abb. 4: Beispieldaten einer Messung

### 3.2.2 Datensatz 2: Fragebogen

Jeder Proband erhielt von der Untersuchungsleiterin persönlich einen 3-seitigen, doppelseitig bedruckten Fragebogen, der kurz erläutert wurde. In Ausnahmefällen, beispielsweise bei mangelnder Fingerfunktion oder schlechten Deutschkenntnissen half die Untersuchungsleiterin beim Ausfüllen, nahm dabei aber keinen Einfluss auf den Probanden.

Der Fragebogen besteht aus drei Teilen. Der erste, der Ernährungsteil, enthält einen verkürzter Food Frequency Questionnaire (FFQ), Fragen zu Ernährungsgewohnheiten und –wissen sowie zu evtl. Gewichtsproblemen. Im FFQ wird nach der durchschnittlichen Aufnahme verschiedener Lebensmittel gefragt, wobei der Proband jeweils 6 verschiedene Antwortmöglichkeiten für die Häufigkeit seines Verzehrs hat:

- Selten oder nie
- Mehrmals im Monat
- 1 Mal in der Woche
- Mehrmals in der Woche
- Täglich
- Mehrmals täglich

Bei den Fragen zu Ernährungsgewohnheiten werden die Häufigkeit der Selbstzubereitung bzw. –versorgung mit Essen erfragt sowie eventuelle andere Versorgungsarten erfasst.

Der Bewegungsteil enthält Fragen zu sportlichen Aktivitäten inkl. Intensität und Dauer und zur körperlichen Aktivität im Alltag - bei Querschnittgelähmten auch zu Rollstuhlnutzung, Lähmungshöhe und -dauer sowie Nutzung von Restfunktionen. Die Intensität der sportlichen Belastung soll von den Befragten auf einer vorher definierten Skala von 1 bis 5 angegeben werden. Die wöchentliche Belastungsdauer soll in 5 ebenfalls definierten Stufen von weniger als 1 Stunde bis mehr als 10 Stunden sportlicher Aktivität pro Woche eingeschätzt werden.

Von den Querschnittgelähmten soll die Nutzung evtl. Restfunktionen sowie eines vorhandenen Aktivrollstuhls ebenfalls auf einer definierten Skala von 1 bis 5 eingestuft werden. Die Lähmungshöhe wird durch Angabe der (des) betroffenen

Segmente(s) ohne Überprüfung erfasst, die Vollständigkeit der Lähmung durch Selbstauskunft ebenfalls ohne Überprüfung.

Außerdem gibt es allgemeine Fragen zu Bildungsabschluss, beruflicher Tätigkeit, Geschlecht und Alter.

Der Fragebogen für die querschnittgelähmten Probanden sowie der für die Kontrollgruppe finden sich im Anhang.

### **3.3 Überprüfung des Messverfahrens und Pretest des Fragebogens**

Vor Beginn der eigentlichen Erhebungen wurde eine Vorversion des Fragebogens an einer kleinen Gruppe von Querschnittgelähmten auf Verständlichkeit, Schlüssigkeit, Vollständigkeit und Dauer getestet. Da es schwierig war, eine höhere Anzahl Betroffener im Vorfeld der Studie zu erreichen, konnte nicht das genau gleiche Auswahlverfahren eingesetzt werden, sondern es wurde jeder zu einem Zeitpunkt im BUK zufällig anwesende Querschnittgelähmte, der den Einschlusskriterien (s. 3.4) entsprach (Schnell et al. 2005, S. 347) befragt. Nach Auswertung der Ergebnisse aus dem Test wurden kleine Veränderungen vorgenommen und der Fragebogen fertiggestellt.

Auch das Messgerät für die indirekte Kalorimetrie wurde vor Beginn der Studie in zahlreichen Probedurchgängen eingesetzt. Dabei wurden Material- bzw. Gerätefehler identifiziert und behoben, so dass spätere Messfehler minimiert werden konnten. Außerdem wurde an einem Probanden im Vorfeld eine Vergleichsmessung mit einem Gerät der ernährungswissenschaftlichen Fakultät an der Universität Kiel durchgeführt. Dieses Gerät der Firma Viasys arbeitet mit einer Atemhaube statt einer Mund- und Nasenmaske wie das in der Studie verwendete Gerät der Firma Cortex. Die Vergleichsmessung korrelierte sehr gut mit der Messung in der Studie, so dass davon ausgegangen wurde, dass auch die anderen Messungen valide sein würden, und die Verwendung der Maske die Atmung nicht besonders einschränkt.

### **3.4 Stichprobe**

Da der Untersuchungsort wie oben beschrieben mit dem BUK Hamburg feststand, richtete sich die Auswahl der Teilnehmer für die Studie in erster Linie danach, wer sich im angesetzten Zeitraum dort aufhielt.

Einschlusskriterien für die Gruppe der Querschnittgelähmten waren:

- beide Geschlechter
- Alter von 18 bis 70 Jahren
- Querschnittlähmung seit mind. 1 Jahr

Die Vergleichsgruppe bestand aus Nichtgelähmten mit ansonsten gleichen Kriterien. Ausschlusskriterien waren für beide Gruppen:

- Dekubitus
- akute Infektion
- schweres Asthma

In Untersuchungs- und Kontrollgruppe sollten jeweils 30-50 Probanden untersucht werden. Jeder in Frage kommende Proband wurde ausführlich persönlich über die Studie informiert und erhielt ein Merkblatt dazu. Die Teilnahme war freiwillig und musste bei den Querschnittgelähmten mit den übrigen Untersuchungsterminen koordiniert werden, weshalb einige Probanden ausfielen.

Teilnehmer der Kontrollgruppe waren vorwiegend Mitarbeiter des BUK sowie Auswärtige, die so ausgewählt wurden, dass sie die der Untersuchungsgruppe entsprechende Quote bezüglich Alter und Geschlecht erfüllten.

Es handelte sich also um eine eingeschränkt randomisierte, kontrollierte Studie mit einer Untersuchungs- und einer Kontrollgruppe unter experimentellen Bedingungen.

Nach Validitätsprüfung der Messungen konnten die Daten von je 40 Teilnehmern beider Gruppen für die Auswertung herangezogen werden. Die Datensätze von 12 Probanden mussten wegen Gerätefehlern oder Nichterfüllung der Messkriterien verworfen werden.

Laut Statistischem Bundesamt lebten Ende 2007 16.886 querschnittgelähmte Menschen mit einem gültigen Schwerbehindertenausweis in Deutschland. Davon waren 70% Männer und 30% Frauen (Statistisches Bundesamt 2009, S.154). Kliniken und Verbände, die sich mit der Versorgung der Betroffenen beschäftigen, kommen allerdings zu ganz anderen Zahlen. So ergeben die statistischen Erhebungen des „Arbeitskreises Querschnittlähmungen“ seit 1976 für das Jahr 2003 eine Inzidenz von 1832 Fällen und eine Steigerungsrate von 9,8% für die letzten 2

Jahre (Exner 2003, S. 150). Aktuell gehen Fachverbände von einer Gesamtzahl von 80.000 Betroffenen in Deutschland aus (Thietje 2010).

Die Untersuchungsgruppe setzt sich aus 29 Männern mit einem Durchschnittsalter von  $43,5 \pm 14,4$  Jahren und 11 Frauen mit einem Durchschnittsalter von  $38,1 \pm 10,5$  Jahren zusammen. Die Kontrollgruppe besteht aus 30 Männern mit einem Durchschnittsalter von  $39,7 \pm 13,2$  Jahren und 10 Frauen mit einem Durchschnittsalter von  $39,8 \pm 12,7$  Jahren. Der Altersunterschied zwischen Untersuchungs- und Kontrollgruppe ist nicht signifikant. Die anthropometrischen Daten und das Durchschnittsalter in beiden Gruppen sind in den folgenden Tabellen nicht nach Geschlecht spezifiziert aufgeführt.

	Alter	Gewicht	Größe	BMI
N	40	40	40	40
Mittelwert	42,03	81,83	1,80	25,25
Median	43	81,5	1,8	24,5
Standardabweichung	13,55	18,79	0,10	5,03

*Tab. 1: Anthropometrie QSL*

	Alter	Gewicht	Größe	BMI
N	40	40	40	40
Mittelwert	39,75	82,44	1,79	25,73
Median	39	81	1,79	24,85
Standardabweichung	12,90	13,51	0,10	4,51

*Tab. 2: Anthropometrie FG*

Bei den Querschnittgelähmten betreiben 29 Personen Sport (72,5%), in der Kontrollgruppe sind alle 40 Teilnehmer sportlich aktiv, also 100%.

Als höchsten Bildungsabschluss haben in der Untersuchungsgruppe 16 Personen maximal einen Hauptschulabschluss (40%), 8 haben einen Realschulabschluss (20%), 9 das Abitur bzw. die Fachhochschulreife (22,5%) und 7 Querschnittgelähmte ein abgeschlossenes Studium (17,5%).

Keiner der Fußgänger hat einen Hauptschulabschluss. 12 Personen haben einen Realschulabschluss (30%), 8 Abitur oder Fachhochschulreife (20%) und 20 Teilnehmer haben ein abgeschlossenes Studium (50%).

Von den 40 befragten Querschnittgelähmten arbeiten 18 oder sind ehrenamtlich tätig (45%), 22 arbeiten nicht (55%). 39 Fußgänger üben eine berufliche oder ehrenamtliche Tätigkeit aus (97,5%), eine Person tut dies nicht (2,5%).

Die starken Abweichungen in Untersuchungs- und Kontrollgruppe bzgl. Bildungsstand und beruflicher Tätigkeit sind z. T. begründet durch die Auswahl der Kontrollgruppe, die sich fast ausschließlich aus Mitarbeitern der Klinik und Studenten zusammensetzt.

Unter den Querschnittgelähmten sind 12 Raucher oder Gelegenheitsraucher (30%), 28 Personen sind Nichtraucher (70%). Bei den Fußgängern gibt es 9 Raucher bzw. Gelegenheitsraucher (22,5%) und 31 Nichtraucher (77,5%).

Bei den Querschnittgelähmten nutzen 33 Personen vorwiegend einen Aktivrollstuhl und 3 einen Elektrorollstuhl oder einen Aktivrollstuhl mit Restkraftantrieb. 4 haben so viele Restfunktionen, dass sie lediglich Gehhilfen oder einen Rollator zur Fortbewegung benötigen.

Die Lähmungshöhen liegen bei maximal C 2 und mindestens L1, wobei nicht festgestellt werden konnte, ab welchem Segment eine Lähmung jeweils komplett war. Alle Angaben über Läsionshöhe und Vollständigkeit der Lähmung wurden von den Probanden selbst gemacht. Nach diesen Angaben haben 22 Probanden (55%) eine komplette und 18 (45%) eine inkomplette Lähmungsform. 11 Probanden sind Tetraplegiker (27,5%) und 25 (62,5%) Paraplegiker. Diejenigen Probanden, die so viele Restfunktionen haben, dass sie sich zu Fuß fortbewegen können, werden unabhängig von ihrer Lähmungshöhe in einer eigenen Gruppe zusammengefasst. Diese besteht aus 4 Personen (10%).

Probanden, die ausschließlich oder teilweise einen Elektrorollstuhl nutzen, geben als Gründe dafür fehlende oder zu geringe Kraft, fehlende Restfunktion oder Bequemlichkeit bzw. Praktikabilität z. B. für längere Wege an.

Um für die spätere Auswertung die Datenfülle bzgl. der unterschiedlichen Lähmungshöhen zu reduzieren, wird eine Klassifikation der Probanden nach der Segmenthöhe der Lähmung unter funktionellen Gesichtspunkten durchgeführt. Die Zahl der Fälle für einzelne Segmente wäre für eine sinnvolle Auswertung sonst zu klein. Außerdem ist der Funktions- und damit auch der Muskelzuwachs von Segment zu Segment nicht überall gleichmäßig. „Ein Vergleich der Muskelinnervation durch das Rückenmark macht deutlich, dass die Funktionszunahme im Lenden-

markbereich größer ist, als im Brustmarkbereich“ (Strohkendl 1978, S.7). Für diese Arbeit wird folgende Einteilung der Segmente nach persönlicher Auskunft von Dr. Horst Strohkendl, Experte für funktionelle Klassifikation bei Querschnittgelähmten,<sup>4</sup> gewählt:

- I. C1- C4 (keine Innervation der Arme)
- II. C5- C6 (etwas Innervation der Arme)
- III. C7- T6 (gute bis sehr gute Innervation der Arme)
- IV. T7- T9 (schwache Innervation des Bauches)
- V. T10- L1 (gute Innervation des Bauches)
- VI. Querschnittgelähmte Fußgänger mit inkompletten Lähmungen im cervikalen oder thorakalen Bereich

### **3.5 Statistische Auswertung**

Im Wesentlichen werden Unterschiede im Ruheenergieverbrauch zwischen gelähmten und nicht gelähmten Probanden sowie die Abweichungen von der gängigen Formel zur Vorhersage des Ruheenergieverbrauchs, der Harris- Benedict-Formel untersucht. Andere signifikante Einflüsse auf den Energieumsatz als Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht werden in beiden Gruppen genauer charakterisiert.

Insbesondere wird die Bedeutung von Ernährung, Aktivität, Lähmungshöhe und Funktionen analysiert. Außerdem sollen die Relevanz von Ernährungswissen und Bildungsniveau sowie die Gründe für ein schlechteres Bewegungsverhalten erfasst werden.

Um festzustellen, ob es hinsichtlich eines Merkmals zwischen beiden Gruppen Unterschiede gibt, die auch auf die Grundgesamtheit übertragbar sind, wird der T-Test bei unabhängigen Stichproben eingesetzt. Dieser beschreibt die Mittelwerte in den jeweiligen Stichproben und eine evtl. Differenz. Er untersucht, ob letztere auch in der Grundgesamtheit wahrscheinlich ist und in welchem Konfidenzintervall sich die Abweichungen mit einer vorher angegebenen Wahrscheinlichkeit von z. B. 95% bewegen (Brosius 2008, S.229-234).

