



universität  
wien

# MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

**Maximalkraftentwicklung bei Frauen und Männern  
mittleren Alters durch Kraftausdauertraining in einem  
Zeitraum von fünf Monaten**

Verfasserin

INES BAUER

angestrebter akademischer Grad  
Magistra der Philosophie (Mag. phil.)

Wien, im März 2009

Studienkennzahl lt. Studienblatt:  
Studienrichtung lt. Studienblatt:  
Betreuerin / Betreuer:

A 066 826  
Magisterstudium Sportwissenschaft  
Univ.Ass.Dr. Harald Tschan

Eidesstattliche Erklärung:

Ich bestätige hiermit, dass ich diese Arbeit selbstständig  
unter Verwendung der angegebenen Quellen erstellt  
und mich keiner sonstigen Hilfsmittel bedient habe.

Ines Bauer

## **Danksagung**

Bei folgenden Leuten möchte ich mich bedanken, da sie mir eine wertvolle Hilfe bei der Erstellung der Diplomarbeit waren.

- Herrn Ass. Prof. Dr. Harald Tschan für die Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit und seinen Ratschlägen
- Herrn Mag. Mürzl für die Bereitstellung der erforderlichen Untersuchungsgeräte und für das ProbandenInnen – Kollektiv
- allen ProbandenInnen, die sich freiwillig zur Verfügung stellten und einer Kollegin die als „Fotomodell“ fungierte
- und ein großer Dank gilt meinen Eltern, die mir das Studium ermöglicht haben

## **Zusammenfassung**

Mit zunehmenden Alter nimmt die Muskelmasse und – kraft deutlich ab (zwischen dem 30. Lebensjahr und dem 70 LJ um ca. 30 %). Diese Abnahme ist aber nicht nur altersbedingt, sondern lässt sich auch auf unseren gesellschaftlichen Lebensstil und die Mindestbeanspruchung an den Bewegungsapparat zurückführen. (GEIGER 2003) Daher ist es sehr wichtig, die richtigen und adäquaten Reize zu setzen, um somit den Altersprozess des aktiven und passiven Bewegungsapparates zu reduzieren. Es ist eine empirische Arbeit, wobei der Probandenpool aus 39 Personen besteht. Davon sind 20 weibliche und 19 männliche Probanden. Die Hypothesen lauten wie folgt:

Gibt es einen signifikanten Unterschied der Kraftentwicklung bei Männern und Frauen mittleren Alters (Jahrgang 1950 - 1960)?

Gibt es signifikante Unterschiede bei den drei Testübungen bezogen auf das Geschlecht.

Geschlechtsspezifische Unterschiede bezogen auf das Verhältnis der beiden Krafttestungen.

Sowie ein Vergleich der ersten Maximalkrafttestung mit der zweiten bezogen auf das Geschlecht und auch auf die einzelnen Kraftgeräte.

Auch wurde getestet, ob es einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit der Anwesenheit gibt.

Die Maximalkrafttestung wurde an drei Kraftgeräten (Leg press, Vertical traction und Chest press) und zu zwei unterschiedlichen Terminen durchgeführt. Die zweite Testung durfte nicht länger als fünf Monate her sein und die Personen mussten regelmäßig trainieren. Die Testpersonen hatte eine kurze Aufwärmphase an einem Ausdauergerät und anschließend am Kraftgerät selbst. Die Personen versuchten zehn Wiederholungen mit einem bestimmten Gewicht zu bewältigen. Wurden diese zehn Wiederholungen (ohne Bewegungsausweichung) durchgeführt, hatten sie eine eineinhalb minütige Pause und dann wurde das Gewicht angehoben, solange bis der ProbandInnen nicht mehr konnte. Die Untersuchungsergebnisse wurden anhand von SPSS 14.0 für Windows und Microsoft Excel ausgewertet. Bei der Anwesenheit der Probanden betrug der Wert  $p = 0,642$  und war somit nicht signifikant. Der Durchschnittsjahrgang der männlichen Probanden beträgt  $1956 \pm 2,4$  und bei den weiblichen  $1956 \pm 3,6$  und ist nicht signifikant. Der prozentuelle Anstieg zwischen erster und zweiter Testung an der Leg press, Vertical traction und Chest press war bei den männlichen als auch weiblichen Personen signifikant. Die Ergebnisse bei der Leg press, auch ohne die Steigerungen, waren nicht signifikant ( $p = 0,099$  und  $p = 0,290$ ). Bei der Chest press waren die Ergebnisse nicht signifikant ( $p = 0,099$ ). Jedoch bei der Vertical traction kam es zu einem signifikanten Unterschied und zwar mit einem Wert von  $p = 0,014$ .

## Abstract

With increasing age the muscle mass and force declines drastically (between the third age decade and seventh decade nearly 30 %). This decline is not alone from the aging, it also depends on the social life style and the training effect on the muscular system. Therefore it is very necessary to give the human skeletal system the right and functional adequate inputs to prevent the body for the deterioration. Also it is possible to be fit in the old age, if someone had done the optimal training.

Is there a significant difference in the strength development between the middle aged genders (age-group 1950 - 1960)?

Is there a significant difference in the test trials between the genders?

Gender differences in the strength tests?

Are there differences between the first and second strength test in the leg press, vertical traction and chest press?

Also were we looking, if there is a significant difference in the frequency of the presence?

This study aimed in comparing the gender-specific training effects of muscle endurance training. 20 middle-aged female and 19 middle-aged male subjects (age: 52.0  $\pm$  3.6 female and 52.0  $\pm$  2.4 male; body height: 166.4  $\pm$  5.5 (female) 176.2  $\pm$  4.7 (male); bodyweight: 67  $\pm$  7 (female) 85.2  $\pm$  6.3 (male); BMI: 24,2  $\pm$  2,6 (female) 27.5  $\pm$  1.7 (male)) respectively performed a muscle endurance training 6.4 times/month (female) and 6.1 times/month (male) over a period of 5 month. 1 repetition maximum (1RM) of 3 exercises (leg press, vertical traction, chest press) was tested before and following this intervention study. The tests were on different days. The second test was five month after the first one and the persons trained frequently. The persons started with a short warm up and then we began with the maximum strength test. The persons tried to make ten repetitions with a fix weight. If the people got ten repetitions (without change of key), they had a short break from nearly one minute and a half. Then they started again with a heavier weight until they could not go on.

For the statistical results I used the SPSS 14.0 for Windows and Microsoft Excel. The percental increase between the first and second test in the leg press, vertical traction and chest press was significant. The results for the leg press was not significant ( $p = 0,099$  and  $p = 0,290$  without increase). The chest press was also not significant ( $p = 0,099$ ). However the result for the vertical traction was significant ( $p = 0,014$ ). Conclusion: Muscle endurance training of 5 months resulted in a sign increase in the 1RM in both gender without sex-differences in trainability.

<b>1</b>	<b>VORWORT</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>STRUKTUR DER KRAFTFÄHIGKEIT</b>	<b>14</b>
3.1	Maximalkraft	14
3.2	Schnellkraft	15
3.2.1	<i>Startkraft</i>	16
3.2.2	<i>Explosivkraft</i>	16
3.3	Reaktivkraft	17
3.4	Kraftausdauer	17
<b>4</b>	<b>ANATOMIE DER MUSKULATUR</b>	<b>18</b>
4.1	Muskelarten	18
4.1.1	<i>Quergestreifte Muskulatur</i>	19
4.1.2	<i>Glatte Muskulatur</i>	20
4.1.3	<i>Quergestreifte Herzmuskulatur</i>	21
4.2	Muskuläre Kontraktionsformen	21
4.2.1	<i>Statische Arbeitsweise</i>	21
4.2.2	<i>Dynamische Arbeitsweise</i>	22
4.2.2.1	Dynamisch – konzentrische Arbeitsweise	22
4.2.2.2	Dynamisch – exzentrische Arbeitsweise	23
4.2.2.3	Exzentrisch – konzentrische Arbeitsweise	23
<b>5</b>	<b>PHYSIOLOGIE</b>	<b>24</b>
5.1	Muskelfasertypen	24
5.1.1	<i>Slow-twitch fibres</i>	25
5.1.2	<i>Fast-twitch fibres</i>	26
5.2	Muskelkontraktion	26
5.3	Mechanische Eigenschaften der Muskulatur	28
5.4	Energiestoffwechsel der Muskulatur	28
5.4.1	<i>Kurzzeitige Muskelarbeit</i>	29
5.4.1.1	Adenosintriphosphat (ATP)	29
5.4.1.2	Kreatinphosphat (KP)	30

5.4.2	<i>Langzeitige Muskelarbeit</i>	31
5.4.2.1	Glykogenolyse	32
5.4.2.2	Glykolyse	32
5.4.2.3	Acetyl CoA	33
5.4.2.4	Trikarbonsäure- oder Zitronensäurezyklus	33
5.4.2.5	Atmungskette	33
5.5	Muskuläre Ermüdung	34
5.6	Laktatbildung	34
5.7	Neurale Faktoren	35
5.7.1	<i>Intramuskuläre Koordination</i>	36
5.7.1.1	Rekrutierung	37
5.7.1.2	Frequenzierung	37
5.7.1.3	Synchronisierung	37
5.7.2	<i>Intermuskuläre Koordination</i>	38
5.8	Alles-oder-Nichts Prinzip	39
5.9	Muskelspindel	39
5.9.1	Reflex	40
5.9.1.1	monosynaptischer Reiz	41
5.9.1.2	polysynaptischer Reiz	41
<b>6</b>	<b>KRAFTTRAINING</b>	<b>42</b>
6.1	Begriffserklärung	42
6.1.1	<i>Definition Kraft</i>	42
6.1.2	<i>Definition Training</i>	43
6.2	Superkompensation	44
6.3	Aspekte der Trainingssteuerung	47
6.4	Kraftausdauertraining	48
<b>7</b>	<b>GESCHLECHTSSPEZIFISCHE UNTERSCHIEDE</b>	<b>49</b>
7.1	Muskelkraft	51
7.2	Hormone	52
7.2.1	<i>Menopause</i>	52
7.3	Faser	53
7.4	Neurale Adaption	54