---

<sup>4</sup> Dr. Strohkendl ist Emeritus an der Humanwissenschaftlichen Fakultät, Department Bewegungserziehung und Bewegungstherapie in der Heilpädagogik an der Universität Köln

Mit der Korrelationsanalyse können Zusammenhänge zwischen zwei oder mehr Variablen untersucht werden, und es kann festgestellt werden, ob und wie stark sie miteinander korrelieren. Wird eine Korrelation gefunden, kann außerdem ermittelt werden, ob diese auch signifikant ist. Es ist allerdings zu beachten, dass auch bei einer starken Korrelation nicht zwingend auf eine Kausalität geschlossen werden kann. Zur Signifikanzprüfung wird die sogenannte Nullhypothese getestet, die aussagt, dass kein Zusammenhang zwischen den Variablen besteht. Anschließend kann man anhand des Signifikanzniveaus eines Korrelationskoeffizienten erkennen, mit welcher Irrtumswahrscheinlichkeit die Nullhypothese abgelehnt werden kann. Beträgt diese z. B. 0,0% kann die Nullhypothese abgelehnt und von einem signifikanten Zusammenhang ausgegangen werden (Backhaus et al. 2008, S. 333 f). Hierbei ist darauf zu achten, dass der standardmäßig eingesetzte Korrelationskoeffizient nach Pearson nur für intervallskalierte, metrische Variablen eingesetzt werden kann. Für die Untersuchung von lediglich rangskalierten Variablen muss auf die Koeffizienten Spearman's Rho oder Kendall's Tau zurückgegriffen werden.

Schließlich kann zur Feststellung des Einflusses mehrerer unabhängiger Variablen auf eine abhängige Variable eine Regressionsanalyse durchgeführt werden. Hierzu wird eine Regressionsfunktion geschätzt, die möglichst genau die abhängige Variable  $y$  durch eine Verknüpfung der unabhängigen Parameter darstellt. Die Güte der Funktion wird zunächst anhand des sogenannten Bestimmtheitsmaßes  $R^2$  gemessen. Die Basis hierfür bilden die Abweichungen zwischen tatsächlichen Werten für  $y$  und durch die Funktion geschätzten Werten.  $R^2$  ist umso größer, je besser die abhängige Variable  $y$  durch die Funktion erklärt wird, also je geringer die Abweichungen sind. Das Bestimmtheitsmaß ist eine normierte Größe, deren Wertebereich zwischen Null und Eins liegt. Im Extremfall, wenn alle Werte für  $y$  genau erklärt werden, ist es 1, im anderen Extremfall 0 (Backhaus et al. 2008, S. 67-76). Als Maß für die Wirkung jedes Parameters auf  $y$  wird je ein Regressionskoeffizient gebildet, der mit dem zugehörigen Parameter multipliziert in die Regressionsfunktion eingeht. Weiterhin wird meist eine Konstante ermittelt, die den Wert für die abhängige Variable angibt, bei dem die unabhängigen Variablen 0 sind. Sowohl für diese Konstante als auch für die unabhängigen Variablen wird wie oben beschrieben getestet, ob ihr Einfluss auf  $y$  signifikant, und damit wahr-

scheinlich auch in der Grundgesamtheit vorhanden ist. Schließlich wird mit der Varianzanalyse ANOVA<sup>5</sup> die Signifikanz des Gesamtmodells untersucht. „Der Signifikanzwert in dieser Tabelle bezieht sich auf die Frage, ob insgesamt ein Zusammenhang zwischen den erklärenden Variablen auf der einen und der abhängigen Variablen auf der anderen Seite besteht“ (Brose 2008, S. 267).

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ernährung

#### 4.1.1 Food Frequency Questionnaire und Ernährungsgewohnheiten

Durch einen Mittelwertvergleich der angegebenen Aufnahmegewohnheiten pro Lebensmittel werden Unterschiede zwischen Untersuchungs- und Kontrollgruppe analysiert und auf Signifikanz geprüft. Hierzu wird der T-Test bei unabhängigen Stichproben verwendet.

Die Mittelwerte für die Häufigkeit der durchschnittlichen Aufnahme unterscheiden sich bei zwei Nahrungsmitteln signifikant.

Gruppe		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Oliven- oder Rapsöl	Untersuchungsgruppe	38	1,87	1,417	,230
	Kontrollgruppe	40	2,80	1,043	,165

Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
							Untere	Obere
12,717	,001	-3,318	76	,001	-,93	,281	-1,491	-,372
		-3,293	67,815	,002	-,93	,283	-1,496	-,367

Tab. 3: T-Test Raps- und Olivenöl

Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1% ist ein Unterschied in der Aufnahme von Oliven- oder Rapsöl zwischen allen Querschnittgelähmten und Fußgängern, also auch in der Grundgesamtheit vorhanden. Mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit bewegen sich die Werte in dem Konfidenzintervall von -1,49 bis -0,37.

<sup>5</sup> analysis of variance

Gruppe		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Bier, Wein, sonstige alkoholische Getränke	Untersuchungsgruppe	40	1,13	1,223	,193
	Kontrollgruppe	40	1,98	1,121	,177

Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
							Untere	Obere
,059	,809	-3,240	78	,002	-,85	,262	-1,372	-,328
		-3,240	77,406	,002	-,85	,262	-1,372	-,328

Tab. 4: T-Test Bier, Wein und sonstige Alkoholika

Bei der Aufnahme von Bier, Wein und sonstigen Alkoholika ist ein Unterschied zwischen beiden Gruppen auch in der Grundgesamtheit mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,2% vorhanden. Mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit bewegen sich die Werte in dem Konfidenzintervall von -1,372 bis -0,328.

Bei allen anderen Produkten sind die Unterschiede zwischen beiden Gruppen nur gering und die jeweilige Wahrscheinlichkeit, dass es in der Grundgesamtheit keinen Unterschied gibt, ist groß ( $p > 0,05$ ). Zwei Beispiele:

Gruppe		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Gemüse (auch Salate, Hülsenfrüchte)	Untersuchungsgruppe	39	3,28	1,123	,180
	Kontrollgruppe	40	3,68	,656	,104
Obst	Untersuchungsgruppe	39	3,36	1,135	,182
	Kontrollgruppe	40	3,58	1,083	,171

Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
							Untere	Obere
4,753	,032	-1,905	77	,060	-,39	,206	-,804	,018
		-1,893	60,922	,063	-,39	,208	-,808	,022
,000	,982	-,865	77	,390	-,22	,250	-,713	,281
		-,865	76,599	,390	-,22	,250	-,713	,281

Tab. 5: T-Tests für Gemüse und für Obst

Beim Konsum von Gemüse kann zwar ein Unterschied zwischen beiden Gruppen von 0,39 ermittelt werden. Dieser ist allerdings mit einer knapp über der Signifi-

kanzgrenze von 5% liegenden Wahrscheinlichkeit von 6% nicht auf die Grundgesamtheit übertragbar.

Auch beim Konsum von Obst kann ein geringer Unterschied zwischen beiden Gruppen von 0,22 ermittelt werden. Dieser ist mit einer hohen Wahrscheinlichkeit von 39% nicht auf die Grundgesamtheit übertragbar.

Bei Betrachtung der durchschnittlichen Aufnahme bestimmter Nahrungsmittelgruppen gibt es in zwei Bereichen signifikante Unterschiede:

Gruppe		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Milchprodukte	Untersuchungsgruppe	40	1,8479	,89572	,14163
	Kontrollgruppe	40	2,3688	,77508	,12255

Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
							Untere	Obere
1,410	,239	-2,781	78	,007	-,5208	,18729	-,89369	-,14797
		-2,781	76,423	,007	-,5208	,18729	-,89381	-,14785

Tab. 6: T-Test Gruppe Milchprodukte

Bei den Milchprodukten ist eine Differenz in der Aufnahme mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,7% nicht in der Grundgesamtheit vorhanden. Mit 95%iger Wahrscheinlichkeit liegt sie dort zwischen -0,89 und -0,15.

Gruppe		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Getränke	Untersuchungsgruppe	40	1,7583	,54852	,08673
	Kontrollgruppe	40	2,0417	,51864	,08200

Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
							Untere	Obere
,336	,564	-2,374	78	,020	-,2833	,11936	-,52096	-,04571
		-2,374	77,757	,020	-,2833	,11936	-,52097	-,04570

Tab. 7: T-Test Gruppe Getränke

Bei den Getränken ist eine Differenz in der Aufnahme nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 2% nicht in der Grundgesamtheit vorhanden. Mit 95%iger Wahrscheinlichkeit liegt sie dort zwischen -0,52 und -0,05.

In allen übrigen 5 Lebensmittelgruppen sind die Unterschiede zwischen Querschnittgelähmten und Fußgängern nicht signifikant.

Die Frage nach der Häufigkeit der Selbstzubereitung frischer Mahlzeiten pro Tag wird von den beiden Gruppen folgendermaßen beantwortet:

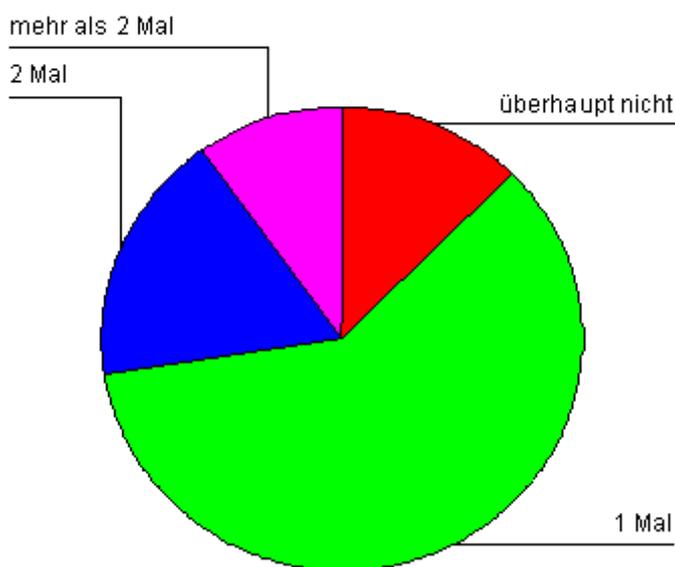


Abb. 5: Querschnittgelähmte - Häufigkeit selbst zubereiteter Mahlzeiten/Tag

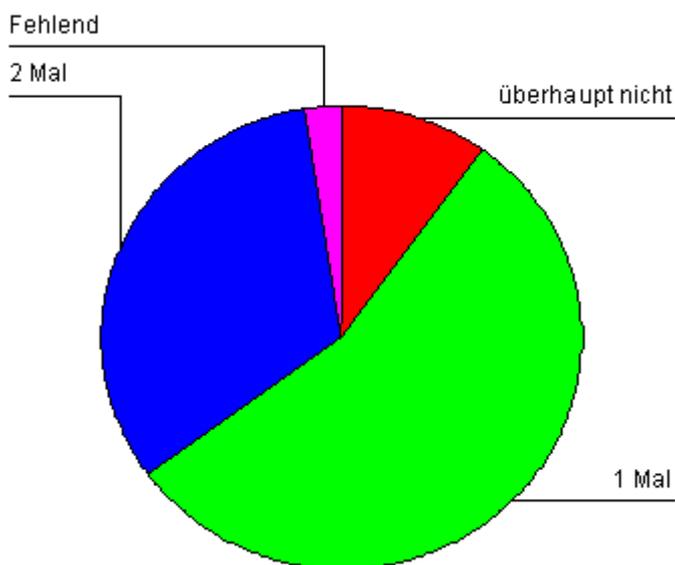


Abb. 6: Fußgänger - Häufigkeit selbst zubereiteter Mahlzeiten/Tag

		QSL	FG
N	Gültig	40	39
	Fehlend	0	1
Mittelwert		1,25	1,23
Median		1	1
Standardabweichung		0,81	0,63

Tab. 8: Häufigkeit der Selbstzubereitung frischer Mahlzeiten am Tag

Die sich daran anschließende Frage, wie die Probanden sich sonst über die Woche gesehen mit Essen versorgen, ist folgendem Diagramm zu entnehmen, wobei Mehrfachantworten möglich waren.

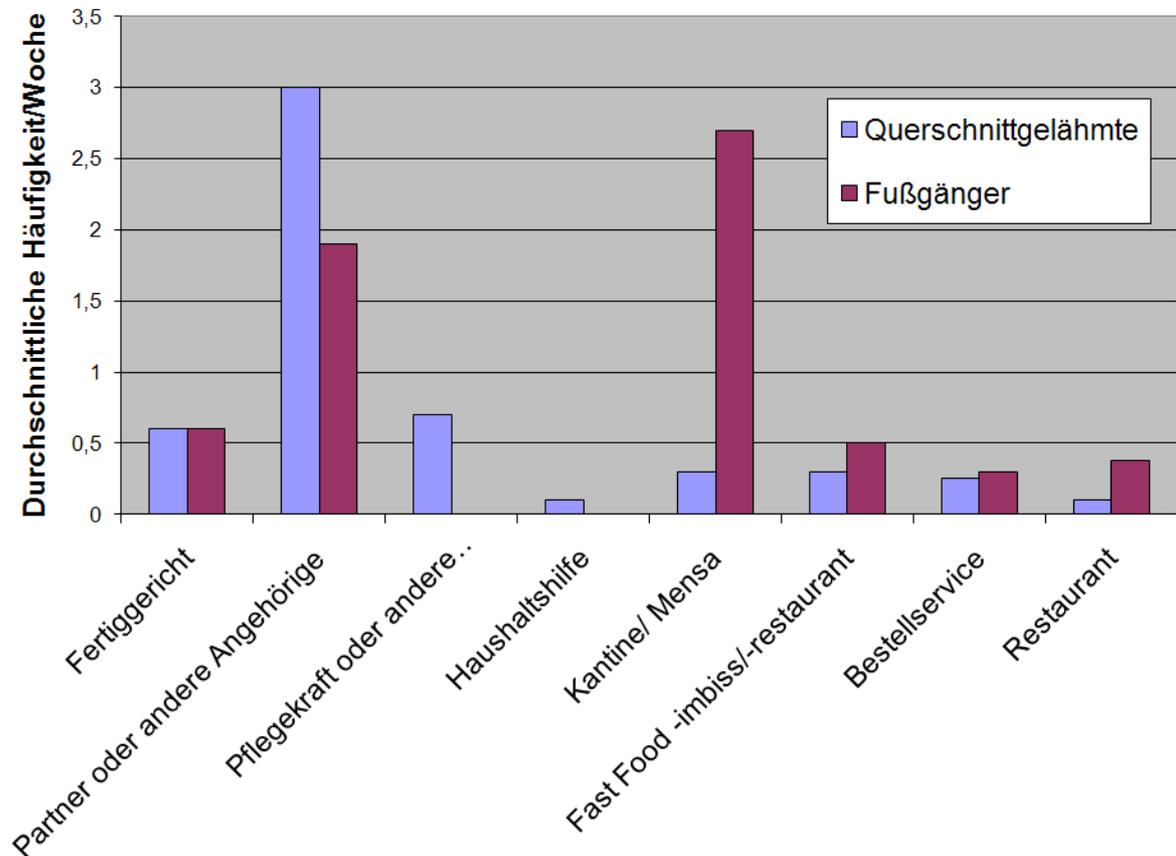


Abb. 7: Essensversorgung

#### 4.1.2 Selbsteinschätzung und Ernährungswissen

Ob die Probanden Gewichtsprobleme haben, und diese (bei QSL) ggf. schon vor der Lähmung bestanden, ist in folgenden Tabellen und Diagrammen dargestellt.