7.5 Obere und untere Extremitäten	54
7.6 Muskuläre Ermüdung	56
7.7 Muskuläre Ausdauer	57
7.8 Trainingshäufigkeit	58
<b>8 LEISTUNGSDIAGNOSTISCHE VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER KRAFT</b>	<b>59</b>
8.1 Muskelleistungsschwelle	59
8.2 EMG	60
8.3 Kraft-Zeit-Kurve	61
8.4 Sportmotorische Tests	62
8.5 Maximalkrafttestung	62
8.5.1 Statische Krafttestung	62
8.5.2 Dynamische Krafttestung	63
8.5.2.1 Konzentrische Maximalkraft	63
8.5.2.2 Exzentrische Maximalkraft	63
<b>9 TESTGÜTEKRITERIEN</b>	<b>64</b>
9.1 Hauptgütekriterien	64
9.1.1 Objektivität	64
9.1.2 Reliabilität	65
9.1.3 Validität	65
9.2 Nebengütekriterien	65
<b>10 EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG</b>	<b>66</b>
10.1 Fragestellungen und Hypothesen	66
10.1.1 Hypothesenbildung	69
10.2 Untersuchungsmethodik	69
10.2.1 Probanden	69
10.2.1.1 Bodymass Index (BMI)	73
10.2.1.2 Allgemeine grafische Darstellungen der Probanden	73



10.2.2	Beschreibung der Testverfahren und Versuchsanordnung	75
10.2.2.1	Testdurchführung	76
10.2.2.1.1	<i>Maximalkrafttestung an der Chest press</i>	76
10.2.2.1.2	<i>Maximalkrafttestung an der Leg press</i>	78
10.2.2.1.3	<i>Maximalkrafttestung an der Vertical traction</i>	80
10.3	Auswertung mit Hilfe statistischer Methoden	82
10.3.1	<i>Arithmetisches Mittel</i>	82
10.3.2	<i>Varianz</i>	83
10.3.3	<i>Standardabweichung</i>	83
10.3.4	<i>Wiederholungsmaximum</i>	83
10.3.5	<i>T-Test</i>	84
10.3.6	<i>Varianzanalyse</i>	84
10.4	Ergebnisse der Untersuchung	84
10.4.1	<i>Deskriptive Statistik</i>	84
10.4.1.1	Maße der Streuung	84
10.4.2	<i>Ergebnisse der statistischen Überprüfung</i>	87
10.4.2.1	Normalverteilung der erhobenen Daten	87
10.4.2.2	Ergebnisse der T-Tests (für unabhängige und gepaarte Stichproben)	89
10.5	Diskussion	95
10.6	Konklusio	100
<b>11</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>102</b>
<b>12</b>	<b>ANHANG</b>	<b>111</b>
12.1	Abbildungsverzeichnis	111
12.2	Tabellenverzeichnis	112
12.3	Statistik	113

# 1 Vorwort

Durch das Studium Sportwissenschaften hatte ich die Möglichkeit ein großes Spektrum an Wissenschaftsbereichen (Soziologie, Psychologie, Physiologie, Pädagogik und Bereiche der Trainingswissenschaft und der Biomechanik) zu betrachten und zu erforschen. Dadurch kam ich zu dem Zweig Gesundheitssport, weil mich die anatomischen und physiologischen Bereiche sehr faszinierten.

Ich arbeite in einem medizinischen Trainingsinstitut, in dem wir Leuten anhand von unterschiedlichen Ausdauer- und Krafttrainingsmethoden helfen, ihre körperlichen Beschwerden in den Griff zu bekommen bzw. ihre Fitness aufrechtzuerhalten und bestenfalls zu steigern. Da ich mit unterschiedlichen Klientel, großteils untrainierten Personen, arbeite, stellen sich laufend Fragen bezüglich der Trainingsgestaltung.

Mein Hauptaugenmerk richtet sich auf die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der Maximalkrafttestung. Ich wollte herausfinden, inwieweit es möglich ist durch regelmäßiges Training in einer gewissen Zeitspanne einen Kraftzuwachs zu erreichen und wie hoch dieser ist. Es wurde ein Eingangstest (Maximalkrafttestung an drei unterschiedlichen Geräten: Leg Press, Vertical Traction und Chest Press) und nach spätestens fünf Monaten ein Abschlusstest durchgeführt. Anhand von statistischen Messmethoden wurden die Ergebnisse berechnet.

Muskelkraft, welche das Produkt von Geschwindigkeit und Muskelkontraktionskraft ist, wird für alle täglichen Aktivitäten benötigt. Darum sollte man spätestens ab Fünfzig mit dem Training beginnen, um den Organismus zu schützen und den altersbedingten Rückgang zu verlangsamen. (YASSIERLI et al. 2007) Das 50ste Lebensjahr ist deshalb so wichtig, da ab diesem Zeitpunkt die Kraft abnimmt, wobei die Explosivkraft am meisten im Gegensatz zur Maximalkraft minimiert wird. (WEINECK 2007)

Mit abnehmender Kraft lassen sehr viele Körperfunktionen nach und die Leistungsfähigkeit wird reduziert, weil die „Kraft“ ein sehr wichtiger Bestandteil für alle Aktivitäten des täglichen Lebens ist, wie z.B. Gehen, Stiegen steigen etc. Auch wird durch den Kraftverlust die körperliche Bewegungsfreiheit minimiert und die Anfälligkeit gegenüber degenerativen Prozessen erhöht sich. (KATSIARAS et al. 2005)

## 2 Einleitung

Kraft spielt in allen Bereichen des täglichen Lebens eine wichtige Rolle, nicht nur im Sport sondern auch bei alltäglichen Erledigungen. Daher ist es wichtig, diese zu fördern bzw. zu trainieren. Ebenso lassen sich durch das Krafttraining auch einige Zivilisationskrankheiten (z.B. Bluthochdruck, Adipositas) günstig beeinflussen.

Krafttraining ist eines der sichersten und gesundheitsförderlichsten Maßnahmen um die Kraft im Allgemeinen zu steigern und es fördert zusätzlich die funktionale Fähigkeit bei den älteren Menschen. (GEIGER 2003)

*„Resistance training, specifically, plays an important role and is an effective intervention to increase energy capacity, decrease body fat, and increase muscle mass.“  
(CARMELI et al. 2000, 250)*

Mit zunehmenden Alter nimmt die Muskelmasse und – kraft deutlich ab (zwischen dem 30. Lebensjahr und dem 70 LJ um ca. 30 %). (GEIGER 2003) Diese Abnahme ist aber nicht nur altersbedingt, sondern lässt sich auch auf unseren gesellschaftlichen Lebensstil und die Mindestbeanspruchung an den Bewegungsapparat zurückführen. (GEIGER 2003) Daher ist es sehr wichtig, die richtigen und adäquaten Reize zu setzen, um somit den Altersprozess des aktiven und passiven Bewegungsapparates zu reduzieren. (GOTTLOB 2001) Außerdem kann man durch ein richtig dosiertes Training bis ins hohe Alter agil und fit bleiben.

Krafttraining besitzt einerseits eine hohe positive Wirk- und Vitalfunktion auf den Organismus, die Psyche und das Selbstwertgefühl und ist andererseits unabdingbare Voraussetzung eines zielorientierten Trainings in nahezu allen Sportarten und Disziplinen. Die verschiedenen Trainingsmethoden werden im Allgemeinen durch die Belastungsnormativa, die Art der Übung, die Übungsausführung sowie die Bewegungsgeschwindigkeit beschrieben und verfügen über ein vielfältige Variationsbreite und Komplexität. (GOTTLOB 2001)

Durch einen schwachen Muskel, reduzierte Knochendichte oder ein schwaches Gewebe, werden die Sturzgefahr, Rückenbeschwerden und/oder Verletzungen vergrößert bzw. nicht kompensiert. (FISH et al. 2003) Muskelatrophie ist im Alter einer der Hauptgründe für eine nicht funktionstüchtige Muskulatur. Deshalb ist es so wichtig, dass Personen jedes Alters ein Krafttraining durchführen. Somit können sie ihren Körper schützen und sind länger aktiv. (FISH et al. 2003)

Diese Arbeit konzentriert sich speziell auf die geschlechtsspezifischen Kraftunterschiede, berechnet durch die Maximalkraft. Die wissenschaftliche Fragestellung lautet wie folgt: Gibt es einen signifikanten Unterschied der Kraftentwicklung bei neunzehn Männern und zwanzig Frauen mittleren Alters (Jahrgang 1950 - 1960) durch Kraftausdauertraining. Folgende Hypothesen wurden aufgestellt:

- 1a. Haupthypothese: Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Leg Press bezogen auf das Geschlecht.
- 1b. Haupthypothese: Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Leg Press (die Personen, die bei der ersten Testung schon das Maximum erreicht hatten, werden jetzt ausgeschlossen) bezogen auf das Geschlecht.
- 1. Nebenhypothese: Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung vom ersten zum zweiten Test bei der Leg Press bei Männern und bei Frauen.
- 2. Haupthypothese: Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Vertical Traction bezogen auf das Geschlecht.
- 2. Nebenhypothese: Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung vom ersten zum zweiten Test bei der Vertical Traction bei Männern und bei Frauen.
- 3. Haupthypothese: Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Chest Press bezogen auf das Geschlecht.
- 3. Nebenhypothese: Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung vom ersten zum zweiten Test bei der Chest Press bei Männern und bei Frauen.
- 4. Haupthypothese: Es besteht kein signifikanter Unterschied des Alters bezogen auf das Geschlecht.
- 5. Haupthypothese: Es besteht kein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit der Anwesenheit beim Training von Frauen und Männern.

Mit Hilfe statistischer Verfahren wurden Vergleiche zwischen dem Kraftzuwachs bei Männern und Frauen aufgestellt und aufgelistet. Das Krafttraining wurde mittels der Kraftausdauerermethode absolviert und beinhaltete sowohl freie Übungen als auch Übungen am Gerät, sowie Koordinationsübungen. Die Probanden führten 2 – 3 Serien mit je 15 – 20 Wiederholungen durch, wobei zwischen den einzelnen Serien ca. 30 Sekunden Pause war. Die Anzahl der Wiederholungen wurde so gewählt, da eine Trainingssteuerung im Kraftausdauertraining über eine konstante Wiederholungszahl (20 Whg.) weder bei Freizeitsportlern noch bei Leistungssportlern unter der Prämisse der Ausbelastung in der einzelnen Serie zu gesundheitlich bedenklichen metabolischen und kardiovaskulären Auslenkungen mit entsprechender Risiko-steigerung für das kardiopulmonale System führt. (FRÖHLICH et al. 2004)

### 3 Struktur der Kraftfähigkeit

In der Literatur wird die Kraftfähigkeit in drei Komponente unterscheiden und zwar die Maximalkraft, Schnellkraft, die unterteilt wird in Start- und Explosivkraft, als Sonderform die Reaktivkraft und die Kraftausdauer. Die Schnellkraft und Kraftausdauer hängen von der Maximalkraft ab, somit bildet die Maximalkraft die Basisfähigkeit (siehe Abb.1). Daher werden bei einem Maximalkrafttraining auch die Schnellkraft und die Kraftausdauer mittrainiert und es kommt zu einer Verbesserung in allen Bereichen. (WEINECK 2007)

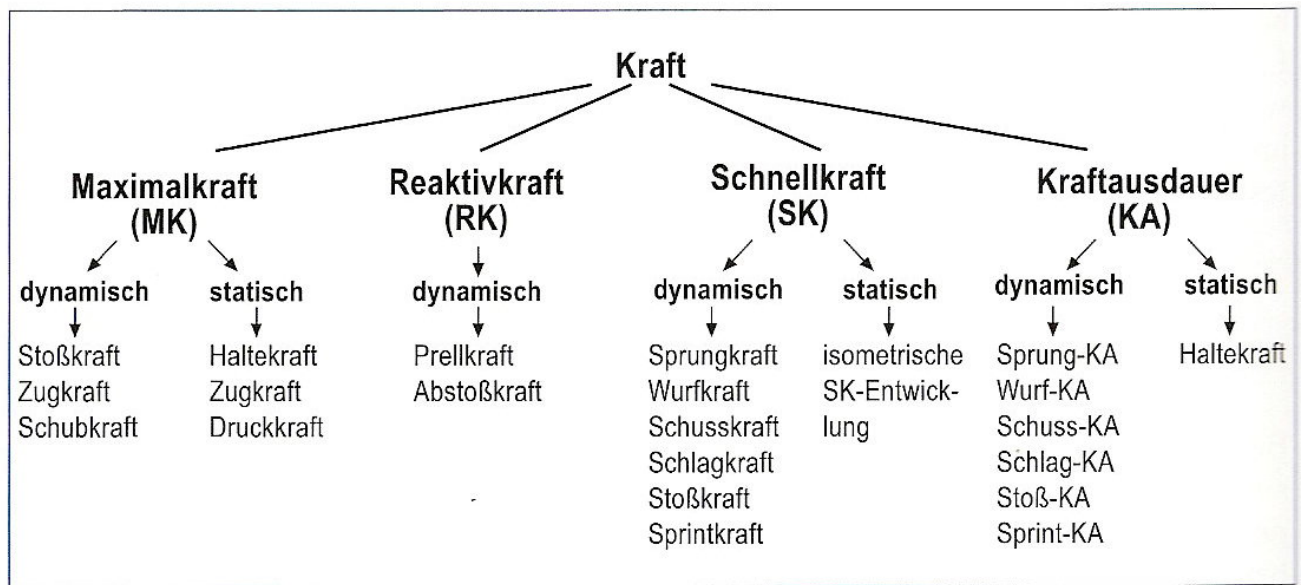


Abbildung 1: Die Kraft und ihre verschiedenen Kraftfähigkeiten und Erscheinungsformen  
(WEINECK 2007, 372)

#### 3.1 Maximalkraft

Die Maximalkraft ist die höchstmögliche Kraft, die das Nerven-Muskel-System bei maximaler willkürlicher Kontraktion gegen ein unüberwindbares Hindernis auszuüben vermag. (WEINECK 2007) Nur die Absolutkraft (= Summe aus Maximalkraft und Kraftreserve) ist noch höher als die Maximalkraft. Die Kraftreserve kann in Extremsituationen herangezogen werden, z.B. bei einem Überlebenskampf. (BOECK-BEHRENS, BUSKIES 2007)

Die Maximalkraft spiegelt den Ist-Zustand der Muskelkraft unabhängig vom jeweiligen Trainingszustand wieder. Nicht krafttrainierte Personen können aber nur auf ca. 70% des Kraftpotentials zurückgreifen, die restlichen 30 % sind als autonome Reserve gespeichert. (BOECKH-BEHRENS, BUSKIES 2007)

Je nach Messverfahren bzw. Muskel liegen die exzentrischen Maximalkraftwerte 5% - 30 % über den isometrisch erreichten Werten. Die Kraftdifferenz zwischen exzentrischer und isometrischer Maximalkraft wird als Kraftdefizit bezeichnet. Je besser man trainiert ist, umso geringer ist das Kraftdefizit. (WEINECK 2007)

Den Qualitätsgrad bzw. den Trainingszustand der intramuskulären Koordination kann man anhand des Kraftdefizits feststellen. Bei Untrainierten kann der Kraftdefezit bis zu 30 % bei Trainierten ca. 5 % betragen. Ein Nachweis für die Verbesserung der energetischen und morphologischen Struktur des Muskels konnte jedoch nicht belegt werden. Jedoch kann die Maximalkraft zu einer Hypertrophie (Muskelmassenvergrößerung) führen. (ZATSIORSKY 1996)

Die Maximalkraft ist von folgenden Komponenten abhängig (DE MARÉES 2003):

- Physiologischer Querschnitt
- Muskelfaserzahl
- Motivation
- Zug- bzw. Gelenkwinkel
- Tageszeit
- Intra- und intermuskuläre Koordination
- Vorbelastung
- Muskellänge und -struktur

### **3.2 Schnellkraft**

*„Ist die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, einen möglichst großen Kraftstoß innerhalb der verfügbaren (kurzen) Zeit zu entfalten.“ (BOECKH-BEHRENS/BUSKIES 2007, 37)*

WEINECK 2007 verfeinert die Definition noch mehr und spricht dann von einer Schnellkraft, wenn das Nerv-Muskelsystem, den Körper, Teile des Körpers (z.B. Arme) oder Gegenstände (z.B. Bälle) mit maximaler Geschwindigkeit bewegt.

Durch das Nerven-Muskelsystem können Widerstände mit einer größtmöglichen Kontraktionsgeschwindigkeit bei einer Zeit von  $<200$  ms überwunden werden. (DE MARÉES 2003) Schnellkräftige Bewegungen sind programmgesteuert, d.h. sie laufen nach einem im Zentralnervensystem gespeicherten Programm ab. Talentierte Sportler weisen ein so genanntes kurzes, weniger begabte ein langes Zeitprogramm auf. Durch Training können diese Zeitprogramme beeinflusst werden. Es ist daher beim Schnellkrafttraining wichtig, die Fläche unter der Kraft-Zeit-Kurve zu vergrößern. Dies gelingt durch ein gesondertes Training der Startkraft, Explosivkraft und/oder Maximalkraft. (HOHMANN 2007)

Das Schnellkraftverhalten ist für die richtige Technikausführung und Technikeffizienz in vielen Sportarten die entscheidende energetisch-mechanische Komponente, vor allem weil hierfür die Geschwindigkeit, mit der eine Kraft verrichtet wird, entscheidend ist. Deshalb ist das Schnellkrafttraining auch ein wichtiger Bestandteil des Trainings, für viele Sportarten. Die Schnellkraft hängt hauptsächlich von drei Faktoren ab: von der intramuskulären Koordination, von der Kontraktionsgeschwindigkeit und vom physiologischen Muskelquerschnitt (besonders vom Querschnitt der IIB Fasern). (WEINECK 2007)

### **3.2.1 Startkraft**

Die Startkraft besitzt die Fähigkeit, direkt zu Beginn der muskulären Anspannung einen möglichst hohen Kraftanstiegsverlauf realisieren zu können. Bei Kontraktionsbeginn werden viele motorische Einheiten eingesetzt die die hohe Anfangskraft möglich machen. Außerdem besitzt sie eine gewisse Kraftunabhängigkeit und basiert auf einem schnellen Bewegungsprogramm. Die Startkraft wird auch als Subkategorie der Explosivkraft gesehen. (WEINECK 2007)

### **3.2.2 Explosivkraft**

Bei der Explosivkraft handelt es sich um einen möglichst steilen Anstieg der Kraft gleich nach Beginn der Belastung (der Kraftzuwachs pro Zeiteinheit ist relevant). Außerdem hängt sie vom Prozentsatz der FT-Fasern, der Zahl der kontrahierten motorischen Einheiten und der Kontraktionskraft der rekrutierten Fasern ab. (BOECKH-BEHRENS, BUSKIES 2007)

*„Sie kann annähernd betragsgleich sowohl unter isometrischen Kontraktionsbedingungen als auch – bei entsprechend hohen Lastgewichten – während dynamisch konzentrischer Muskelkontraktion und entsprechend maximalem willentlichen Einsatz entwickelt werden.“ (DE MARÉES 2003, 191)*



Die Studie von GRANACHER et al. (2007) zeigt, wie wichtig die Explosivkraft ist. Bei der Vermeidung von Stürzen geht es im Vordergrund darum, so schnell wie möglich Kraft zu entwickeln und nicht darum möglichst hohe Kraftwerte zu erzielen.

### **3.3 Reaktivkraft**

Die Reaktivkraft wird definiert als das Vermögen, bei schnell ablaufendem Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus einer Muskelschlinge oder eines Muskels einen hohen Kraftstoß zu erzielen. Wegen neuronaler und mechanischer Besonderheiten gegenüber der Schnellkraft wird die Reaktivkraft inzwischen als relativ eigenständige Erscheinungsform der Kraft betrachtet. (HOHMANN et al. 2007)

Als Synonyme für die Reaktivkraft werden reaktive Arbeitsweise, Plyometrie, Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus und Schlagmethode verwendet.

Faktoren, warum es zu einer Leistungssteigerung beim Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus kommt, sind: es kommt zu einer Aktivierung der Muskelspindel (ähnlich wie beim Stretching) und die Querbrücken zwischen Aktin und Myosin speichern die Energie. (DE MARÉES 2003)

Die Reaktivkraft ist von drei Komponenten abhängig und zwar von den morphologischen – physiologischen, dem motivationalen und dem koordinativen Faktor. (WEINECK 2007)

### **3.4 Kraftausdauer**

Die Kraftausdauer hängt von zwei Merkmalen ab. Zum einen von der Bewältigung einer Last die von der Maximalkraft abhängig ist und zum anderen davon, dass die Dauer der Bewältigung der Last von der Stoffwechselleistung der Muskulatur abhängt. (HOHMANN et al. 2007)

*„Kraftausdauer ist die Fähigkeit bei einer bestimmten Wiederholungszahl von Kraftstößen innerhalb eines definierten Zeitraumes die Verringerung der Kraftstoßhöhen möglichst gering zu halten.“ (MARTIN, CARL, LEHNERTZ 2003, 109)*

Darin unterscheidet sich die Kraftausdauer von den anderen Erscheinungsformen der Kraft, bei denen es fast nur auf die Größe des Phosphagenpools ankommt. Außerdem kann durch ein adäquates Kraftausdauertraining das Herzkreislaufsystem, die Atmungs- und die Stoffwechseltätigkeit positiv beeinflusst werden. (NEUMANN et al. 1998)

Bei der Kraftausdauer geht es darum, dass eine Last so lange wie möglich mit dem gleichen Betrag wiederholbar ist oder die Last über längere Zeit zu halten. Bei einem Kraftanteil unter 30 % der Maximalkraft dominiert die Ausdauer, über 30 % die Kraft. Liegen die Krafteinsätze über 80 % der Maximalkraft, dann ist die Maximalkraft der limitierende Faktor. (ZINTL, EISENHUT 2001)

ZINTL, EISENHUT (2001) unterteilt die Kraftausdauer noch in drei weitere Bereiche: die Maximalkraftausdauer (> 75% der Maximalkraft bei statischer und dynamischer Arbeitsweise), die submaximale Kraftausdauer (75% - 50% bei dynamischer und 30% bei statischer Arbeitsweise) und die aerobe Kraftausdauer (50% - 30% bei dynamischer Arbeitsweise).