QSL	In %	Kumulierte %
Ja, schon vorher	17,5	17,5
Ja, erst nachher	35	52,5
Nein	47,5	100
Gesamt	100	

Tab. 9: Gewichtsprobleme QSL

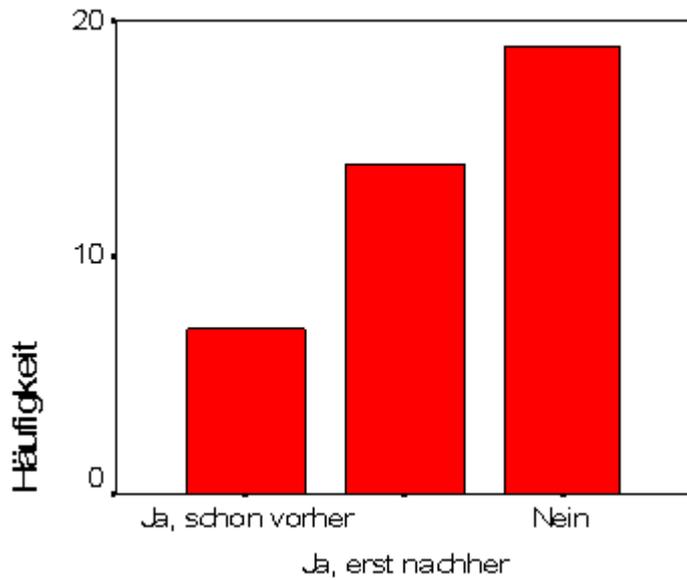


Abb. 8: Gewichtsprobleme QSL

Bei den Fußgängern entfällt die Angabe "ja, erst nachher", so dass es nur 2 Antwortmöglichkeiten gibt.

FG	In %	Kumulierte %
Ja, schon vorher	32,5	32,5
Nein	67,5	100
Gesamt	100	

Tab. 10: Gewichtsprobleme FG

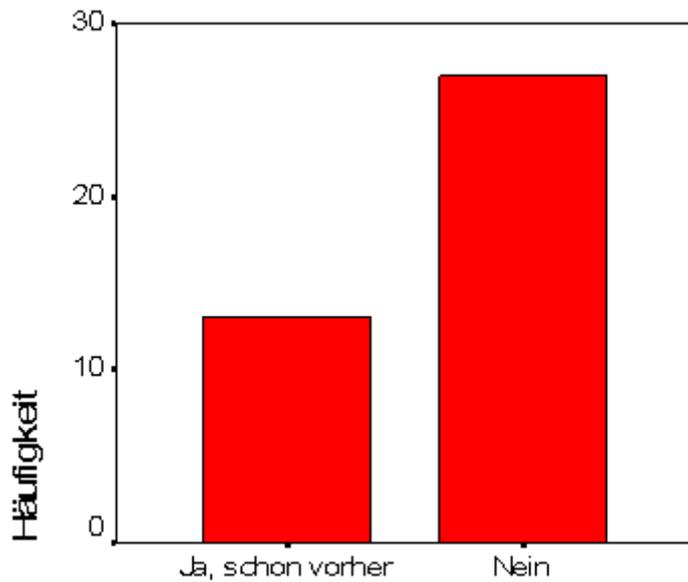


Abb. 9: Gewichtsprobleme FG

Die Einschätzung der Probanden, ob sie über ausreichend Informationen zur gesunden Ernährung verfügen, ist der folgenden Tabelle zu entnehmen:

	QSL		FG	
	Häufigkeit	In %	Häufigkeit	In %
Keine Antwort	0	0	1	2,5
Ja	29	72,5	34	85
Nein	11	27,5	5	12,5
Gesamt	40	100	40	100

Tab. 11: Ausreichende Informationen zur gesunden Ernährung

Die Frage, ob Informationen speziell zum Thema Ernährung bei QSL vorhanden sind, wurde naturgemäß nur den Betroffenen gestellt:

	Häufigkeit	In %
Ja	8	20
Nein	32	80
Gesamt	40	100

Tab. 12: Informationen zum Thema Ernährung bei QSL

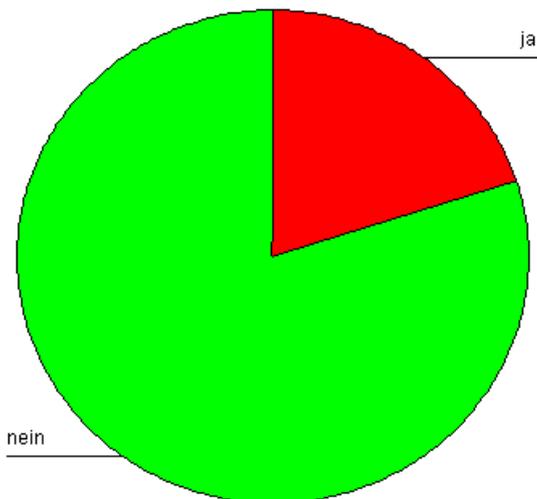


Abb. 10: Informationen zu Ernährung bei QSL

Im Rahmen dieser Frage konnte auch angegeben werden, über welche Themen die Betroffenen gerne mehr erfahren würden:

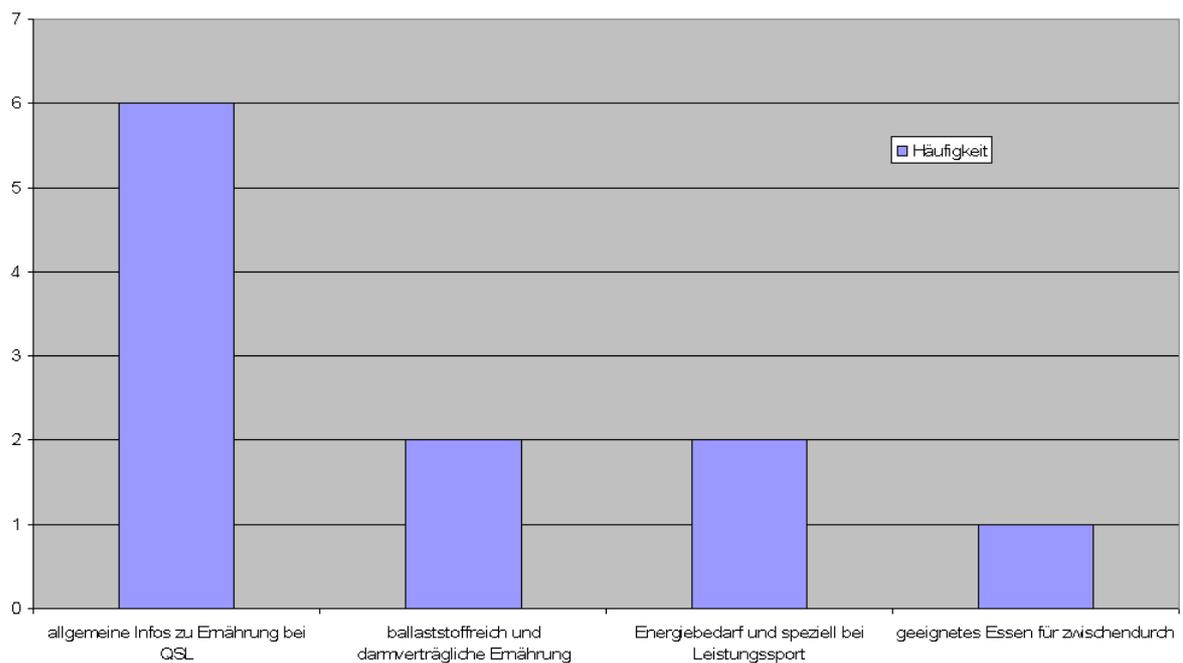


Abb. 11: Interesse an Informationen über spezielle Ernährungsthemen

Alle übrigen 29 Befragten äußerten kein besonderes Interesse an speziellen Ernährungsthemen.

## 4.2 Restfunktionen und Bewegungsverhalten

Die in der Stichprobenbeschreibung erwähnten inkomplett Gelähmten geben die Nutzung ihrer Restfunktionen auf einer Skala von 1–5 an. Die Einschätzung der Intensität der Rollstuhlnutzung wird von den Aktivrollstuhlfahrern auf einer eben- solche Skala gemacht.

Die sportliche Aktivität, nach der in beiden Gruppen gefragt ist, wird nach Intensi- tät und Dauer bemessen. Durchschnittliche Intensität und Gesamtdauer der sport- lichen Belastung werden ebenfalls auf je einer Skala von 1–5 erfasst, wobei die Stufen für die Dauer eine bestimmte Zeitspanne zwischen 0,5 und über 10 Stun- den pro Woche repräsentieren. Für eine Betrachtung der durchschnittlichen Belas- tungsdauer jedes Probanden werden die angegebenen Zeitspannen in Stunden umgerechnet. Ein Vergleich der Mittelwerte für die beiden genannten Parameter ist in dem folgenden T-Test dargestellt, wobei nur die Ergebnisse von Teilnehmern betrachtet werden, die sich überhaupt sportlich betätigen:

Gruppe		N	Mittelwert	Standardab- weichung	Standardfe- hler des Mittelwertes
Durchschnittl. Intensität	Untersuchungsgruppe	29	3,0228	1,05086	,19514
	Kontrollgruppe	40	3,2200	,83457	,13196
Dauer	Untersuchungsgruppe	29	6,310	5,6147	1,0426
	Kontrollgruppe	40	6,213	4,3351	,6854

Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehle- r der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
							Untere	Obere
1,487	,227	-,869	67	,388	-,1972	,22709	-,65051	,25602
		-,837	51,701	,406	-,1972	,23557	-,67001	,27553
2,002	,162	,082	67	,935	,098	1,1977	-2,2927	2,4884
		,078	50,642	,938	,098	1,2478	-2,4076	2,6033

Tab. 13: T-Tests für die Durchschnittliche Intensität und für die Dauer der sportl. Belastung

Bei der durchschnittlichen Intensität der sportlichen Belastung kann ein Unter- schied zwischen beiden Gruppen von 0,19 ermittelt werden. Mit einer deutlich ü- ber der Signifikanzgrenze von 5% liegenden Wahrscheinlichkeit von 40% kann allerdings nicht darauf geschlossen werden, dass dieser in der Grundgesamtheit auch vorhanden ist.

Der Vergleich der Dauer der sportlichen Belastung zeigt eine Differenz von 0,098, die mit einer Wahrscheinlichkeit von 94% ebenfalls nicht auf die Grundgesamtheit übertragbar ist.

Um ein Maß für die sportliche Aktivität insgesamt zu erhalten, wurde ein sog. Sportfaktor aus dem Produkt von Intensität und Dauer der Belastung gebildet. Hierfür gibt es zwar kein sportwissenschaftliches Modell, aber es ist die einzige Möglichkeit, die erfassten Faktoren gemeinsam zu berücksichtigen. Andere Einflüsse wie z. B. die Bedingungen, unter denen die Belastung durchgeführt wurde (Umgebungstemperatur) oder Voraussetzungen, die der Proband mitbrachte (körperliche Verfassung), konnten im Rahmen dieser Studie nicht berücksichtigt werden. Ein Vergleich der Sportfaktoren in Untersuchungs- und Kontrollgruppe ist in folgendem T-Test dargestellt:

Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Sportfaktor Untersuchungsgruppe	40	15,4386	19,71706	3,11754
Kontrollgruppe	40	21,1175	18,90926	2,98982

Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
							Untere	Obere
,846	,360	-1,315	78	,192	-5,6789	4,31950	-14,27833	2,92058
		-1,315	77,864	,192	-5,6789	4,31950	-14,27857	2,92082

Tab. 14: T- Test Sportfaktor

Die Differenz des Sportfaktors beträgt 5,68 und ist mit einer Wahrscheinlichkeit von 19% nicht signifikant.

Die Gründe, aus denen Befragte keinen Sport (mehr) betreiben, oder ihre Aktivität eingeschränkt haben, sind dem folgenden Diagramm zu entnehmen. Auch hier waren Mehrfachantworten möglich.

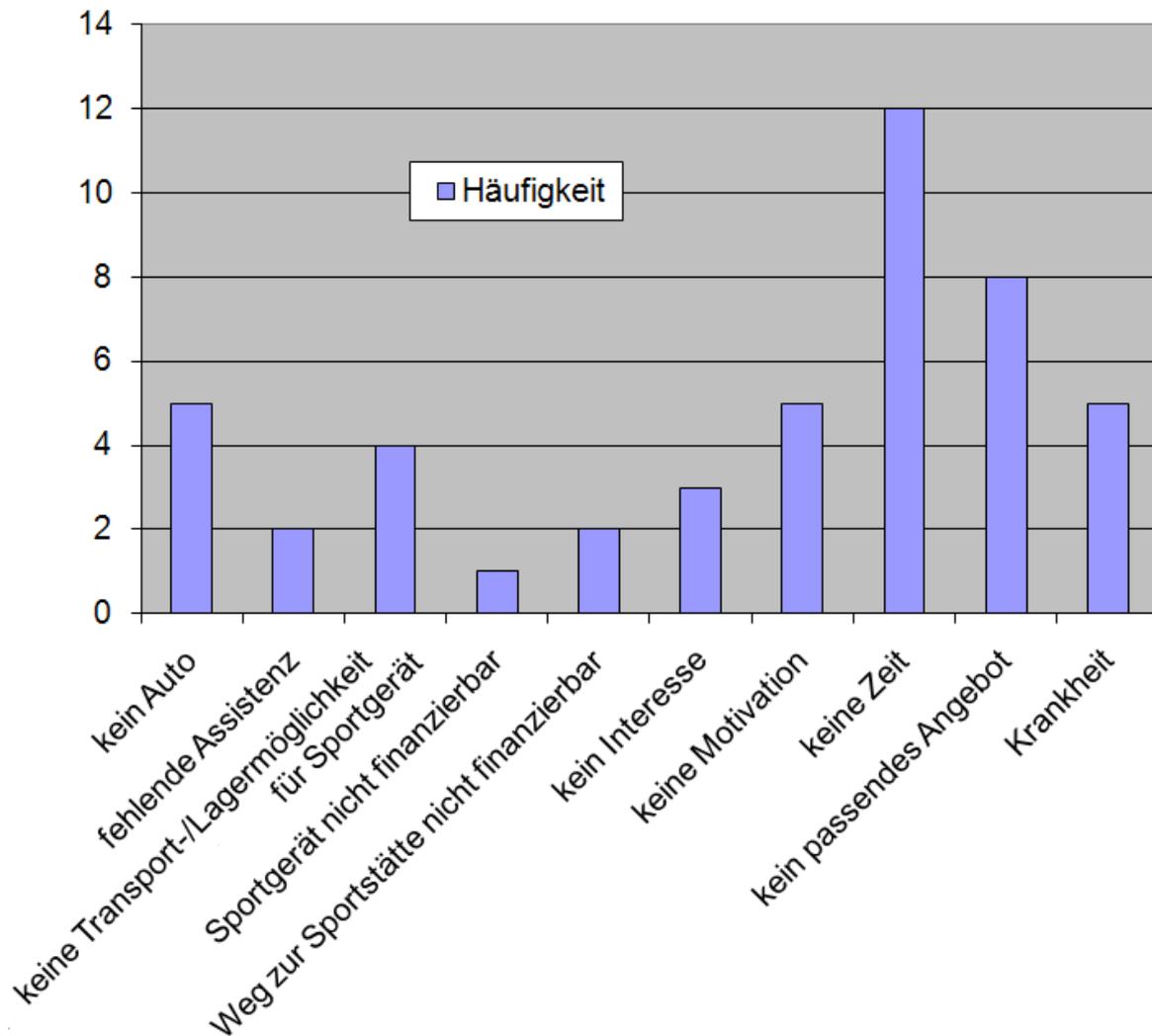


Abb. 12: Gründe für sportliche Inaktivität

### 4.3 Ruheenergieverbrauch und Einflussfaktoren

Da der Ruheumsatz von Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht abhängt (s. Kap.2.2), und die Gruppen in dieser Hinsicht beide nicht homogen sind, ist ein Vergleich der absoluten Werte für den Umsatz dieser Gruppen wenig sinnvoll. In die Berechnung des Umsatzes nach der Harris- Benedict- Formel gehen die genannten Faktoren ein. Um Unterschiede beim Energieverbrauch zwischen Untersuchungs- und Kontrollgruppe ermitteln zu können, wird deshalb die prozentuale Abweichung des gemessenen Wertes eines Probanden von dem jeweils entsprechenden Wert, der nach der Formel berechnet wurde, erfasst. Diese Abweichung ist im Folgenden vereinfacht mit „Prozentuale Abweichung“ bezeichnet.

Die Prozentuale Abweichung in der Gruppe der Querschnittgelähmten beträgt  $1,13\% \pm 10,81\%$ , in der Gruppe der Fußgänger beträgt sie  $18,16\% \pm 7,7\%$ .

Ein Vergleich dieser beiden Mittelwerte durch einen T- Test zeigt folgendes Bild:

Gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Prozentuale Untersuchungsgruppe	40	1,1285	10,80892	1,70904
Abweichung EU Kontrollgruppe	40	18,1580	7,66645	1,21217

Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
							Untere	Obere
1,700	,196	-8,128	78	,000	-17,0295	2,09528	-21,20087	-12,85813
		-8,128	70,314	,000	-17,0295	2,09528	-21,20807	-12,85093

Tab. 15: T-Test Prozentuale Abweichung

Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0% ist der ermittelte Unterschied in der prozentualen Abweichung zwischen allen Querschnittgelähmten und Fußgängern vorhanden. Mit 95%-iger Wahrscheinlichkeit bewegen sich die Werte in dem Konfidenzintervall von -21,21% bis -12,85%.

Um die Unterschiede in der prozentualen Abweichung innerhalb der Gruppen genauer erklären zu können, werden die Wechselwirkungen mit möglichen Einflussfaktoren, also deren Korrelationen untersucht. Hier werden zunächst der eingangs beschriebene Einfluss der Lähmungshöhe (unterteilt in Klassen), die Einflüsse der Restfunktions- und der Rollstuhlnutzung jeweils getrennt untersucht.

Da lediglich die Variable „Prozentuale Abweichung“ intervallskaliert ist, die anderen hingegen nur ordinal, wird als Korrelationskoeffizient „Spearman-Rho“ verwendet.

	Prozentuale Abweichung EU	Lähmungsklasse	Nutzung Restfunktionen	Intensität der Rollstuhlnutzung
Spearman-Rho	1,000	,077	,055	,343*
Prozentuale Abweichung EU	.	,638	,736	,030
Korrelationskoeffizient				
Sig. (2-seitig)				
N	40	40	40	40

Tab. 16: Korrelationen Prozentuale Abweichung, Lähmungsklasse, Nutzung Restfunktionen, Intensität Rollstuhlnutzung

Zwischen der prozentualen Abweichung und der Intensität der Rollstuhlnutzung besteht eine positive Korrelation von 0,343. In der Grundgesamtheit ist eine Korre-

lation zwischen diesen beiden Variablen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 3% vorhanden. Die Wahrscheinlichkeit, dass keine Korrelation zwischen prozentualer Abweichung und Lähmungsklasse bzw. Nutzung der Restfunktionen besteht, liegt bei 64 respektive 74%.

Der Einfluss der sportlichen Aktivität auf die prozentuale Abweichung – zunächst aufgeteilt in Intensität und Dauer, später im Sportfaktor zusammengefasst – ist im Folgenden zunächst für die Querschnittgelähmten dargestellt.

Da hier alle Variablen intervallskaliert sind, wird der „Pearson-Korrelationskoeffizient gewählt.

		Prozentuale Abweichung EU	Durchschnittl. Intensität	Dauer	Sportfaktor
Prozentuale Abweichung EU	Korrelation nach Pearson	1	,284	,331*	,365*
	Signifikanz (2-seitig)	.	,076	,037	,020
	N	40	40	40	40
Durchschnittl. Intensität	Korrelation nach Pearson	,284	1	,609**	,653**
	Signifikanz (2-seitig)	,076	.	,000	,000
	N	40	40	40	40

Tab. 17: Korrelation Prozentuale Abweichung, Durchschnittliche Intensität, Dauer, Sportfaktor (QSL)

Zwischen der prozentualen Abweichung und der Dauer der sportlichen Aktivität besteht eine positive Korrelation von 0,331. In der Grundgesamtheit ist eine Korrelation zwischen diesen beiden Variablen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 4% vorhanden. Die Korrelation zwischen prozentualer Abweichung und Sportfaktor beträgt 0,365. Die Irrtumswahrscheinlichkeit, dass eine Korrelation auch in der Grundgesamtheit besteht, beträgt 2%. Außerdem besteht in der Untersuchungsgruppe auch eine Korrelation von 0,609 zwischen der Dauer der sportlichen Aktivität und ihrer Intensität. Die Wahrscheinlichkeit, dass es auch in der Grundgesamtheit, also bei allen Querschnittgelähmten einen Zusammenhang gibt, ist 100%.

Die Untersuchung der Korrelationen zwischen den beschriebenen Variablen in der Kontrollgruppe ergibt folgendes Bild:

		Prozentuale Abweichung EU	Durchschnittl. Intensität	Dauer	Sportfaktor
Prozentuale Abweichung EU	Korrelation nach Pearson	1	,294	,092	,143
	Signifikanz (2-seitig)	.	,066	,572	,380
	N	40	40	40	40
Durchschnittl. Intensität	Korrelation nach Pearson	,294	1	,316*	,536**
	Signifikanz (2-seitig)	,066	.	,047	,000
	N	40	40	40	40

Tab. 18: Korrelation Prozentuale Abweichung, Durchschnittliche Intensität, Dauer, Sportfaktor (FG)

Zwischen der prozentualen Abweichung und der durchschnittlichen Intensität bzw. der Dauer der sportlichen Aktivität besteht keine signifikante Korrelation, wobei die Signifikanzgrenze bei der durchschnittlichen Intensität mit 6,6% Irrtumswahrscheinlichkeit nur knapp verfehlt wird. Auch der Sportfaktor ist mit 38%iger Wahrscheinlichkeit in der Grundgesamtheit nicht mit der prozentualen Abweichung korreliert, es gibt also keinen signifikanten Zusammenhang. Lediglich die Dauer der sportlichen Aktivität und ihre Intensität sind auch bei den Fußgängern mit einem Koeffizienten von 0,316 signifikant korreliert. In der Grundgesamtheit ist eine Korrelation zwischen diesen beiden Variablen mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 4,7% vorhanden.

Da die sportliche Aktivität offensichtlich nur bei den Querschnittgelähmten mit der prozentualen Abweichung signifikant korreliert ist, müsste sie in dieser Gruppe für eine isolierte Betrachtung anderer Einflussfaktoren eliminiert werden. Außerdem basiert die Einteilung in Lähmungsklassen auf der Annahme, dass die Betroffenen komplett gelähmt sind, was hier aber nur in 55% der Fälle und in der Gesamtheit aller Querschnittgelähmten in Deutschland z. Zt. bei ca. 40% zutrifft. Um dieser Tatsache gerecht zu werden, wurde versucht, den „Grad der Inkomplettheit der Lähmung“ mit Hilfe der Angabe über die Nutzung der Restfunktionen zu ermitteln, was aber nicht objektiv nachprüfbar war. Der in vielen Studien beschriebene Einfluss der Lähmungshöhe auf den Ruheenergieverbrauch (s. Kap. 1.1) kann also nur sauber untersucht werden, wenn ausschließlich komplett gelähmte Probanden betrachtet werden, die keinen oder nur wenig Sport betreiben. Letzteres schließt Probanden mit ein, die maximal 1-2 Stunden Sport pro Woche betreiben (da sonst die Fallzahl sehr klein wäre). Außerdem muss der ebenfalls signifikante Einfluss

der Rollstuhlnutzung, also der Alltagsaktivität minimiert werden, was hier eine maximal leichte Nutzung bedeutet.

Der Zusammenhang zwischen prozentualer Abweichung und Lähmungsklasse bei komplett Gelähmten, die wenig bis keinen Sport betreiben, ist in folgender Tabelle dargestellt:

			Prozentuale Abweichung EU	Lähmungsklasse
Spearman-Rho	Prozentuale Abweichung EU	Korrelationskoeffizient	1,000	-,866
		Sig. (2-seitig)	.	,058
		N	5	5

*Tab. 19: Korrelation Prozentuale Abweichung, Lähmungsklasse bei kompletter Lähmung, wenig Sport und wenig Alltagsaktivität*

In der Untersuchungsgruppe wurde nun sogar eine negative Korrelation zwischen prozentualer Abweichung und Lähmungsklasse von -0,866 gefunden, diese ist aber mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5,8% knapp nicht signifikant. Außerdem beinhaltet die Stichprobe, die den geforderten Kriterien entspricht, nur 5 Personen.

#### **4.4 Zusammenführung der Einflüsse**

Ein Versuch, alle möglichen Einflussfaktoren auf die prozentuale Abweichung bei QSL in einem Modell zusammenzufassen, soll abschließend mit einer linearen Regression durchgeführt werden. Dabei wird nicht berücksichtigt, ob in vorangegangenen Tests signifikante Korrelationen zwischen den Einflüssen und der prozentualen Abweichung gefunden wurden. Es wird davon ausgegangen, dass einige Faktoren wie z. B. Lähmungsklasse und Vollständigkeit der Lähmung nicht isoliert betrachtet werden können. Ziel ist es, mit der Regressionsfunktion möglichst genau alle gemessenen Werte für die prozentuale Abweichung von der Harris-Benedict-Formel darzustellen.

Das Ergebnis der Regressionsanalyse ist folgendes:

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,476 <sup>a</sup>	,226	,138	10,03527

Tab. 20: Regression Prozentuale Abweichung Modellzusammenfassung

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
1	Regression	1031,749	4	257,937	2,561	,056 <sup>a</sup>
	Residuen	3524,731	35	100,707		
	Gesamt	4556,479	39			

Tab. 21: Regression Prozentuale Abweichung: ANOVA

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Signifikanz
		B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	-10,001	5,006		-1,998	,054
	Lähmungsklasse	-,858	1,372	-,125	-,625	,536
	Nutzung Restfunktionen	,561	,730	,128	,769	,447
	Intensität der Rollstuhlnutzung	3,124	1,748	,352	1,787	,083
	Sportfaktor	,161	,089	,293	1,797	,081

Tab. 22: Regression Prozentuale Abweichung: Koeffizienten

Für das Gesamtmodell wird ein Bestimmtheitsmaß von 0,226 ermittelt. Die Varianzanalyse ergibt eine Signifikanz von 0,056, also ein knapp nicht signifikantes Modell. Die Regressionskoeffizienten, die für die ermittelte Funktion gebildet wurden, sind alle nicht signifikant. Die Signifikanzen werden aber mit 5,4% für die Konstante, 8,3% für die Intensität der Rollstuhlnutzung und 8,4% für den Sportfaktor jeweils nur knapp verfehlt.

Nach Einsetzen aller Koeffizienten lautet die Regressionsfunktion für die Prozentuale Abweichung  $y$  mit

$x_1$ = Lähmungsklasse,

$x_2$ = Nutzung der Restfunktionen,

$x_3$ = Intensität der Rollstuhlnutzung und

$x_4$ = Sportfaktor:

$$Y = -10,001 - 0,858 x_1 + 0,561 x_2 + 3,124 x_3 + 0,161 x_4$$

Da der ermittelte Regressionskoeffizient für die Rollstuhlnutzung so viel größer als der für den Sportfaktor ist, obwohl in vorangegangenen Tests (Tabellen 16 und 17) eine ähnlich starke Korrelation beider Faktoren mit der Prozentualen Abweichung gefunden wurde, soll ihre Korrelation untereinander überprüft werden.

			Intensität der Rollstuhlnutzung	Sportfaktor
Spearman-Rho	Intensität der Rollstuhlnutzung	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	1,000	,312* ,050

Tab. 23: Korrelation Intensität der Rollstuhlnutzung, Sportfaktor

Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% sind die Faktoren signifikant korreliert.

## 5 Diskussion

### 5.1 Ernährung

Den Tabellen 3-5 ist zu entnehmen, dass es nur bei zwei Nahrungsmitteln signifikante Unterschiede in der Aufnahme zwischen Querschnittgelähmten und Fußgängern gibt.