Die Verbesserung der Kraftausdauer ist ab einem bestimmten Wert nur mehr über eine Verbesserung der Maximalkraft möglich. Der Grund dafür ist, dass bei einer Steigerung der Maximalkraft (intramuskuläre Koordination und Querschnitt) auch die anaerobe Energiebereitstellung verbessert wird und dadurch werden weniger Muskelfasern gleichzeitig aktiviert. (ZINTL, EISENHUT 2001)

## **4 Anatomie der Muskulatur**

Die aktiven Elemente des Bewegungsapparats sind die Muskeln, die die Fähigkeit besitzen sich zu kontrahieren. Der Muskel besteht aus Fasern, in deren Zellplasma Myofibrillen eingelagert sind. (HUCH, BAUER 2003)

### **4.1 Muskelarten**

Das Muskelgewebe kann histologisch in drei Grundtypen unterschieden werden:

- die quergestreifte Herzmuskulatur
- die quergestreifte Muskulatur und
- die glatte Muskulatur

### **4.1.1 Die quergestreifte Muskulatur**

Dieses Muskelgewebe bildet das gesamte System der Skelettmuskeln. Die Körpermasse besteht zu 45 % aus Skelettmuskeln. (HUCH, BAUER 2003)

Durch die Kontraktion und der Erschlaffung dieser Muskeln sind wir im Stande unseren Körper aktiv zu bewegen. Die Kontraktionen erfolgen rasch, sind dem Willen unterworfen und werden vom zentralen Nervensystem ausgelöst. Durch die Kontraktion können gleich mehrere Aufgaben, z.B. aufrechte Körperhaltung, aktive Bewegung des Körpers, Wärmeproduktion und Energieumsatz, bewältigt werden.

Die Streifung der Muskulatur ist unter dem Mikroskop deutlich sichtbar, da die Myofibrillen abwechselnd aus hellen und dunklen Elementen zusammengesetzt sind. Dass das Muskelgewebe rot ist, ist darauf zurückzuführen, dass der sauerstoffbindende Muskelfarbstoff Myoglobin vorhanden ist und dass man für die Leistungen viel sauerstoffreiches Blut benötigt. (vgl. HUCH, BAUER 2003)

Die Skelettmuskelfasern werden durch das motorische Neuron erregt. Ein Motoneuron innerviert dabei nicht nur eine Muskelfaser sondern gleich mehrere, dieser Zusammenschluss wird auch als motorische Einheit bezeichnet. Die Muskelfasern dieser motorischen Einheit können über große Anteile des Muskelquerschnittes liegen. (vgl. SILBERNAGL, DESPOPOULOS 2003)

Die Muskelzelle ist im Vergleich zu anderen Zelltypen sehr groß und wird deshalb auch als Muskelfaser bezeichnet. Diese Fasern können 15 cm. lang werden und sich bis auf die Hälfte zusammenziehen. Der Skelettmuskel besteht aus vielen Muskelfasern, die durch ein lockeres Bindegewebe zu Muskelfaserbündeln zusammengesetzt werden. Durch das Bindegewebe ist eine Verschiebbarkeit der Muskelfasergruppen gegeben. Außerdem enthält dieses Bindegewebe Nerven und Blutgefäße. Die Muskelfaserbündel (siehe Abb.2) werden zu einem Strang zusammengefasst und bilden dann den Muskel, der außen von einer Muskelfaszie umgeben ist. (HOHMANN et al. 2007)

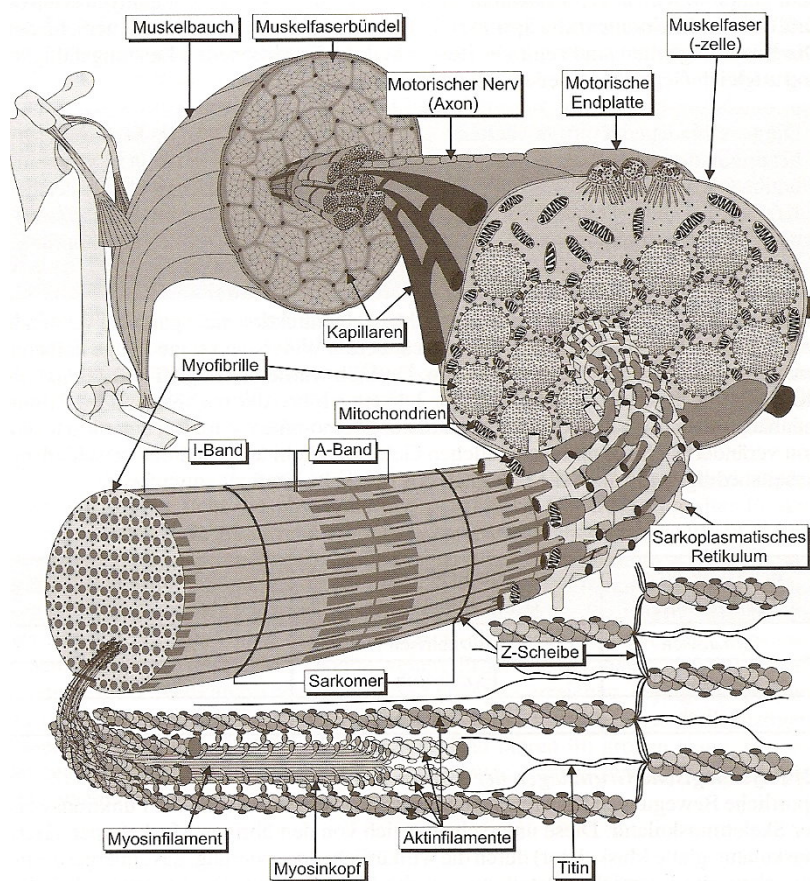


Abbildung 2: Darstellung des Aufbaus eines Skelettmuskels  
(HOHMANN, LAMES, LETZELTER 2007, 66)

#### 4.1.2 Die glatte Muskulatur

Die glatte Muskulatur besteht aus spindelförmigen Zellen mit einem zentral gelegenen Kern. Die Myofibrillen sind an der Innenseite der Zellmembran angeheftet, auch fehlt die Einteilung in Sarkomere. Durch die Filamente wird ein loser Kontraktionsapparat geformt, der in Richtung der Längszellen angeordnet ist. (PLATZER 2003)

Die glatte Muskulatur befindet sich in der Darmwand, den Bronchien, den Blutgefäßen, der Blase und dem Magen. Sie trägt im wesentlich zur Kreislaufregulation bei (an den Blutgefäßen hat keinen Satz gegeben). (SILBERNAGL, DESPOPOULUS 2003)

Die Muskulatur ist nicht stabil, sie kann sich mit niedriger Frequenz und Amplitude rhythmisch ändern

Dieses Muskelgewebe arbeitet unwillkürlich und die Kontraktionen verlaufen langsam, können sogar ein paar Sekunden dauern. Sogar in Ruhe sind die glatten Muskeln nie ganz entspannt, d.h. es besteht immer eine leichte Kontraktion. Außerdem sind sie zur Hypertrophie fähig, aber auch zur Neubildung von glatten Muskelzellen (durch hormonellen Einfluss).

Die Kontraktion kann autogen, durch das vegetative Nervensystem oder durch lokale Faktoren (z.B. Darmdehnung) ausgelöst werden und sie ist stärker als die der quergestreiften Muskulatur. (HUCH, BAUER 2003)

### **4.1.3 Die quergestreifte Herzmuskulatur**

Eine Sonderform der quergestreiften Muskulatur ist die Herzmuskulatur. Diese Sonderform kommt dadurch zustande, dass man unter dem Lichtmikroskop eine typische Querstreifung der Skelettmuskulatur sowie Kerne in der Zellmitte wie bei der glatten Muskulatur sieht. Durch das Geflecht der Glanzstreifen, die sich in der Nähe der Z-Streifen befinden, entsteht ein dreidimensionales Netzwerk. Ein schwach-entwickeltes sarkoplasmatisches Retikulum, viele Mitochondrien und weitleumige Quertubuli liegen zwischen den Myofibrillen. (HUCH, BAUER 2003)

Der Herzmuskel arbeitet nicht willentlich (genau wie die glatte Muskulatur) und um einiges langsamer als die Skelettmuskulatur. Außerdem ist er kaum regenerationsfähig. Die für die rhythmische Kontraktion erforderliche elektrische Erregung erzeugt ein herzeigenes, autonom arbeitendes Erregungsbilungs- und -leitungssystem. (siehe DE MARÉES 2003) Dieses besteht aus dem Sinusknoten, dem Atrioventrikularknoten (AV-Knoten) und den His-Bündeln.

## **4.2 Muskuläre Kontraktionsformen**

Bewegungen müssen nicht immer sichtbar sein, so kann die Entwicklung der Muskelkraft im Sport durch Muskelverkürzung erfolgen.