Hochwertige Öle wie Raps- und Olivenöl nehmen Querschnittgelähmte demzufolge auf der definierten Skala -1,49 bis -0,37 Einheiten weniger auf als Fußgänger. In diesem Fall liegt die Aufnahme bei ersteren bei knapp 1 Mal pro Woche und in der Kontrollgruppe bei knapp mehrmals pro Woche, wobei der Unterschied kleiner als 1 Einheit ist.

Auch Bier, Wein und sonstige Alkoholika nehmen Querschnittgelähmte weniger zu sich als Fußgänger. Hier liegt die Aufnahme bei ersteren etwas über der Angabe „mehrmals pro Monat“ und bei den Fußgängern bei knapp 1 Mal pro Woche. Der Unterschied ist wie bei den Ölen kleiner als 1 Einheit auf der Skala.

Obwohl die Unterschiede zwischen Untersuchungs- und Kontrollgruppe bei zwei Nahrungsmitteln signifikant sind, haben sie offensichtlich keine wesentliche Bedeutung für die gesamte Ernährungsweise. Sie sind zum Einen relativ klein, und stehen zum Anderen für sehr unterschiedliche Lebensmittelgruppen. Die geringere Aufnahme hochwertiger Öle bei den Querschnittgelähmten spricht für eine eher wenig gesundheitsbewusste Ernährung, der geringere Konsum von Alkoholika in derselben Gruppe für das Gegenteil.

Auch bei genauerer Untersuchung der Unterschiede in der Aufnahme bezogen auf gesamte Nahrungsmittelgruppen (Tab. 7-8) ergeben sich Signifikanzen, jedoch in zwei ganz anderen Bereichen. Streng genommen ist eine Bewertung des Durchschnitts der Häufigkeiten, der sich auf die Aufnahme mehrerer Produkte bezieht, bei einer wie hier ordinalen Skala, nur bedingt sinnvoll. Ein solcher Mittelwert wäre bei der gegebenen Skala für eine Person, die eins von 5 Produkten mehrmals täglich konsumiert (Wert 5), genauso groß wie bei einer Person, die fünf von fünf Produkten mehrmals im Monat – nach der Skala also maximal drei Mal im Monat – konsumiert (Wert 1). Wenn man davon ausgeht, dass sich solche Extreme über die hohe Anzahl der Antworten herausmitteln und sie wahrscheinlich in beiden Gruppen in ähnlichem Ausmaß vorkommen, kann man eine Tendenz für die Häufigkeitsverteilungen in den Produktgruppen sicher berücksichtigen.

So nehmen Personen mit QSL im Durchschnitt weniger Milchprodukte auf als Personen ohne Lähmung. Dieser Unterschied ist zwar signifikant, aber deutlich kleiner als 1 Einheit auf der Skala. Eine Bewertung der absoluten Angaben über die durchschnittlichen Häufigkeiten der Aufnahme ist aber, wie oben beschrieben, nicht sinnvoll.

Bei den Getränken ist der Unterschied in der Aufnahme zwischen beiden Gruppen zwar auch signifikant, er ist aber noch kleiner als bei den Milchprodukten. Die Aufnahme bei den Querschnittgelähmten liegt nur zwischen -0,52 und -0,05 Einheiten unter der bei den Fußgängern, wobei natürlich auch diese Angabe mit Vorbehalt zu bewerten ist. Ein signifikanter Unterschied ist vorher schon bei der Aufnahme von Alkoholika ermittelt worden, sodass es zumindest bei den Getränken eine Übereinstimmung der Tests gibt. Beide Unterschiede sind aber so klein, dass sie offensichtlich keine Relevanz für die Bewertung des Trinkverhaltens haben.

Die wenigen signifikanten Unterschiede in der Aufnahme verschiedener Nahrungsmittel, bzw. –gruppen sind sehr klein und deuten nicht auf ein typisch anderes Ernährungsverhalten von Querschnittgelähmten gegenüber Fußgängern hin.

Den Abbildungen 4 und 5 sowie Tabelle 6 ist zu entnehmen, dass sich die Probanden aus Untersuchungs- und Kontrollgruppe im Durchschnitt fast gleich häufig selbst frische Mahlzeiten zubereiten, nämlich 1 bis 2 Mal am Tag. Die allgemeine Annahme, dass sich Querschnittgelähmte aufgrund fehlender Funktionen und da-

mit auch Selbständigkeit und der Möglichkeit immer selbst zu entscheiden, was sie essen möchten, häufiger fremd versorgen lassen müssen, bestätigte sich nicht. Dies ist möglicherweise darin begründet, dass die ausgewählten Teilnehmer der Kontrollgruppe fast alle berufstätig sind, sich also mittags nicht selbst mit Essen versorgen können, wohingegen die Teilnehmer der Untersuchungsgruppe mehrheitlich nicht arbeiten und dadurch eher die Möglichkeit haben, sich zu Hause etwas selbst zuzubereiten.

Ein weiterer Grund könnte sein, dass viele Probanden die Frage nach der Häufigkeit der Selbstzubereitung frischer Mahlzeiten am Tag genauso wie die nächste Frage offensichtlich nicht richtig verstanden haben. Bringt man die Antworten beider Fragen in Übereinkunft, muss man feststellen, dass z. B. viele Personen angeben, sich nur einmal täglich selbst frische Mahlzeiten zuzubereiten, auf der anderen Seite aber nur zweimal in der Woche fremdversorgt werden. Demzufolge würden sie an den anderen fünf Tagen in der Woche nur einmal täglich etwas essen. Aus dieser Frage nach der Art und Häufigkeit der Fremdversorgung mit Essen ist deshalb nur eine Tendenz abzulesen. Querschnittgelähmte werden offenbar deutlich häufiger von Angehörigen mit Essen versorgt als Fußgänger, die wiederum – da meist berufstätig – häufiger in Kantine oder Mensa essen. Man könnte nun daraus schließen, dass Querschnittgelähmte bei der Versorgung durch Angehörige mehr Einfluss auf die Auswahl der Produkte haben, als die Fußgänger in der Kantine, und dadurch mögliche körperliche Einschränkungen bei der Selbstzubereitung kompensieren können. Dies würde auch erklären, warum bei der Auswahl der Nahrungsmittel im FFQ kaum Unterschiede zwischen beiden Gruppen gefunden wurden. Tatsächlich ist aber eine Bewertung der Angaben zur Essensversorgung wie oben beschrieben nur bedingt möglich, weshalb die gefundenen Unterschiede nicht als signifikant angesehen werden können.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass sich das Ernährungsverhalten von Fußgängern und Querschnittgelähmten nicht wesentlich unterscheidet. Belastbare Gründe, warum dies so ist, obwohl die geringere Selbständigkeit vieler körperlich Behinderter die Lebensmittelauswahl wegen schwierigerer Zubereitung einschränkt, konnten im Rahmen dieser Untersuchung nicht identifiziert werden.

Den Tabellen 9 und 10 sowie den Abbildungen 8 und 9 ist zu entnehmen, dass über 50% der Querschnittgelähmten angeben, Gewichtsprobleme zu haben, wohingegen diese Angabe nur von etwas mehr als 30% der Fußgänger gemacht wurde. Außerdem haben von den querschnittgelähmten Probanden mit Gewichtsproblemen 67% diese erst nach Eintritt der Lähmung bekommen. Diese Aspekte sind einerseits verwunderlich, da der durchschnittliche BMI in beiden Gruppen fast gleich groß ist (s. Kap. 3.4) und es keine stark untergewichtigen Probanden gibt, die diesen nach unten verzerren könnten. Andererseits bestätigt das Ergebnis die in amerikanischen Studien gemachte und von Weaver u. a. beschriebene Feststellung, dass die gängige Einschätzung des BMI nicht auf Querschnittgelähmte übertragen werden kann. Auch die von Tomey u. a. gewonnene Erkenntnis, dass viele Betroffene nach Eintritt der Lähmung trotz eines verringerten Energiebedarfs weiter so essen wie vorher und deshalb Gewichtsprobleme bekommen, wird hier bestätigt. (Zu beiden Punkten s. auch Kap. 1.1).

Zu diesem Eindruck trägt auch die Beantwortung der nächsten beiden Fragen bei. Tabelle 11 ist zu entnehmen, dass die überwiegende Mehrzahl der Probanden in beiden Gruppen davon überzeugt ist, über ausreichend Informationen zu gesunder Ernährung im Allgemeinen zu verfügen. Tabelle 12 und Abbildung 10 zeigen hingegen, dass Informationen speziell zum Thema „Ernährung bei QSL“ bei den Betroffenen nur sehr begrenzt vorhanden sind. Die Querschnittgelähmten sind also ganz allgemein genauso gut über Ernährung informiert wie die Fußgänger, nur über die Ernährung in ihrer neuen Lebenssituation wissen die meisten nichts. Dies hat vielfach deutliche Auswirkungen auf ihr Gewicht, die den Betroffenen auch bewusst sind. Trotzdem äußert nur ein kleiner Teil der Befragten Interesse an Informationen zu speziellen Ernährungsthemen. Offensichtlich ist vielen nicht klar, dass ihre selbst beobachteten Gewichtsprobleme möglicherweise auf ihre veränderte Bedürfnisse nach Eintritt der Lähmung zurückzuführen sind. Nur wenige machen überhaupt Vorschläge für Themen, über die sie gerne mehr erfahren möchten.

Es besteht also ein großes Informationsdefizit hinsichtlich der neuen Anforderungen an die Ernährung, v. a. des geringeren Energiebedarfs. Damit einher geht ein mangelndes Problembewusstsein, obwohl viele die Probleme offenbar schon haben.

## 5.2 Bewegungsverhalten

Der Vergleich der sportlichen Aktivität in Untersuchungs- und Kontrollgruppe (Tabelle 13) zeigt, dass sich die Gruppen weder in der Intensität noch in der Dauer ihrer Belastung signifikant unterscheiden. Auch bei Betrachtung des sog. Sportfaktors, der beide Aspekte miteinander vereint, ist kein signifikanter Unterschied festzustellen (Tabelle 14). Hierbei muss allerdings berücksichtigt werden, dass 11 Querschnittgelähmte überhaupt keinen Sport betreiben und dadurch die Durchschnittswerte in ihrer Gruppe nach unten verschieben.

Als Begründung, warum sie auf sportliche Aktivität verzichten oder diese zumindest stark einschränken, geben die Befragten beider Gruppen an erster Stelle mangelnde Zeit an, gefolgt von einem nicht passenden Angebot. In der Gruppe der Querschnittgelähmten werden außerdem organisatorische Schwierigkeiten angeführt.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass Querschnittgelähmte generell die gleichen Möglichkeiten haben, sich sportlich zu betätigen, wie Fußgänger und dies dann auch in ähnlichem Ausmaß tun. Geringere Selbständigkeit und Flexibilität aufgrund der Behinderung können den Zugang ersterer zu sportlicher Betätigung allerdings erheblich einschränken.

## 5.3 Bewertung der Einflüsse auf den Ruheenergieverbrauch

Betrachtet man die prozentuale Abweichung der gemessenen Ruheumsätze mit dem durch die Harris-Benedict-Formel prognostizierten Wert, ergibt sich für die Untersuchungsgruppe eine Differenz von ca. +1%. In der Kontrollgruppe wird eine Differenz von ca. +18% gemessen. Die auch bei Querschnittgelähmten leicht positive durchschnittliche Abweichung von der Formel, widerspricht zwar der Annahme, dass die gängigen Formeln zur Vorausberechnung des Ruheumsatzes nicht auf QSL übertragen werden können bzw. den tatsächlichen Umsatz überschätzen, es müssen aber auch die gegebenen Versuchs- und Messbedingungen berücksichtigt werden, die bei einem nicht absolut standardisierten Verfahren sehr voneinander abweichen können. Letztlich sind deshalb nur Vergleiche von Messungen, die unter gleichen Bedingungen, insbesondere mit dem gleichen Gerät durchgeführt werden, sinnvoll. Die von Buchholz und Pencharz (s. Kap. 1.1) beschriebene Differenz des Ruheumsatzes Querschnittgelähmter von dem Nichtge-

lähmter, kann deshalb auch in dieser Studie untersucht und belegt werden. Vergleicht man die prozentualen Abweichungen beider Gruppen, ergibt sich, dass die Umsätze bei den Querschnittgelähmten mit 95%iger Wahrscheinlichkeit zwischen 12% und 21% unter denen der Fußgänger liegen (s. Tabelle 15). Diese Werte liegen nur knapp unter denen, die in den amerikanischen Studien gemessen wurden (14%-27%).

Da es nun offenbar einen großen und signifikanten Unterschied im Energieverbrauch zwischen gelähmten und nicht gelähmten Menschen gibt, aber relativ deutliche Schwankungen innerhalb der Gruppe der Querschnittgelähmten auftreten, liegt es nahe, mögliche gruppenspezifische Einflussfaktoren auf den Ruheumsatz zu untersuchen.

Die zunächst getrennte Untersuchung der Zusammenhänge der „prozentualen Abweichung von der Formel“ mit Lähmungsklasse, Restfunktionsnutzung und Rollstuhlnutzung ergibt lediglich eine signifikante Korrelation mit der Rollstuhlnutzung.

Die isolierte Betrachtung von Lähmungsklasse und Restfunktionsnutzung ist insofern problematisch, als diese Faktoren eigentlich zusammengehören. Die Lähmungsklassen, die quasi die Funktionen beschreiben, die von der Innervierung her noch möglich sind, können genau genommen nur bei komplett Gelähmten verglichen werden. Da bei 45% der Probanden und sogar 60% aller Querschnittgelähmten eine inkomplette Lähmung vorliegt, werden diese zwar in die Einteilung miteinbezogen, aber zusätzlich die Restfunktionsnutzung als Parameter für den Lähmungsgrad erfasst. Die Lähmungshöhe oder der Lähmungsgrad alleine hat deshalb, wie erwartet, keinen Einfluss auf den Ruheumsatz. Eine Formel, die beide Faktoren zusammenführt, gibt es nicht.