Für Krafttrainingsübungen gibt es unterschiedliche Formen der Ausübung. Man kann zwischen einer statischen (haltende) und dynamischen Kontraktionsform unterscheiden, wobei die dynamische noch in die konzentrische, exzentrische und exzentrisch-konzentrische Arbeitsweise unterteilt wird. (BOECKH-BEHRENS, BUSKIES 2007)

### **4.2.1 Statische Arbeitsweise**

Ein Kennzeichen für die statische Kraftentwicklung ist eine relativ kurz andauernde Muskelanspannung gegen unüberwindliche Widerstände. (DE MARÉES 2003)

Da die physikalische Arbeit gleich Null ist (Produkt aus Kraft x Weg), kommt es bei dieser Trainingsform zu keiner sichtbaren Kontraktion oder Dehnung wie beim dynamischen Training, sondern nur zu einer hohen Spannungsentwicklung. (WEINECK 2007)

Isometrische Kraftübungen können ohne Geräte durchgeführt werden, werden aber hauptsächlich als Zusatzübungen dem Training beigelegt. Grund dafür ist, dass ihnen die erforderliche Spezifik für die Kraftentwicklung fehlt und es gibt nur eine geringe Übertragbarkeit der Trainingswirkung auf andere Gelenkwinkelbereiche (intermuskuläre Koordination). (ZAT-ORSKY 1996)

Ein weiterer Nachteil dieser Trainingsform ist, dass es zu keiner Verbesserung der lokalen Muskelausdauer kommt, da die Belastungszeit zu kurz ist.

WEINECK 2007 erwähnt auch, dass das isometrische Training nie zur isolierten Verbesserung der Maximal- oder Schnellkraft bzw. der Kraftausdauer verwendet werden sollte. Jedoch ist es in Verbindung anderer Trainingsarten (z.B. konzentrisch, exzentrisch) hochgradig effektiv, da mit einem voll aktivierten Muskel gearbeitet wird und damit die nervale Kapazität voll ausgeschöpft werden kann.

Ein Leistungsmaximum bei Spitzensportler wird bei einem statischen Krafttraining bereits nach 6 – 8 Wochen erreicht, deshalb sollte es nur selten eingesetzt werden, z.B. Planung für einen Mesozyklus. (WEINECK 2007)

Die Energieversorgung der Kontraktion erfolgt über eine gesteigerte Durchblutung auf aeroben Weg. Die Dauerleistungsgrenze der Muskulatur liegt bei 15 % der Maximalkraft. (DE MARÈS 2003)

## **4.2.2 Dynamische Arbeitsweise**

Durch den Aspekt der Anspannung kommt es zu einer Aufgliederung der verschiedenen Trainingsmethoden. Bei der dynamischen Arbeitsweise unterscheiden wir hier die dynamisch – konzentrische, dynamisch – exzentrische und die exzentrisch – konzentrische Arbeitsweise. (BOECKH-BEHRENS, BUSKIES, 2007)

### **4.2.2.1 Dynamisch konzentrische Arbeitsweise**

Wird auch als auxotonisches Krafttraining bezeichnet, hierbei handelt es sich um eine positiv dynamische Belastung. Durch die Muskelkontraktion wird das Gewicht bewegt. Der Muskelursprung und –ansatz nähern sich an. Da der gegebene Widerstand kleiner ist als die aufgebraachte Kraft des Muskels, verläuft die Bewegung entsprechend der Funktion des Muskels. Es kommt zu einem Koordinationsgewinn und zu einer Verbesserung der lokalen dynamischen Muskelausdauer. (BOECKH-BEHRENS, BUSKIES 2007)

#### **4.2.2.2 Dynamisch exzentrische Arbeitsweise**

Diese Arbeitsvariante wird als negativ oder nachgebend bezeichnet. Der Muskelursprung und -ansatz entfernen sich, d.h. dass die von außen angreifende Kraft größer als die Kontraktionskraft ist. (siehe BOECKH-BEHRENS/BUSKIES 2007)

Im Vordergrund stehen das Abfangen supramaximaler Lasten (~ 120 % der individuellen Maximalkraft) oder des eigenen Körpergewichts. Man sollte jedoch zu erst mit dem eigenen Körpergewicht exzentrischen Übungen durchführen und das Abbremsen trainieren, bevor man mit hohen Gewichten startet. (WEINECK, 2007)

Durch das dynamisch – exzentrische Krafttraining kommt es häufiger zu Verletzungen z.B. zu einem Muskelkater, daher ist eine gründliche Aufwärmphase erforderlich. Der Vorteil eines exzentrischen Trainings ist der, dass die Trainingszeit relativ kurz gehalten ist und es trotzdem zu einem hohen Kraftzuwachs mit geringem Energieaufwand kommt. (WEINECK 2007)

#### **4.2.2.3 Exzentrisch-konzentrische Arbeitsweise**

Hier arbeitet die Muskulatur zuerst exzentrisch und dann konzentrisch (Dehnungs-Verkürzungszyklus). Der Dehnungs-Verkürzungszyklus ist ein wichtiger Bestandteil sportlicher Bewegungen, daher wird er oft auch als reversible Muskelarbeit bezeichnet.

GÜLLICH/SCHMIDTBLEICHER (1999) unterscheiden einen kurzen (hier kommt es zu Belastungsspitzen) und langen Dehnungs- Verkürzungszyklus. In der exzentrischen Phase werden neben den willkürlichen, neuralen Aktivierungen auch Elastizitätskräfte der Sehnen und Muskeln wirksam.

ZATIORSKY (1996) hat festgestellt, dass es zu einer Erhöhung der Kraftabgabe kommt und sich der Energieaufwand senken lässt, wenn sich der Muskel unmittelbar nach der Dehnung wieder verkürzt.

## 5 Physiologie

### 5.1 Muskelfasertypen

Die Muskelfaserverteilung spielt eine wichtige Rolle bei der Kraftentwicklung. Die Muskelfasern sind großteils genetisch bedingt, lassen sich aber in jungen Jahren durch körperliche Anforderungen differenzieren. Die Haupttypen werden in slow-twitch (ST) und fast twitch (FT) fibres unterschieden. Die langsamen Fasern findet man in der Haltemuskulatur wieder, bei schnellen Bewegungen überwiegen hauptsächlich die schnellen Fasern. (HOHMANN et al. 2007)

Es gibt eine Vielzahl von unterschiedlichen Muskelfasern, aber bei genauerer Betrachtung kann man die Muskelfasern in insgesamt vier Haupttypen unterscheiden, wobei die Typ II Fasern durch ihre unterschiedlichen Eigenschaften des Myosinmoleküls differenziert werden (WEINECK 2007, 142):

Typ I: langsame Fasern

Typ IIc: sie werden auch intermediäre Fasern oder FTO genannt

Typ IIa: Schnelle Fasern

Typ IIx: Schnelle Fasern, sie werden auch FTG oder IIb (frühere Bezeichnung) genannt

Diese Unterteilung ist wichtig, da die einzelnen Muskeltypen verschiedenartige Funktionalität besitzen und eine unterschiedliche Morphologie.

Bezüglich der Umwandlung von Typ II Fasern in Typ I Fasern gibt es unterschiedliche Auffassungen. Aber allgemein kann man festlegen, dass ca. 60 % der vorliegenden Muskelfaserezusammensetzung genetisch bedingt ist und nicht durch äußere Maßnahmen deutlich verändert werden kann. (SURAKKA, 2005)

GROSSER et al. (1988) meint, dass eine Umwandlung von IIb-Fasern durch Ausdauertraining möglich ist. Diese Fasern können völlig verschwinden. Die Veränderung von IIb-Fasern in langsame ist eine Mischung aus funktioneller Anpassung und morphologischer Umwandlung. Auch kann man durch ein Hypertrophietraining Typ IIb Fasern in Typ IIa und I Fasern umwandeln. WEINECK 2007 jedoch spricht davon, dass eine Umwandlung von Typ II Fasern in Typ I-Fasern im Allgemeinen nicht vorkommt.

Weiters meint GROSSER et al. (1988), dass es nicht möglich ist langsame Fasern in schnelle umzuwandeln. Es konnte jedoch nachgewiesen werden, dass Typ I Fasern in Typ IIa Fasern umgewandelt werden können.



Auch GOTTLOB (2001) spricht davon, dass eine Umwandlung nur in eine Richtung, nämlich von FT nach ST möglich ist.

SURAKKA (2005) stellte fest, dass durch ein intensives Kraftausdauertraining alle drei Fasertypen (Typ I, Typ IIa und Typ IIB) gefördert werden. Der größte Wachstum kann jedoch bei den Typ IIa verzeichnet werden und die geringste Zunahme bei den Typ I Fasern. Training mit hoher Geschwindigkeit und geringem Gewicht führt zu einer hypertrophen Veränderung der Fasern. Außerdem zeigen die schnellen Fasern mehr Denervierung und Atrophie als langsame Fasern im Alter. Auch wurde in der Studie von NEWTON et al. (2002) nachgewiesen, dass Testpersonen mit einer hohen Anzahl an slow twitch fibres eine reduzierte Fähigkeit haben den Maximalkraftoutput zu steigern. Außerdem konnte EVANS (1993) nachweisen, dass die schnellen Fasern mehr zu Denervierung und Atrophie neigen als die langsamen Fasern. Diese Atrophie wird in erster Linie durch das Altern und dem sportlichen Level hervorgerufen.

Muskeln, die einen proportional höheren Anteil an slow twitch fibres besitzen, haben eine größere oxidative Kapazität und können somit mehr Lipide für die Intensität der Kontraktion metabolisieren. Das gleiche gilt auch für ausdauertrainierte und untrainierte Muskeln. Während Ruhephasen und „low-intensity“ Training sind Lipide die prädominanten Substrate des Energiemetabolismus. Bei einem Anstieg der Trainingsintensität steigt der Kohlenhydratverbrauch. (RUBY, ROBERG'S 1994)

RUBY, ROBERG'S (1994) stellten fest, dass es keinen Unterschied bei der Typ I Fasernverteilung bei männlich und weiblich gut trainierten Personen gibt. Männliche Probanden haben eine Typ I Fasernverteilung von 76 % und die weiblichen Probanden 67 %.

Auch KIENS et al. (2004) stellten fest, dass Frauen einen höheren prozentuellen Anteil an Typ I Fasern (~ 22 % höher als bei den Männern) in Bezug zur gesamten Faserfläche besitzen.