Der positive Zusammenhang von Prozentualer Abweichung mit der Rollstuhlnutzung, die die Rollatornutzung oder Verwendung anderer Gehhilfen bei den querschnittgelähmten Fußgängern mit einschließt, weist auf einen positiven Einfluss der Alltagsaktivität auf die Prozentuale Abweichung hin. Bei einem Anstieg dieser Aktivität nimmt auch die prozentuale Abweichung zu. Die Stärke der Korrelation liegt mit 0,3 im unteren bis mittleren Bereich. Für Querschnittgelähmte gilt also offenbar: Je höher die Alltagsaktivität ist, desto größer ist auch der Ruheenergieverbrauch und zwar unabhängig von Lähmungshöhe und -grad. Bei den Nichtge-

lähmten wurde dieser Aspekt aus Mangel an Instrumenten zu seiner Beurteilung nicht untersucht.

Bei der Betrachtung des Einflusses sportlicher Aktivität auf die prozentuale Abweichung (Tabelle 17) ergibt sich bei den Querschnittgelähmten zwar keine signifikante Korrelation mit der Intensität der Belastung, wohl aber mit ihrer Dauer und mit der Kombination beider Faktoren, dem Sportfaktor. Außerdem hängen auch Dauer und Intensität signifikant zusammen.

Bei den Fußgängern ist ein signifikanter Zusammenhang von sportlicher Aktivität und prozentualer Abweichung weder bei getrennter noch bei gemeinsamer Betrachtung der Faktoren festzustellen. Lediglich Intensität und Dauer hängen auch hier signifikant zusammen (Tabelle 18). Für beide Gruppen gilt also, dass eine längere Belastungsdauer mit einer höheren Intensität einhergeht und umgekehrt.

Für die Grundgesamtheit aller Querschnittgelähmten bedeuten die Ergebnisse, dass eine Verlängerung der Belastungsdauer mit einem erhöhten Ruheumsatz mit einer Stärke von 0,331 zusammenhängt. Der Zusammenhang von Ruheumsatz bzw. prozentualer Abweichung vom Formelwert und Sportfaktor ist mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,365 noch etwas stärker.

Da mit der Intensität der Rollstuhlnutzung und der sportlichen Aktivität zwei Faktoren identifiziert sind, die signifikant mit dem Ruheumsatz korrelieren, könnte durch einen Ausschluss dieser eine erneute unbeeinflusste Untersuchung der Korrelation mit der Lähmungshöhe durchgeführt werden. Um eine wirklich objektive Betrachtung zu ermöglichen, muss aber, wie oben beschrieben, auch der Einfluss evtl. Restfunktionen eliminiert werden, was schließlich dazu führt, dass nur komplett Gelähmte dafür berücksichtigt werden können. Tabelle 19 zeigt allerdings auch keine signifikante Korrelation von Lähmungsklasse und Prozentualer Abweichung, aber im Gegensatz zu den Ergebnissen aus Tabelle 17, in der noch alle Querschnittgelähmten unabhängig von Sport und Alltagsaktivität berücksichtigt wurden, besteht die Stichprobe hier nur noch aus 5 Probanden. Die Gruppe ist also nicht mehr repräsentativ, weil individuelle Schwankungen viel mehr ins Gewicht fallen. Nur so ist deshalb der negative Korrelationskoeffizient, der sogar nur knapp die Signifikanzgrenze verfehlt, zu erklären, der besagt, dass eine hohe Lähmungsklasse mit einer stärker negativen prozentualen Abweichung einhergeht. Dies würde bedeuten, dass mehr Funktion durch „weniger Lähmung“ mit

einem geringeren Ruheumsatz verbunden ist, also eine genaue Umkehr der Hypothese, dass eine geringere Funktion durch vollständigere Lähmung mit einem geringeren Ruheumsatz verbunden ist.

Um die Hypothese aussagekräftig überprüfen zu können, müsste man also eine größere Anzahl komplett gelähmter Probanden überprüfen, die im Alltag und rein sportlich wenig aktiv sind.

#### **5.4 Betrachtung eines Modells zur Darstellung aller Messergebnisse**

Obwohl ein signifikanter Zusammenhang des Ruheumsatzes bei QSL nur bei der sportlichen und der alltäglichen Aktivität gefunden wurde, sollen abschließend alle möglichen erwarteten Einflüsse auf den Umsatz in einem gemeinsamen Modell untersucht werden. Für die Kontrollgruppe wird ein solches Modell nicht aufgestellt, da die Untersuchung der Abweichungen des Ruheumsatzes vom Formelwert bei Fußgängern nicht Gegenstand dieser Studie ist.

Das Bestimmtheitsmaß der Regressionsgleichung (Tabelle 20) besagt, dass 22,6% aller für die Prozentuale Abweichung erhobenen Daten durch die Gleichung repräsentiert werden. Dieser Anteil ist auf den ersten Blick nicht sehr groß, aber wenn man bedenkt, dass nur 2 signifikant korrelierende Faktoren identifiziert wurden, einige wahrscheinlich bestimmenden Faktoren nicht objektiv gemessen werden konnten, und z. B. der anerkannt große Einfluss der Genetik gar nicht berücksichtigt wird, relativiert sich die Einschätzung des Bestimmtheitsmaßes zumal es sich um physiologische Daten handelt.

Der Varianzanalyse in Tabelle 21 ist zu entnehmen, dass das Gesamtmodell nur knapp nicht signifikant ist, also die Gleichung nicht auf die Grundgesamtheit übertragen werden kann. Die Signifikanzgrenze wird allerdings nur um 0,6% verfehlt, was für ein Modell mit so vielen Unwägbarkeiten nur sehr wenig ist.

Auch die einzelnen in Tabelle 22 angegebenen Regressionskoeffizienten und die Konstante sind nicht signifikant, wobei die Grenze für Sportfaktor, Intensität der Rollstuhlnutzung und Konstante wiederum nur knapp verfehlt wird. Da eine signifikante Korrelation der beiden erstgenannten Faktoren mit der Prozentualen Abweichung in vorangegangenen Tests bereits gezeigt wurde, ist die hier fehlende Signifikanz wohl der Tatsache geschuldet, dass so viele Faktoren gleichzeitig in ei-

nem Modell berücksichtigt werden. Insbesondere müssen diese beiden vorher getrennt belegten signifikanten Korrelationen zusammen dargestellt werden, was SPSS offenbar vor ein Problem stellt. Da beide positiv mit der prozentualen Abweichung, aber auch selbst miteinander korreliert sind (Tabelle 23), kann SPSS nicht erkennen, auf welchen der beiden der Einfluss zurückzuführen ist. Obwohl sich der Effekt vermutlich auf beide Variablen aufteilt, schreibt das Programm ihn hier fast ausschließlich der Rollstuhlnutzung zu, weil es kein effektives mathematisches Kriterium gibt, um die Aufteilung zu erkennen (Brosius 2008, S. 266). Der (nur knapp nicht signifikante) Regressionskoeffizient für die Intensität der Rollstuhlnutzung ist mit 3,124 sehr hoch. Er würde bedeuten, dass eine um 1 Einheit höhere Rollstuhlnutzung mit einer Erhöhung der prozentualen Abweichung von 3,124% verbunden wäre. Der Koeffizient für den Sportfaktor hingegen ist mit 0,161 sehr klein und würde bedeuten, dass eine Erhöhung des Sportfaktors um 1 Einheit mit einer Erhöhung der prozentualen Abweichung von nur 0,161% verbunden wäre.

Insgesamt stellt die Regressionsanalyse eine erste Annäherung dar, die untersuchten Einflüsse in einem Modell zusammenzufassen, das natürlich noch erhebliche Schwächen hat. Wenn man die Möglichkeit hat, einzelne Komponenten in größeren Gruppen isoliert zu betrachten, ließe sich wahrscheinlich ein optimierteres Modell erstellen. So wäre es denkbar, nur Personen mit kompletter Lähmung zu betrachten, die körperlich nicht aktiv sind, um den Einfluss der Lähmungshöhe zu identifizieren, oder unterschiedlich sportlich aktive komplett gelähmte Probanden zu betrachten, deren Schädigung auf dem gleichen Level liegt.

Für alle diese Untersuchungen wird es aber sehr aufwendig sein, eine ausreichende Fallzahl von Teilnehmern zu erhalten.

## **6 Zusammenfassung und Ausblick**

In zahlreichen amerikanischen Studien wurde festgestellt, dass die Prävalenz von Übergewicht und Adipositas bei Querschnittgelähmten besonders hoch ist, und häufig ein der Lähmungssituation inadäquates Ernährungs- und Bewegungsverhalten vorliegt. Es wird ferner davon ausgegangen, dass die übliche Einschätzung des Körpergewichts anhand des BMI wegen der gegenüber Nichtgelähmten veränderten Körperzusammensetzung nicht auf Querschnittgelähmte übertragen

werden kann. Ebenso wenig seien die Formeln zur Vorausberechnung des Ruheenergieverbrauchs bei QSL anwendbar, da auch diese auf Studien mit Nichtgelähmten beruhen und den atrophisch bedingten Rückgang der Muskelmasse nach QSL nicht mit einbeziehen. Erfahrungswerte in deutschen Querschnitteinrichtungen zeigen, dass von den rehabilitierten und in den häuslichen Alltag entlassenen Patienten bei späterer Wiederaufnahme überdurchschnittlich viele inzwischen Übergewichtig geworden sind. Die hier vorgelegte Studie hat deshalb den Ruheenergieverbrauch sowie das Ernährungs- und Bewegungsverhalten Querschnittgelähmter in Deutschland untersucht.

Zu diesem Zweck wurde an je 40 Probanden einer Untersuchungsgruppe sowie einer Kontrollgruppe eine indirekte Kalorimetrie durchgeführt. Außerdem wurde mithilfe eines mehrseitigen Fragebogens das Ernährungs- und Bewegungsverhalten erfasst.

Da die Teilnehmer für die Kalorimetrie nüchtern sein mussten, bot sich als Erhebungsort das Querschnittgelähmtenzentrum des BG Unfallkrankenhauses Hamburg an, in dem regelmäßig Betroffene für kurze Zeit stationär zu Kontrolluntersuchungen aufgenommen werden. So konnte eine große Zahl erreicht und morgens vor dem Frühstück gemessen werden.

Entsprechend der Gruppenstruktur der Querschnittgelähmten in Deutschland bestand die Stichprobe zu 70% aus Männern und zu 30% aus Frauen. 45% der Probanden waren inkomplett gelähmt, was die Untersuchung einiger Einflussgrößen wie z. B. der Lähmungshöhe erschwerte. Eine bezüglich Alter und Geschlecht vergleichbar zusammengesetzte Kontrollgruppe von Nichtgelähmten wurde am selben Ort untersucht und befragt.

Der Vergleich der Untersuchungsgruppe mit der Kontrollgruppe zeigte, dass der Ruheenergieumsatz Querschnittgelähmter mit 95-%iger Wahrscheinlichkeit zwischen 13% und 21% unter dem von Nichtgelähmten liegt. In amerikanischen Studien, die allerdings ausschließlich komplett gelähmte Probanden berücksichtigen, wurden nur geringfügig größere Unterschiede gemessen.

Das Ernährungsverhalten von Querschnittgelähmten und Fußgängern unterscheidet sich hinsichtlich der Lebensmittelauswahl qualitativ nicht. Auch bezüglich des allgemeinen Ernährungswissens wurden keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen festgestellt. Querschnittgelähmte sollten jedoch über das allgemeine

Wissen hinaus Kenntnisse von den besonderen Aspekten der Ernährung nach QSL haben und sich dementsprechend anders verhalten. Knapp ein Drittel der Nichtgelähmten klagt über Gewichtsprobleme, bei den Querschnittgelähmten mehr als die Hälfte, von denen 67% angeben, die Gewichtsprobleme erst nach Eintritt der Lähmung bekommen zu haben. Letzteres ist wahrscheinlich mit darauf zurückzuführen, dass die meisten Querschnittgelähmten nicht über die für sie wichtigen speziellen Kenntnisse verfügen und ihr Verhalten nicht anpassen.

Einflüsse von Lähmungshöhe und Vollständigkeit der Lähmung auf den Ruheumsatz konnten nicht festgestellt werden. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass diese Faktoren eigentlich zusammengehören und nicht getrennt voneinander betrachtet werden können. Ein Einfluss dieser Größen wäre demnach erst dann messbar, wenn sie insgesamt als verbliebene Funktion erfasst werden könnten, wofür es aber keine objektiven Messkriterien gibt.

Ein Zusammenhang zwischen dem Ruheumsatz und der körperlichen Aktivität im Alltag wie auch beim Sport konnte in der Gruppe der Querschnittgelähmten eindeutig festgestellt werden. Offensichtlich wird der Ruheenergieverbrauch unabhängig von Lähmungshöhe und Vollständigkeit der Lähmung durch vermehrte körperliche Aktivität gesteigert. Folglich muss es auch für Menschen mit einem sehr geringen Anteil an innervierter Muskulatur möglich sein, die Muskelmasse durch Training stoffwechselwirksam zu erhöhen.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass der Ruheenergieverbrauch von Querschnittgelähmten deutlich geringer als der von Fußgängern ist und Gewichtsprobleme bei einer wachsenden Zahl von Betroffenen vorbestimmt sind. Die schlechte Eignung üblicher Einteilungen des BMI zur Beurteilung des Körpergewichts in dieser Personengruppe führt oft dazu, dass das Problem zu spät erkannt wird. Darüber hinaus trägt das fehlende Wissen der meisten Betroffenen über ihren verringerten Energiebedarf und mögliche Folgen zu einem Ungleichgewicht zwischen Aufnahme und Verbrauch von Energie bei. Individuelle Messreihen nach Lähmungseintritt, während der Rehabilitation und evtl. anlässlich der ohnehin lebenslang notwendigen urologischen Kontrolluntersuchungen könnten Auskunft über den persönlichen Energiebedarf in der jeweiligen Phase geben und dazu bei-

tragen, die Querschnittgelähmten vor gesundheitsschädlichem Essverhalten und Übergewicht zu bewahren.

Grundsätzlich kann jeder Rückenmarksverletzte entsprechend seiner Restfunktionen durch vermehrte körperliche Aktivität nicht nur seinen Leistungs- sondern auch seinen Ruheumsatz erhöhen. Es ist deshalb wichtig, Querschnittgelähmten, die in ihrer Handlungsfreiheit häufig sehr eingeschränkt sind und ihre alltägliche und vor allem ihre sportliche Aktivität ohne fremde Hilfe nicht wesentlich erhöhen können, wirksam zu unterstützen.

## 7 Abstract

**Background and objectives:** In several US-American studies it was stated that BMI underestimates body adiposity in people with spinal cord injury (SCI), as the massive reduction of muscles in spinally injured persons is not considered. Current equations to predict resting energy expenditure (REE) cannot be transferred to them either and there was actually found a high prevalence of overweight and obesity in this demographic. The purpose of this study was to determine REE of people with SCI, to compare it with that of able-bodied subjects and to identify parameters which might determine REE within the SCI group.