### **5.1.1 Slow-twitch fibres**

Die langsamen Muskelfasern werden auch als tonische Fasern bezeichnet. Die Charakteristik der slow-twitch fibres besteht darin, dass sie rot (durch den hohen Myoglobingehalt), dünn, langsam und ermüdungsresistenter sind. Außerdem besitzen sie einen niedrigen Glykogengehalt und können Laktat verstoffwechseln. (DE MARÉES 2003) Sie haben stützmotorische Funktion. Dieser Fasertyp wird bei Muskelarbeit geringer Intensität beansprucht. Das Hennemannsche Prinzip legt die Reihenfolge der Rekrutierung fest. Die kleinen motorischen Einhei-

ten werden bei langsamen Bewegungen als erster aktiviert. (WEINECK 2007) Das Prinzip gilt nur für gleichartige motorische Einheiten. (HOHMANN et al. 2007)

Die Muskelfasern sind von vielen Kapillaren umgeben, dadurch werden die Diffusionsstrecken für die Sauerstoffversorgung relativ kurz. Die langsamen Fasern erreichen die höchste Effizienz bei der Umwandlung von chemischer in mechanische Energie. (ZATSIORSKY 1996)

Sie bestehen aus drei Teilen: den kleinen Motoneuronen (niedrige Ansprechschwelle und niedrige Entladefrequenz), den Axonen mit niedriger Übertragungsgeschwindigkeit und den motorischen Fasern (Anpassung an langsame und aerobe Arbeit). (vgl. ZATSIORSKY 1996)

### **5.1.2 Fast-twitch fibres**

Die schnellen Fasern sind dick, weiß (durch die geringe Anzahl an Myoglobin) und positiv für Kraft und Schnelligkeit. Außerdem ermüden sie schneller und werden als phasische Fasern bezeichnet. (HOLLMANN 1983, 47) Im Gegensatz zu den langsamen Fasertypen können sie viel schneller kontrahieren, haben einen mittleren glykolytischen und einen hohen oxidativen Enzymbesatz. ( HOHMANN, LAMES, LETZELTER 2007)

Sie bestehen aus drei Teilen: den großen Motoneuronen (hohe Ansprechschwelle und hohe Entladefrequenz), den Axonen mit großer Übertragungsgeschwindigkeit und den motorischen Fasern (Anpassung an explosive und anaerobe Arbeit). (vgl. ZATSIORSKY 1996)

## **5.2 Muskelkontraktion**

Durch das Motoneuron ist der Skelettmuskel im Stande sich zu kontrahieren, aber vorher muss er erst durch ein Neuron (Nervenzelle mit allen ihren Fortsätzen) aktiviert werden. An der motorischen Endplatte findet die Erregungsübertragung statt. (ZATSIORSKY 1996)

*„Als motorische Einheit bezeichnet man eine motorische Nervenzelle mit ihrer efferent leitenden langen Nervenfasern und dem von ihr versorgten Kollektiv von Muskelfasern. Diese Muskelfasern die von einer einzelnen Nervenfasern innerviert werden, treten auch gemeinsam in Aktion.“ (DE MARÉES 2003, S. 51)*

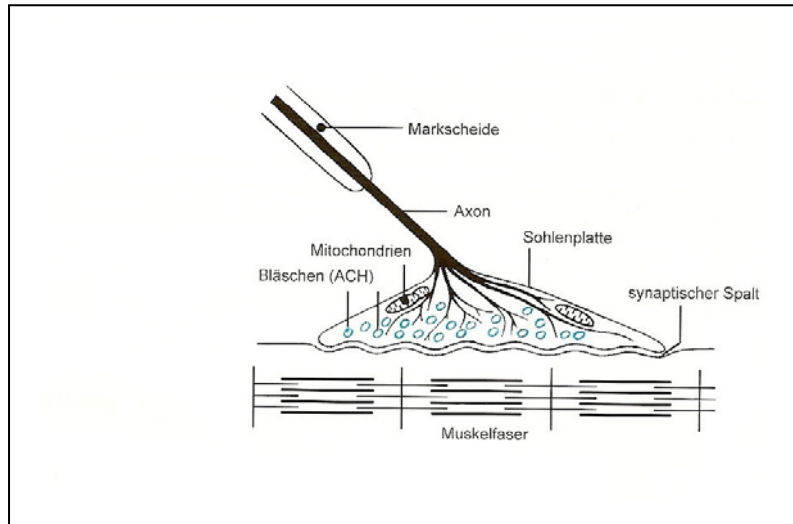


Abbildung 3: Motorische Endplatte (DE MAREÉS 2003, 51)

Das synaptische Vesikel (Bläschen) enthält den Überträgerstoff Azetylcholin, der für die Erregungsübertragung vom Nerv zur Muskelfaser verantwortlich ist (siehe Abb.3). Erst wenn eine Nervenenerregung am Axonende vonstatten geht, werden die Kalziumionen aktiv. Sie dringen dann in das Axon ein und bewirken eine Ausschüttung des Azetylcholins. Das Azetylcholin gelangt dann in den synaptischen Spalt, der sich zwischen dem Motoneuron und dem Sarkolemm befindet. (siehe HUCH, BAUER 2003)

Die Azetylcholinmoleküle und die Rezeptoren vereinigen sich an den Sarkolemm, dadurch wird die Durchlässigkeit der Natrium- und Kaliumionen verändert. Die Aktinfilamente gleiten erst durch die Erregung tiefer in die Myosinfilamente ein. Die Myosinköpfe lagern sich an die Aktinfilamente und ziehen diese durch Kippbewegung in die Mitte des Sarkomers. Für das Kippen und Lösen der Köpfchen benötigt man Energie, für das Andocken Kalzium. Die Z-Streifen nähern sich und dadurch verkürzt sich das Sarkomer um ca. 30 %. (DE MAREÉS 2003)

Somit kann man sagen, dass die eigentliche Kraftentfaltung durch die Myosinköpfchen erfolgt. Grundsätzlich stammt die Energie für die Kraftkontraktion von der Spaltung des Adenosintriphosphates zu Adenosindiphosphat und einem Phosphatrest. Durch das Enzym ATPase kommt es zur Aufspaltung, wobei sich dieses Enzym in den Myosinköpfchen befindet und mehrere Hundertmal pro Sekunde aktiv werden kann. (HOHMANN, LAMES, LETZELTER 2007)

### 5.3 Mechanische Eigenschaften der Muskulatur

Der Muskel besitzt die Fähigkeit sich durch elastische und plastische Elemente zu verlängern, außerdem besitzt er, im Gegensatz zu Metall, einen kleinen Dehnungswiderstand.

Das Bindegewebe zwischen den Muskelzellen, die Muskelzellhülle und die Sehnen haben alle elastischen Elemente, d.h. sie können sich durch einwirkende Kräfte minimal verformen. (DE MARÉES 2003) Sobald die Kraft wieder nachlässt, nehmen sie ihre Ausgangslänge ohne Zeitverlust sofort wieder an.

Hingegen besitzen die kontraktilen Myofibrillen plastische Eigenschaften, d.h. wenn eine Kraft einwirkt, verändern sie sich kaum. Nachdem die Kraft abgeklungen ist, bleibt ein Verformungsrückstand (Verlängerung) zurück. (HUCH, BAUER 2003)

Bei geringer Krafteinwirkung bestimmen die plastischen Eigenschaften die geringe Dehnbarkeit der Muskulatur. Sobald die Krafteinwirkung höher wird und der Dehnungswiderstand steigt, kommen die elastischen Eigenschaften immer mehr zum Tragen. (HUCH, BAUER 2003)

### 5.4 Energiestoffwechsel des Muskels

Durch Muskelkontraktion steigt bei sportlicher Belastung der Energiebedarf pro Zeiteinheit. Der Energieumsatz hervorgerufen durch die Energieumsatzsteigerung kann je nach Belastungsintensität und Belastungsart über den Ruhebedarf liegen. Entscheidend für die Umsatzsteigerung ist die Leistung (= Arbeit/Zeiteinheit). (DE MARÉES 2003)

*„Die Energiebereitstellungsmechanismen, in deren Zentrum das ATP als Bindeglied zwischen energieverzeugenden und energieverbrauchenden Reaktionen der Zelle steht, müssen so ausgelegt sein, dass sie eine solche Bedarfssteigerung in kürzester Zeit realisieren können.“ (DE MARÉES 2003, 345)*

Verschiedene Substrate können in der Muskelzelle verstoffwechselt werden, aus denen ein Energiegewinn für die Muskelkontraktion entsteht. Die Nutzung der energiereichen Phosphate Adenosintriphosphat und Kreatinphosphat werden innerhalb der Muskelzelle herangezogen, während Glykogen und Fette auch aus anderen Depots genutzt werden, wie in Tabelle 1 dargestellt ist. (DE MARÉES 2003)

Tabelle 1: Energiespeicher der Muskelzelle (ZINTL/EISENHUT 2001, 47)

	Substrat	Menge in Phosphatresten (-P) pro kg Muskel	maximale Einsatzdauer
1. Speicher	ATP Adenosintriphosphat	ca. 6 mmol	(theoretisch) 2–3 s
2. Speicher	KrP Kreatinphosphat	ca. 20–25 mmol	–
	Phosphatspeicher insgesamt (Phosphagen)	ca. 30 mmol	7–10 s (20 s)
3. Speicher	Glykogen (Glukose)	ca. 270 mmol ca. 3000 mmol	(anaerober Abbau) 45–90 s (aerober Abbau) 45–90 min
4. Speicher	Triglyzeride (Fette)	ca. 50000 mmol	mehrere Stunden

### 5.4.1 Kurzzeitige Muskelarbeit

Die Skelettmuskulatur kann auf zwei Energiespeicher (= Phosphagene) zurückgreifen. Zum einen der kleinere Energiespeicher der aus dem Adenosintriphosphat (ATP) besteht, von ihm werden direkt die energiegebenden Reaktionen versorgt. Und zum anderen der größere Speicher, der aus Kreatinphosphat besteht. Seine Hauptaufgabe besteht darin, den ATP-Speicher wieder aufzufüllen. Der Vorteil der anaeroben Oxidation ist, dass die Energiebereitstellung rasch erfolgt und die freigesetzte Energiemenge pro Zeiteinheit groß ist. Da jedoch nur wenig ATP zur Verfügung steht, ist die Gesamtenergiemenge relativ klein. (HUCH, BAUER 2003)

#### 5.4.1.1 Adenosintriphosphat (ATP)

Adenosintriphosphat ist ein Stoffwechselprodukt, das seine chemische Energie von den energiereichen Nahrungsstoffen übernimmt. Es besteht aus Adenosin, das aus einer Base Adenin und dem Zucker Ribose zusammengesetzt ist, und drei Phosphatgruppen, die untereinander verknüpft sind. (DE MARÉES 2003)

Da der Vorrat an ATP in der Muskelzelle sehr beschränkt ist, er liegt bei ca. 5mmol/kg im ruhenden Muskel, das sind ein bis drei Muskelkontraktionen, muss der Organismus ständig für den Wiederaufbau (Resynthese) des ATP sorgen. (siehe ZINTL/EISENHUT 2001)

Die Spaltung von ATP in der Muskelzelle findet im Normalfall nicht unter Standardbedingungen statt. Deshalb spielen neben der aktuellen Temperatur und dem pH-Wert, die Reaktionspartner ATP, ADP (Adenosindiphosphat) und Phosphat eine wichtige Rolle. D.h. wenn in der Muskelzelle viel ATP und wenig ADP und Phosphat vorhanden ist, dann beträgt die Energie mehr als die 30 kJ/mmol ATP umgekehrt nimmt die Energie ab, also wenn eine Anhäufung von ADP und Phosphat zu Stande kommt. (DE MARÉES 2003)

Die Resynthese von ATP muss laufend erfolgen. Für den Wiederaufbau von ATP und ADP kann man drei Wege unterscheiden (DE MARÉES 2003):

- über Kreatinphosphat (anaerob alaktazide Resynthese)
- über anaerobe Oxidation (anaerob laktazide Resynthese)
- über aerobe Oxidation (aerobe Resynthese)

Die ATP-Resynthese erfolgt ohne Sauerstoff und ohne Laktatbildung, daher wird sie auch als anaerob alaktazid bezeichnet.

#### **5.4.1.2 Kreatinphosphat (KP)**

Im Vergleich zum ATP ist das KP in drei- bis vierfacher Menge vorrätig und dient der Aufrechterhaltung der ATP-Konzentration bis zum nahezu völligem Verbrauch. Jedoch kann der Energiebedarf nur für wenige Sekunden gesichert werden, aber durch die Verfügung beider Energiespeicher ist eine größere Zahl an Muskelkontraktionen möglich. (DE MARÉES 2003)

Wenn das Enzym Kreatinkinase total gehemmt wird, dann kommt es zu einer Verringerung der ATP – Konzentration. Durch die Kinase kommt es zu einer raschen Übertragung der energiereichen Phosphatgruppe des Kreatinphosphates auf das ADP (Adenosindiphosphat), wobei ATP gebildet wird. KP beliefert die energiebedürftigen Prozesse bei der Muskelkontraktion indirekt über die Resynthese des ATP. (HUCH, BAUER 2003)

Schon während der Muskelkontraktion erfolgt die ATP – Resynthese. Bei dynamischer Arbeit bleibt die ATP – Konzentration im Muskel für längere Zeit nahezu konstant, jedoch fällt die KP – Konzentration bei hoher körperlicher Belastung mit zunehmender Dauer stark ab. Durch das angehäuften Kreatin und ATP kommt es dann in der Erholungsphase zur Kreatinphosphat – Resynthese. (DE MARÉES, 2003)

Da die Resynthese von ATP und KP über weitere Mechanismen erfolgt, sind die Zeitangaben für die maximale Nutzung von ATP (2 – 3 Sek.) und KP (7 – 10 Sek.) eher theoretischer Natur. (ZINTL/EISENHUT 2001)

## 5.4.2 Langzeitige Muskularbeit

Bei der aeroben Oxidation kann man fünf Abbaustufen unterscheiden, wenn man vom Glykogen in der Muskelzelle ausgeht (siehe Abb.4).

- Glykolyse (Glukoseabbau)
- Glykogenolyse (Glykogenspaltung)
- Bildung von aktivierter Essigsäure (Azetyl-CoA)
- Trikarbonsäure- oder Zitronensäurezyklus
- Atmungskette

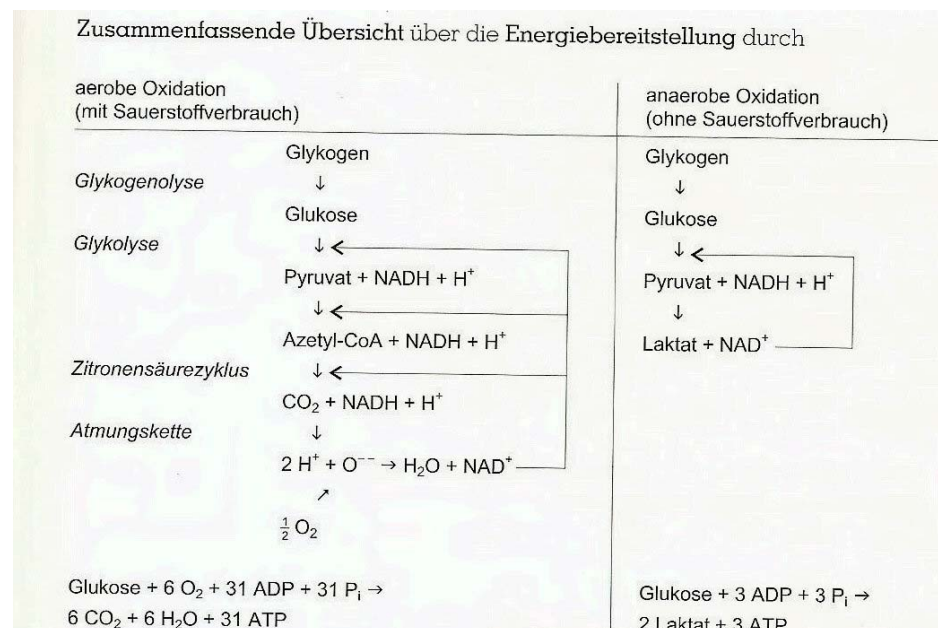


Abbildung 4: Energiebereitstellung (DE MARÉES 2003, 355)

Wenn die Muskularbeit länger dauert, wird der Kreatinphosphatvorrat ausgeschöpft und es muss Glukose als Energieträger verstoffwechselt werden. Da die Glukose nicht direkt für die Regeneration von ATP verwendet werden kann, muss sie vorher noch zerlegt werden. Wenn genügend Sauerstoff vorhanden ist, dann wird das energiereiche Pyruvat nicht als Laktat ausgeschieden, sondern zu Kohlendioxid und Wasser zerlegt (Zitrat-Zyklus). Bei Sauerstoffmangel kommt es über die Glykolyse zur Zerlegung von Pyruvat zu Laktat. (SILBERNAGL, DESPOPOULUS 2003)

Der limitierende Faktor der Glukoseverwertung ist die Bereitstellung des Sauerstoffs in der Muskelfaser. Zu Beginn der Muskelarbeit kann noch der im Myoglobin gespeicherte Sauerstoff verwendet werden. Nach zwei bis vier Minuten kommt es dann zu einer Anpassung in der Muskeldurchblutung und dem Sauerstofftransport. Wenn der Muskel während einer Dauerleistung mehr Sauerstoff benötigt als vorhanden ist, dann sammelt sich im Muskelgewebe das durch anaeroben Stoffwechsel gewonnene Laktat an. Zum Laktatabbau kommt es durch zusätzliche Sauerstoffzufuhr nach der sportlichen Beendigung. Durch die zusätzliche Sauerstoffzufuhr begünstigt man die Auffüllung der ATP-, Kreatinphosphat- und Glykogenspeicher. (HUCH, BAUER 2003)

Durch das Muskeltraining kommt es zu einer funktionellen Erweiterung des Kapillarnetzes und die Zahl der Mitochondrien wird in der trainierten Muskulatur erhöht. Durch diese Veränderungen kann mehr Sauerstoff „vor Ort“ gebracht werden, die Verbrennung der Glukose findet länger aerob statt und es wird weniger Laktat gebildet. (DE MARÉES 2003)

#### **5.4.2.1 Glykogenolyse**

Bei der Glykogenolyse kommt es zur Abspaltung des endständigen Glukosemoleküls unter Phosphatanlagerung. Es entsteht das Glukose-6-Phosphat. Wenn die Glukosetoleranz in der Muskelzelle niedrig ist und es zu einer vermehrten Freisetzung des Adrenalins durch psychischen Stress bzw. körperliche Aktivität kommt, wird die Glykogenolyse gefördert und die Glykogensynthese gehemmt. Die  $\text{Ca}^{++}$  Konzentration in der Muskelzelle beeinflusst auch die Glykogenspaltung. (DE MARÉES 2003)

#### **5.4.2.2 Glykolyse**

Bei der Glykolyse kommt es zur Energiegewinnung ohne Sauerstoff. Es kommt durch eine große Anzahl an Enzymen zum schrittweisen Abbau der Glukose zu Pyruvat (Brenztraubensäure). Außerhalb der Mitochondrien findet die Glykolyse im Sarkoplasma der Muskelzelle statt. Die Energiegewinnung ist relativ niedrig, da nur zwei Moleküle pro ATP pro gespaltenes Glukosemolekül regeneriert werden. Der Vorteil der Glykolyse liegt aber darin, dass sogar bei Sauerstoffmangel Energie erzeugt werden kann. (DE MARÉES 2003)



#### **5.4.2.3 Azetyl-CoA**

Das Azetyl-CoA ist das zentrale Molekül des Energiestoffwechsels. Wenn genügend Sauerstoff vorhanden ist, tritt das Pyruvat (Endprodukt der Glykolyse) ein und es kommt zu einer Verbindung mit dem Coenzym A. Pyruvatdehydrogenasekomplex besteht aus einer Vielzahl von Enzymen und stellt einen komplexen Multi-Enzymkomplex dar. (DE MAREÉS, 2003) Das CO<sub>2</sub> wird abgespalten und dehydriert. Durch die aktivierte Essigsäure werden die Schlüsselreaktionen beim oxidativen Abbau der Nährstoffe dargestellt. Das Azetyl-CoA ist ein zentrales Molekül des Energiestoffwechsels, weil es zum einen durch den oxidativen Abbau von Glukose zu Acetyl-CoA kommt und zum anderen weil es zur aeroben Weiterverarbeitung der Fettsäuren und Aminosäuren und somit zu einem Energiegewinn kommt. (HUCH, BAUER 2003)

Um weite Strecken auf aeroben Weg zurücklegen zu können, muss die Bildungsrate von Azetyl-CoA pro Zeiteinheit ziemlich groß sein.