**Methods:** 40 subjects with SCI age 21 to 65 years with complete and incomplete lesions were predominantly recruited from regular patients in a specialty clinic. Forty able-bodied subjects, predominantly employees in this clinic, age 18 to 67 years served as controls (CTRL). All participants had their REE measured by indirect calorimetry. Aspects of nutrition and exercise behaviour were obtained via questionnaire.

**Results:** The REE in the SCI group was significantly lower than in the CTRL group (unless there was above-average physical activity). With a probability of 95% it is 13% to 21% below the REE of able-bodied. Significant qualitative differences in nutrition behaviour and general knowledge about nutrition between both groups were not found. Knowledge, however, about special aspects of post injury nutrition, was very poor in the SCI group and a high percentage got weight problems post injury. Influences of height and completeness of lesions on REE within the SCI group were not determined whereas these parameters can hardly be re-

garded isolated. Between physical activity and REE a significant positive correlation was found in the SCI group, but not in the CTRL group.

**Conclusions:** As REE is, for the most part, significantly lower in spinally injured people than in those able-bodied and as the majority of the spinally injured persons are less aware of their reduced energy needs, weight problems are inevitable within this group. To identify overweight and obesity early enough to hinder comorbid conditions it is necessary to adjust BMI categories to the SCI population. Individual series of measurements of REE post injury, during rehabilitation and the obligatory regular urological checkups might provide information about the actual requirements and contribute to a healthy eating behaviour and thus keeping them from becoming overweight. Furthermore adequate information about post injury energy requirement as well as the opportunities to increase REE through physical activity should be given. It is important to support spinally injured people in participating in sustained exercise, since they are often restricted in their normal everyday activities and therefore lead a more sedentary lifestyle.

## Anhang A

## Inhaltsverzeichnis A

Informationsblatt für die Teilnehmer	A-III
Datenschutzerklärung	A-IV
Fragebogen für Querschnittgelähmte	A-V
Fragebogen für Fußgänger	A-XI

**Liebe Teilnehmerin, lieber Teilnehmer,**

als Studentin der Ökotrophologie (Ernährungswissenschaften) in Hamburg führe ich eine Untersuchung zum Thema Kalorienverbrauch bei Querschnittlähmung durch:

### **Warum ist das für Menschen mit QSL wichtig?**

Da aufgrund der Mobilitätseinschränkungen ein Muskelabbau vor allem im Unterkörper stattfindet, und die Bewegungsmöglichkeiten für Rollstuhlfahrerinnen und -fahrer ebenfalls eingeschränkt sind, kommt es zu einer Reduktion des täglichen Energieverbrauchs gegenüber Fußgängern. Der Energieverbrauch in völliger Ruhe heißt Grundumsatz. Dies ist der Energieverbrauch des Körpers, der zur Aufrechterhaltung der Körperfunktionen wie Herzschlag, Atmung, Durchblutung etc. benötigt wird. Er ist stark von der aktiven Muskelmasse abhängig, und deshalb bei Querschnittgelähmten deutlich reduziert. Das Ausmaß dieses verminderten Kalorienverbrauchs ist bei Querschnittgelähmten in Deutschland bisher nicht bekannt. Studien in den USA zeigen einen um 10-30 % verringerten Energieverbrauch. Nimmt man also nach dem Eintritt der Lähmung ebenso viele Kalorien wie vorher zu sich, und bewegt sich womöglich auch noch weniger, kann es leicht zu Übergewicht und damit zu einem Anstieg des Risikos für Bluthochdruck, Diabetes oder Herzinfarkt kommen. Da ich selbst querschnittgelähmt bin, musste ich feststellen, dass dieses „normale“ Risiko im Alltag von Rollstuhlfahrern in Akutkliniken oder in Rehas so gut wie nie angesprochen wird. Wer von uns weiß denn schon, wie viel Kalorien aus dem Essen und Trinken für uns gut sind? Um dies zu ändern, und zukünftig bessere Aufklärung und Prävention gewährleisten zu können, bitte ich um Ihre Mithilfe.

### **Wie sieht diese Untersuchung aus?**

Die Untersuchung dauert **etwa 15 Minuten** und findet bequem im Liegen statt. Sie hat keine unangenehmen Nebenwirkungen. Im Anschluß daran bitte ich Sie, einen kurzen Fragebogen zu Essen und Bewegung auszufüllen. Damit wir die Werte einheitlich messen können, bleiben Sie **bitte morgens nüchtern**, das heißt ohne Frühstück, ohne Rauchen. Wassertrinken geht. Vor der Untersuchung sollten Sie sich nicht besonders körperlich belasten, da sonst die Messergebnisse verfälscht werden. Sie werden von Ihrer Station abgeholt. Die Pflege ist über diese Messungen informiert, und sie werden mit Ihren übrigen Untersuchungsterminen abgestimmt.

### **Wie läuft die Untersuchung ab?**

Die Messung des Grundumsatzes wird mithilfe einer so genannten „indirekten Kalorimetrie“ durchgeführt. Dafür liegen Sie ganz ruhig auf einer Liege oder im Bett und atmen durch eine Atemmaske. Ein Messgerät erfasst dabei die Zusammensetzung Ihrer Atemgase und ermittelt so Ihren Energieverbrauch. Nach der Messung können Sie sofort essen und Ihren übrigen Terminen nachgehen.

Für Ihre Bereitschaft mitzumachen, möchte ich mich schon jetzt herzlich bedanken und Ihnen zusichern, dass Sie Ihre persönlichen Messwerte – also ihren persönlichen Kalorienverbrauch – gern mit mir besprechen können. Vielleicht kann ich Ihnen auch mit Ernährungstricks weiterhelfen, sollten Sie spezielle Fragen zu diesem Thema haben. Diese Untersuchung wäre ein wichtiger Beitrag, der die Beratungssituation für Querschnittgelähmte deutlich verbessern könnte. Die Ergebnisse helfen uns, die Notwendigkeit eines angemessenen Angebotes an Bewegungsmöglichkeiten (z. B. Reha- Sport, Physiotherapie etc.) oder Beratungsbedarf in Sachen Ernährung gegenüber Krankenkassen und anderen Kostenträgern besser zu begründen. Für weitere Fragen stehe ich Ihnen gern zur Verfügung: Nochmals vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Ihre Anette v. Laffert

## Erklärung

Ich \_\_\_\_\_ (Name in Druckbuchstaben) bin damit einverstanden, dass die von mir gemachten persönlichen Angaben sowie die gemessenen Daten wie Gewicht und Grundumsatz auf Fragebögen und elektronischen Datenträgern aufgezeichnet und zu statistischen Zwecken im Rahmen der Studie ausgewertet werden. Sie werden nach Beendigung der Studie anonymisiert. Persönliche Daten wie Name und Adresse werden niemals veröffentlicht oder an Dritte weitergegeben.

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

## Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Querschnittgelähmte

Wie häufig verzehren Sie die folgenden Lebensmittel und Getränke?						
Getreideprodukte	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Weißbrot, weiße Brötchen						
Graubrot						
Vollkornbrot/-brötchen						
Müsli						
Vollkornprodukte						
Kartoffeln, Reis, Nudeln						
Milch und Milchprodukte	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Käsesorten mind. 45% Fett i. Tr.						
fettarme Käsesorten mit weniger als 45% Fett i. Tr.						
Milch, Quark, Joghurt o.ä. mit 3,5% Fett						
Milch, Quark, Joghurt o.ä. mit 1,5% Fett						
Fleisch- und Fischprodukte	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Fleisch						
fettreiche Wurstsorten (z.B. Leberwurst, Mettwurst, Salami, Teewurst, Bratwurst)						
fettarme Wurstsorten (z.B. Corned Beef, Geflügelwurst, magerer Schinken)						
Fisch						
Obst und Gemüse	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Gemüse (auch Salat), Hülsenfrüchte						
Obst						
Fette	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Butter, Margarine						
Halbfettbutter oder -margarine						
Oliven- oder Rapsöl						
Sonnenblumenöl oder sonstiges Öl						
Süße Extras	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Süßigkeiten, Schokolade						
Kuchen, Kekse, Torten						
Eis, Pudding und süße Speisen						
Salzige Extras	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Salzgebäck, Salzstangen						
Chip, Flips, etc.						
Hamburger, Döner, Pizza (nicht selbstgemacht)						
Getränke	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Mineralwasser, verdünnte Obstsäfte						
Limonade, Cola						
Limonade oder Cola mit Süßstoff						
Obst- und Gemüsesäfte						
Kakao, Milchshake						
Kaffee, Tee						
Bier, Wein, sonstige alkoholische Getränke						

# Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Querschnittgelähmte

## Ernährungsgewohnheiten, -verhalten

2. Wie häufig am Tag bereiten Sie sich durchschnittlich frische Mahlzeiten selber zu?  
( ohne Mikrowellen-, Ofen- oder Pfannenfertiggerichte oder einzelne Obst-/ Gemüsestücke)

überhaupt nicht

1 Mal

2 Mal

mehr als 2 Mal

3. Wenn Sie sich Ihre Mahlzeiten nicht selbst zubereiten, auf welche Weise und wie häufig pro Woche werden Sie sonst mit Essen versorgt?  
(mehrere Antworten möglich)

Fertiggericht  \_\_\_ Mal

Partner oder anderer Angehöriger  \_\_\_ Mal

Pflegekraft oder andere Betreuungsperson  \_\_\_ Mal

Haushaltshilfe  \_\_\_ Mal

Kantine/Mensa  \_\_\_ Mal

Fast Food -imbiss/-restaurant  \_\_\_ Mal

„Essen auf Rädern“  \_\_\_ Mal

Bestellservice  \_\_\_ Mal

Anderes, und zwar:  \_\_\_ Mal

4. Haben Sie Gewichtsprobleme, wenn ja, hatten Sie diese schon vor Eintritt der Lähmung?

Ja, schon vorher  Ja, erst nachher  Nein

5. Verfügen Sie Ihrer Meinung nach über ausreichend Informationen zur gesunden Ernährung im Allgemeinen?

Ja  Nein

6. Haben Sie Informationen speziell zum Thema „Ernährung bei Querschnittlähmung“ erhalten und worüber würden Sie gerne mehr/etwas erfahren?

Ja  Nein

Interesse an Informationen über: \_\_\_\_\_

# Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Querschnittgelähmte

## Sport- und Bewegungsverhalten/ Funktionen

7. Was für einen Rollstuhl nutzen Sie? (Mehrfachnennungen möglich)

Elektrorollstuhl

Bei ausschließlicher Nutzung  
weiter mit Frage 9

Aktivrollstuhl

weiter mit nächster Frage

-mit Elektro-Restkraftantrieb

8. Wie intensiv nutzen Sie Ihren Rollstuhl? (u.a. abhängig von Tagesablauf, Umgebung etc.)  
z.B. meist vor Schreibtisch/Computer sitzend =1; viel unterwegs/draußen, in hügeligem Gelände =5

vorwiegend in Ruhe 1  2  3  4  5  sehr aktiv

9. Warum nutzen Sie einen Elektrorollstuhl?

(nur für E-Rollstuhlnutzer ; mehrere Antworten möglich)

fehlende oder zu geringe Kraft

fehlende Restfunktion

keine Motivation

Praktikabilität/Bequemlichkeit z.B. für längere Wege

andere Gründe, und zwar:

10. Kreuzen Sie bitte Ihre Lähmungshöhe an!

Wenn sich die Lähmung zwischen 2 Segmenten befindet, setzen Sie bitte die Kreuze nebeneinander in die entsprechenden Felder.

### HALSWIRBEL/ CERVIKAL

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
<input type="checkbox"/>							

### BRUSTWIRBEL/THORAKAL

Th1	Th2	Th3	Th4	Th5	Th6	Th7	Th8	Th9	Th10	Th11	Th12
<input type="checkbox"/>											

### LENDENWIRBEL/LUMBAL

L1	L2	L3	L4	L5
<input type="checkbox"/>				

Haben Sie noch weitere Lähmungen/ Einschränkungen? (Cerebralparese, Amputation etc.)

Ja , und zwar:

.....

Nein

11. Wann ist Ihre Querschnittlähmung eingetreten? (Monat, Jahr)

.....

# Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Querschnittgelähmte

12. Sind Sie motorisch komplett oder inkomplett gelähmt?

komplett   
nächste Frage überspringen

inkomplett   
weiter mit nächster Frage

13. Wenn Sie inkomplett gelähmt sind, wie stark können Sie dann Ihre Restfunktionen nutzen, bzw. nutzen Sie sie tatsächlich?

z.B. selten/ wenig =1; häufig intensiv, mit Krücken gehen, frei stehen =5

kaum 1  2  3  4  5  sehr intensiv

14. Machen Sie Physiotherapie?

Ja   
Bitte weiter mit der nächsten Frage

Nein   
Nächste Frage überspringen

15. Wieviele Stunden pro Woche und wie intensiv machen Sie Physiotherapie?  
(Bitte nur 1 Kreuz machen.)

	eher passiv	aktiv und passiv	vorwiegend aktiv
½ -¾ Stunde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 Stunde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-2 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mehr als 2 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

16. Betreiben Sie Sport?

Ja   
Bitte weiter mit der nächsten Frage

Nein   
Bitte weiter mit Frage 19

17. Welchen Sport treiben sie und wie hoch schätzen Sie die Intensität ein, mit der sie den jeweiligen Sport betreiben?

(z.B. Handbike, spazieren fahren =1, Training mit hoher Belastung =5)

Sie können insgesamt drei Aktivitäten angeben.

Bitte in Großbuchstaben schreiben. Die Stundenzahl pro Woche bitte nicht berücksichtigen, sie wird in der nächsten Frage erfasst.

1. \_\_\_\_\_  
gering 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 hoch

2. \_\_\_\_\_  
gering 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 hoch

3. \_\_\_\_\_  
gering 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 hoch

# Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Querschnittgelähmte

18. Wie hoch ist der Trainingsaufwand in der Woche je Sport (ohne Rüstzeiten)?

	Sportart 1	Sportart 2	Sportart 3
Weniger als 1 Stunde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-2 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3-5 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6-10 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mehr als 10 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

19. Falls Sie keine Sportaktivitäten (mehr) betreiben, was sind die Gründe dafür?  
(Mehrere Antworten möglich)

- Sportstätte nur mit Auto erreichbar, das nicht vorhanden ist, oder genutzt werden kann
- keine Möglichkeit, das benötigte Sportgerät zu transportieren bzw. keine Lagermöglichkeit bei Sportstätte
- benötigte Assistenz nicht vorhanden
- benötigtes Sportgerät nicht finanzierbar
- Weg zur Sportstätte nicht finanzierbar (Benzin, Begleitung)
- kein Interesse
- keine Motivation
- keine Zeit
- kein passendes Angebot
- andere Gründe, und zwar:

## Fragen zu und Lebensumständen und zur Person

20. Rauchen Sie?

Ja   
Bitte weiter mit der nächsten Frage

Nein   
Bitte weiter mit Frage 22

21. Wieviele Zigaretten rauchen Sie durchschnittlich pro Tag?

..... Zigaretten pro Tag  rauche nicht täglich

# Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Querschnittgelähmte

22. Was ist Ihr höchster Bildungsabschluss? (bitte nur 1 Kreuz machen)

keinen Schulabschluss / Abgangszeugnis

Hauptschulabschluss / Volksschulabschluss

Realschulabschluss / mittlere Reife

Abitur / (Fach) Hochschulreife

Abgeschlossenes Studium

Zur Zeit noch in schulischer Ausbildung   
(vor erstem Schulabschluss)

23. Gehen Sie einer beruflichen oder ehrenamtlichen Tätigkeit nach?

Ja   
Bitte weiter mit der nächsten Frage

Nein   
Bitte weiter mit Frage 25

24. Wieviele Stunden in der Woche wenden Sie durchschnittlich für diese Tätigkeit auf (inkl. evtl. Anfahrt)?

... Stunden

25. Angabe des Geschlechts

männlich

weiblich

26. Angabe des Alters (Geburtsmonat/Jahr)

...../.....

## Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Fußgänger

Wie häufig verzehren Sie die folgenden Lebensmittel und Getränke?						
<b>Getreideprodukte</b>	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Weißbrot, weiße Brötchen						
Graubrot						
Vollkornbrot/-brötchen						
Müsli						
Vollkornprodukte						
Kartoffeln, Reis, Nudeln						
<b>Milch und Milchprodukte</b>	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Käsesorten mind. 45% Fett i. Tr.						
fettarme Käsesorten mit weniger als 45% Fett i. Tr.						
Milch, Quark, Joghurt o.ä. mit 3,5% Fett						
Milch, Quark, Joghurt o.ä. mit 1,5% Fett						
<b>Fleisch- und Fischprodukte</b>	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Fleisch						
fettreiche Wurstsorten (z.B. Leberwurst, Mettwurst, Salami, Teewurst, Bratwurst)						
fettarme Wurstsorten (z.B. Corned Beef, Geflügelwurst, magerer Schinken)						
Fisch						
<b>Obst und Gemüse</b>	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Gemüse (auch Salat), Hülsenfrüchte						
Obst						
<b>Fette</b>	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Butter, Margarine						
Halbfettbutter oder -margarine						
Oliven- oder Rapsöl						
Sonnenblumenöl oder sonstiges Öl						
<b>Süße Extras</b>	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Süßigkeiten, Schokolade						
Kuchen, Kekse, Torten						
Eis, Pudding und süße Speisen						
<b>Salzige Extras</b>	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Salzgebäck, Salzstangen						
Chip, Flips, etc.						
Hamburger, Döner, Pizza (nicht selbstgemacht)						
<b>Getränke</b>	mehrmals täglich	täglich	mehrmals pro Woche	etwa 1x pro Woche	mehrmals pro Monat	seltener/ nie
Mineralwasser, verdünnte Obstsäfte						
Limonade, Cola						
Limonade oder Cola mit Süßstoff						
Obst- und Gemüsesäfte						
Kakao, Milchshake						
Kaffee, Tee						
Bier, Wein, sonstige alkoholische Getränke						

# Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Fußgänger

## Ernährungsgewohnheiten, -verhalten

Die Inhalte einiger Fragen mögen etwas befremdlich klingen, was daran liegt, dass der ursprüngliche Fragebogen für Querschnittgelähmte konzipiert ist; aus diesem Grund ist auch die Nummerierung nicht durchgängig, und einige Fragen fehlen.

2. Wie häufig am Tag bereiten Sie sich durchschnittlich frische Mahlzeiten selber zu?  
( ohne Mikrowellen-, Ofen- oder Pfannenfertiggerichte oder einzelne Obst-/ Gemüsestücke)

- überhaupt nicht
- 1 Mal
- 2 Mal
- mehr als 2 Mal

3. Wenn Sie sich Ihre Mahlzeiten nicht selbst zubereiten, auf welche Weise und wie häufig pro Woche werden Sie sonst mit Essen versorgt?  
(mehrere Antworten möglich)

- Fertiggericht  \_\_\_ Mal
- Partner oder anderer Angehöriger  \_\_\_ Mal
- Pflegekraft oder andere Betreuungsperson  \_\_\_ Mal
- Haushaltshilfe  \_\_\_ Mal
- Kantine/Mensa  \_\_\_ Mal
- Fast Food -imbiss/-restaurant  \_\_\_ Mal
- „Essen auf Rädern“  \_\_\_ Mal
- Bestellservice  \_\_\_ Mal
- Anderes, und zwar:  \_\_\_ Mal

4. Haben Sie Gewichtsprobleme?

- Ja  Nein

5. Verfügen Sie Ihrer Meinung nach über ausreichend Informationen zur gesunden Ernährung im Allgemeinen?

- Ja  Nein

6. -

# Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Fußgänger

## Sport- und Bewegungsverhalten/ Funktionen

10. Kreuzen Sie bitte Ihre Lähmungshöhe an!

Wenn sich die Lähmung zwischen 2 Segmenten befindet, setzen Sie bitte die Kreuze nebeneinander in die entsprechenden Felder.

Haben Sie noch weitere Lähmungen/ Einschränkungen? (Cerebralparese, Amputation etc.)

Ja , und zwar:

Nein

.....

11. -

12. -

13. -

14. Machen Sie Physiotherapie?

Ja

Nein

Bitte weiter mit der nächsten Frage

Nächste Frage überspringen

15. Wieviele Stunden pro Woche und wie intensiv machen Sie Physiotherapie?

(Bitte nur 1 Kreuz machen.)

	eher passiv	aktiv und passiv	vorwiegend aktiv
½ -¾ Stunde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 Stunde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-2 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mehr als 2 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

16. Betreiben Sie Sport?

Ja

Nein

Bitte weiter mit der nächsten Frage

Bitte weiter mit Frage 19

17. Welchen Sport treiben sie und wie hoch schätzen Sie die Intensität ein, mit der sie den jeweiligen Sport betreiben?

(z.B. Handbike, spazieren fahren =1, Training mit hoher Belastung =5)

Sie können insgesamt drei Aktivitäten angeben.

Bitte in Großbuchstaben schreiben. Die Stundenzahl pro Woche bitte nicht berücksichtigen, sie wird in der nächsten Frage erfasst.

# Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Fußgänger

1. \_\_\_\_\_  
gering 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 hoch

2. \_\_\_\_\_  
gering 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 hoch

3. \_\_\_\_\_  
gering 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 hoch

18. Wie hoch ist der Trainingsaufwand in der Woche je Sport (ohne Rüstzeiten)?

	Sportart 1	Sportart 2	Sportart 3
Weniger als 1 Stunde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1-2 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3-5 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6-10 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mehr als 10 Stunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

19. Falls Sie keine Sportaktivitäten (mehr) betreiben, was sind die Gründe dafür?  
(Mehrere Antworten möglich)

- Sportstätte nur mit Auto erreichbar, das nicht vorhanden ist, oder genutzt werden kann
- keine Möglichkeit, das benötigte Sportgerät zu transportieren bzw. keine Lagermöglichkeit bei Sportstätte
- benötigte Assistenz nicht vorhanden
- benötigtes Sportgerät nicht finanzierbar
- Weg zur Sportstätte nicht finanzierbar (Benzin, Begleitung)
- kein Interesse
- keine Motivation
- keine Zeit
- kein passendes Angebot
- andere Gründe, und zwar:

# Fragebogen zur Ernährung und Bewegung für Fußgänger

## Fragen zu und Lebensumständen und zur Person

20. Rauchen Sie?

Ja

Bitte weiter mit der nächsten Frage

Nein

Bitte weiter mit Frage 22

21. Wieviele Zigaretten rauchen Sie durchschnittlich pro Tag?

..... Zigaretten pro Tag

rauche nicht täglich

22. Was ist Ihr höchster Bildungsabschluss? (bitte nur 1 Kreuz machen)

keinen Schulabschluss / Abgangszeugnis

Hauptschulabschluss / Volksschulabschluss

Realschulabschluss / mittlere Reife

Abitur / (Fach) Hochschulreife

Abgeschlossenes Studium

Zur Zeit noch in schulischer Ausbildung   
(vor erstem Schulabschluss)

23. Gehen Sie einer beruflichen oder ehrenamtlichen Tätigkeit nach?

Ja

Bitte weiter mit der nächsten Frage

Nein

Bitte weiter mit Frage 25

24. Wieviele Stunden in der Woche wenden Sie durchschnittlich für diese Tätigkeit auf (inkl. evtl. Anfahrt)?

... Stunden

25. Angabe des Geschlechts

männlich

weiblich

26. Angabe des Alters (Geburtsmonat/Jahr)

...../.....

## Literaturverzeichnis

- Acheson, K.G.: Theory, assumptions and limitations of calculating energy expenditure and substrate utilization from respiratory exchange data. In: Kleinberger, G., Eckart, J. (Hrsg.): Methodische Fragen zur indirekten Kalorimetrie. München u.a.: Zuckschwerdt, 1986. Schriftenreihe: Klinische Ernährung Bd. 30, S.8-18
- Brosius, F.: SPSS 16 für Dummies. 2. aktual. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH, 2008
- Buchholz, A.C., Pencharz, P.B.: Energy expenditure in chronic spinal cord injury. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 7, 2004, S. 635-639
- Deutscher Rollstuhlsportverband (Hrsg.): Rad und Tat. 2. Ed. Detmold: k-konzept 2006
- Exner, G.: Der Arbeitskreis „Querschnittlähmungen“ des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften in Deutschland. Fakten- Zahlen- Prognosen. *Trauma Berufskrankheit 2004 6, Springer, 2004, S. 147-151*
- Exner, G., Richarz, P.: Biologisch-medizinisches Wissen. In: Strohkendl, H. (Hrsg.): DRS-Lehrbrief. 1. Aufl. Lohmar 2010, S. 88-107
- Geiß, K.-R., Hamm, M.: Handbuch Sportlerernährung. 7. Aufl. Reinbek: Rowohlt Taschenbuch, 2004
- Groah, S.L., Nash, M.S., Ljungberg, I.H., Libin, A., Hamm, L.F., Ward, E., Burns, P.A., Enfield, G.: Nutrient intake and body habitus after spinal cord injury: An analysis by sex and level of injury. *The Journal of spinal cord medicine; Feb. 2009; 32 (1), S. 25-33*
- Harris, J.A., Benedict, F.G.: A biometric study of basal metabolism in men. Washington: Carnegie Institution of Washington, Publication No.279, 1919
- Kroidl, R.F., Schwarz, S., Lehnigk, B.: Kursbuch Spiroergometrie Technik und Befundung verständlich gemacht. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2010
- Lang, F.: Basiswissen Physiologie, Berlin: Springer Medizin, 2000
- Liusuwan, R.A., Widman, L.M., Abresch, D.T., Johnson, A.J., McDonald, C.M.: Behavioural intervention, exercise and nutrition education to improve health and fitness (benefit) in adolescents with mobility impairment due to spinal cord dysfunction. *The Journal of spinal cord medicine; 30, 2007, S. 119-126*
- McDonald, C.M., Abresch-Meyer, A. L., Dopler, M., Widman, L.M.: Body mass index and body composition measures by dual x-ray absorptiometry in pa-

- tients aged 10 to 21 years with spinal cord injury. *The Journal of spinal cord medicine*; 30, 2007, S.97-204
- Manore, M., Thompson, J.: Sport nutrition for health and performance. Champaign, IL: Human Kinetics, 2000
- Meininger, M.: Ernährungsgewohnheiten und Verdauung bei Querschnittgelähmten - Anforderungen an Informationsquellen -. Justus-Liebig-Universität Gießen, Masterarbeit, (März 2009).
- Mojtahedi, M.C., Valentine, R.J., Evans, E.M.: Body composition assessment in athletes with spinal cord injury: comparison of field methods with dual-energy x-ray absorptiometry. *The Journal of spinal cord medicine*, Sep 47 (9), 2009, S. 698-704
- Müller, M.J.: Ernährungsmedizinische Praxis. Methoden - Prävention - Behandlung. 2. Aufl. Heidelberg: Springer Medizin, 2007
- Schmidt, R. F., Lang, F., Thews, G.: Physiologie des Menschen- mit Pathophysiologie. 29. vollst. neu bearb. und aktual. Aufl. Springer Medizin: Heidelberg, 2005
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U.: Prometheus. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 2. überarb. u. erw. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2007
- Speckmann, E.-J., Hescheler, J., Köhling, R.: Physiologie: mit 92 Tabellen. 5. Aufl. München u.a.: Elsevier, Urban & Fischer, 2008
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Pfaff, H. und Mitarbeiterinnen: Schwerbehinderte Menschen 2007. Sozialleistungen, *Wirtschaft und Statistik Februar 2010*, S. 150-157
- Strohkendl, H.: Funktionelle Klassifizierung für den Rollstuhlsport. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1978
- Thietje, R.: Persönliche Auskunft am 29.03.10 als Leiter des Arbeitskreises "Querschnittlähmungen" der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) Spitzenverband
- Tomey, K.M., Chen, D.M., Wang, X., Braunschweig, C.L.: Dietary intake and nutritional status of urban community-dwelling men with paraplegia. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. Apr, 86 (4):664-71 (2005)
- Weaver, F.M., Collins, E.G., Kurichi, J., Miskevics, S., Smith, B., Rajan, S., Gater, D.: Prevalence of obesity and high blood pressure in veterans with spinal

cord injuries and disorders: a retrospective review. *American Journal of physical medicine and rehabilitation*. Jan, 86 (1): 22-9 (2007).

Zäch, G.A., Koch, H.G. (Hrsg.): Paraplegie Ganzheitliche Rehabilitation, Karger: Basel, 2006

## **Eidesstattliche Versicherung**

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

.....  
Anette von Laffert