#### **5.4.2.4 Trikarbonsäure- oder Zitronensäurezyklus**

Die Zitronensäure wird aus der Azetylgruppe des Azetyl CoA und Oxalazetat gebildet. Es entstehen die Coenzyme NAD<sup>+</sup> und FAD, wobei die erst in der Atmungskette verwendet werden. Auch entsteht hier ein sehr energiereiches Phosphat und zwar das GTP (= Guanosin-tri-phosphat), das direkt in ein ATP-Molekül umgewandelt werden kann. Die Reaktionen des Zitratzyklus finden in den Mitochondrien statt, in denen die aerobe Energiebereitstellung vonstatten geht. (HUCH, BAUER 2003)

#### **5.4.2.5 Atmungskette**

Hier kommt es zur Übertragung des Wasserstoffs (zusammen mit seinen Elektroden) auf den Sauerstoff. Deshalb wird die Atmungskette auch als Elektrodentransportkette bezeichnet. Es kommt zu einer Elektrodenabgabe (Wasserstoff wird oxidiert) und zu einer Elektrodenaufnahme (Sauerstoff wird reduziert). Dabei entsteht Wasser, NAD<sup>+</sup> bzw. FAD. Das NAD<sup>+</sup> wird für die Glykolyse, den Abbau von Pyruvat und Azetyl CoA verwendet. Somit wird erst am Ende der Atmungskette der Sauerstoff benötigt. (SILBERNAGL, DESPOPOULOS 2003)

## 5.5 Muskuläre Ermüdung

Bei der Ermüdung kann man zwei Arten unterscheiden. Zum einen die periphere Ermüdung, die durch die Erschöpfung der Energievorräte und die Anhäufung von Stoffwechselprodukten in der arbeitenden Muskulatur zu tragen kommt und zum anderen die zentrale Ermüdung, hierbei kommt es zu einem Leistungsverfall bzw. einer minimierenden Motivation. (SILBERNAGL, DESPOPOULOS 2003)

*„Ermüdung ist ein besonderer physischer und psychischer Zustand als Resultat von Belastungen. Sie drückt sich in Diskoordination der Funktionen des Organismus und in zeitweiliger Leistungsminderung aus. Der Ermüdungszustand ist vorübergehend, reversibel und stellt ein komplexes Geschehen dar, das physische und psychische Vorgänge umfasst.“ (MARTIN, CARL, LEHNERTZ 2007, 271)*

Wenn ein Muskel über längere Zeit gereizt wird, nehmen die Kontraktionen ab bzw. werden schwächer, bis keine Reaktion von Muskel mehr kommt. Zurückzuführen kann man diesen Zustand auf eine zu geringe Sauerstoffzufuhr, eine Erschöpfung der Glykogenspeicher und/oder eines Laktatanstieges. (MARTIN et al. 2007)

Laut HUCH und BAUER (2003) käme es durch einen unbegrenzten Laktatanstieg zu einer Übersäuerung in der Zelle. Somit kann man die muskuläre Ermüdung als Schutzmechanismus betrachten, da sie die Muskelfasern vor einem fallen des PH-Wertes schützt.

DE MARÉES (2003) wird sogar präziser, fällt der PH-Werte auf 6,3, dann kommt die anaerob laktazide Energiebereitstellung durch die Enzymhemmung völlig zum Erliegen, noch bevor die Muskelzelle irreversible Schäden davon trägt.

Um eine Überlastung der Muskulatur festzustellen, wird häufig das Enzym Kreatinkinase verwendet. Bei einer Muskelschädigung tritt es nämlich aus der Muskelzelle aus und gelangt in das Blut. Durch Auslaufen bzw. einer aktiven Pause kann die Wiederherstellung beschleunigt werden. (DE MARÉES 2003)

## 5.6 Laktatbildung

Vor ein paar Jahren nahmen Wissenschaftler noch an, dass Laktat nur dann produziert wurde, wenn kein Sauerstoff mehr vorhanden war. Jedoch zeigten jüngere Untersuchungen, dass Laktat immer im Muskel gebildet wird, unabhängig von der Intensität, d.h. auch in Ruhe wird Laktat gebildet (0,8 -1,5 mmol/l). (DE MARÉES 2003)

Bereits bei 60 % der maximalen Sauerstoffaufnahme kommt es zu einem Laktatanstieg. Jedoch kommt es nach einer gewissen Zeit zur Abflachung des Blutlaktatanstiegs, der Grund hierfür ist die ständige Elimination des Laktats. Eliminationsorte sind der arbeitende Muskel selbst, der Herzmuskel und die Leber. (DE MARÉES 2003)

Die Gesamtheit der Reaktionsschritte wird häufig unter dem Begriff der anaeroben Glykolyse verwendet. Dabei wird das im Muskel gespeicherte Glykogen zu Milchsäure abgebaut. Bei leichter Arbeit wird das Laktat in Herz und Leber verstoffwechselt. (SILBERNAGL, DESPOPOULOS 2001)

Leistungen werden lange toleriert, erst wenn sie die anaerobe Schwelle ( $\sim 4 \text{ mmol/l}$ ) überschreiten, ist es ein Zeichen, dass die Leistungsgrenze bald erreicht ist. Abbruch der Arbeit wird von der Azidose selbst und nicht vom Laktat eingeleitet. (DE MARÉES 2003)

Man muss bei der Auswertung der Laktatkurve ein genaues Augenmerk auf die Ernährung legen, da z.B. eine kohlenhydratreiche Ernährung die Laktatwerte in Ruhe erhöht. Durch die allgemeinen höheren Laktatwerte unter Belastung kommt es somit zu einer Einschränkung der Maximalleistung. (POKAN et al. 2004)

## 5.7 Neurale Faktoren

Das Zentrale Nervensystem spielt beim Krafttraining und bei der Entwicklung der Muskelkraft eine wesentliche Rolle. Durch die koordinative Adaptation kommt es auf der muskulären Ebene zu einer intra- und intermuskulären Koordinationsverbesserung. Wobei die Muskelkraft nicht nur vom Muskelquerschnitt sondern auch von der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit, d.h. der intramuskulären Koordination und der intermuskulären Koordination beeinflusst wird. (ZATSIORSKY 1996)

*„Die Muskelkraft wird nicht nur durch die Größe der aktivierten Muskelmasse bestimmt, sondern auch in hohem Maße durch die willkürliche Aktivierung der einzelnen Muskelfasern (intramuskuläre Koordination).“ (ZATSIORSKY 1996)*

*„Bei der intermuskulären Leistungsverbesserung wird die Zusammenarbeit verschiedener Muskeln verbessert.“ (WEINECK 2007, 166)*

Durch die neurale Ansteuerung sind Top-Athleten in der Lage, die intra- und intermuskuläre Koordination besser zu aktivieren, da durch ein gezieltes sportliches Training die Effektivität der Bewegungsprogrammierung, der Bewegungssteuerung und der Mechanismus der Informationsverarbeitung verbessert wird, was zu einer Perfektionierung von komplexen Übungen führt. (WEINECK 2007)

### **5.7.1 Intramuskuläre Koordination**

Zur Variierung der Muskelkraft gibt es drei verschiedenen Mechanismen: (BOECKH-BEHRENS, BUSKIES 2007)

- Rekrutierung (Anzahl der eingesetzten motorischen Einheiten)
- Frequenzierung (Frequenz der Innovation von motorischen Einheiten) und
- Synchronisierung (gleichzeitige Entladung der motorischen Einheiten)

Bei allen drei Möglichkeiten spielt die motorische Einheit eine wichtige Rolle. Sie besteht aus Motoneuronen, Axonen, motorischen Endplatten und den von einem Motoneuron aktivierten Muskelfasern.

Durch ihre kontraktile Eigenschaft werden die Muskelfasern in langsame und schnelle Fasern eingeteilt. Wobei die langsamen bei niedriger Geschwindigkeit und die schnelleren bei Aktivitäten angesteuert werden. Je nach Sportart besitzt ein Sportler mehr langsame oder mehr schnelle Fasern, aber trotzdem besteht ein Muskel aus beiden Fasertypen. (ZATSIORSKY 1996)

Bei den motorischen Einheiten gibt es keine Abstufung was die Erregung der Motoneuronen betrifft, entweder sind sie aktiv oder inaktiv. Daher spricht man auch von einem Alles - oder - Nichts - Gesetz. Bei der Kraftabstufung kommt es bei den motorischen Einheiten zu einer Veränderung der Entladefrequenz. (DE MARÉES 2003)

IKAI und STEINHAUS (1961) weisen darauf hin, dass Normalpersonen ca. 70 % ihres absoluten Kraftpotentials willkürlich einsetzen können, während die Mobilisationsschwelle bei Sportlern um die 90 % beträgt.

#### **5.7.1.1 Rekrutierung**

Durch die Reihenfolge der Rekrutierung der Größe der Motoneuronen wird die Willkürkontraktion kontrolliert. Zuerst werden die kleinen Motoneuronen mit der niedrigsten Entladeschwelle rekrutiert. Danach werden bei höheren Krafteinwirkungen auch die größeren motorischen Einheiten mit einbezogen und zum Schluss erst werden die motorischen Einheiten mit den größten Motoneuronen und der stärksten/schnellsten Kontraktion aktiviert. (WEINECK 2007)

Die Reihenfolge der Rekrutierung der motorischen Einheiten ist bei jeglicher Bewegung relativ gleich bzw. feststehend, auch wenn sich die Geschwindigkeit und die Kraftentwicklung verändert. Jedoch bei einem multifunktionalen Muskel der bei verschiedenen Bewegungen aktiv ist, wird die Rekrutierungsreihenfolge geändert. Außerdem können motorische Einheiten eines Muskels sowohl eine niedrige Schwelle als auch eine hohe Schwelle aufweisen. (ZATSIORSKY 1996)

#### **5.7.1.2 Frequenzierung**

Für die Abstufung der Kraftentwicklung ist die Frequenzierung von großer Bedeutung. Die Entladefrequenz der Motoneuronen ist nicht konstant, sie variiert sehr stark. Mit steigender Leistung und Kraftentwicklung erhöht sich auch die Entladefrequenz. (WEINECK 2007)

In kleinen und großen Muskeln unterscheiden sich die Entladefrequenzen und die relative Anteile der Rekrutierung bei Willkürbewegungen sehr stark untereinander. In kleinen Muskeln werden viele motorische Einheiten aktiviert, wenn weniger als 50 % der Maximalkraft erreicht sind. Bei 80 % und höher werden mehr motorische Einheiten der großen lokalen Muskeln aktiviert, was zu einer Kraftsteigerung führt. (ZATSIORSKY 1996)

#### **5.7.1.3 Synchronisierung**

Laut ZATSIORSKY (1996) wird die maximale Muskelkraft erreicht, wenn:

- eine größtmögliche Anzahl an langsamen und schnellen motorischen Einheiten rekrutiert wird,
- die optimale Entladefrequenzen in jeder motorischen Faser herrscht
- und die motorischen Einheiten synchron arbeiten.

Natürlich darf man die psychologischen Faktoren nicht vernachlässigen, da in bestimmten Situationen (Leben oder Tod) Menschen außergewöhnliche Kräfte entwickeln können.

Unter Hypnose kann man den Personen Kraftzuwachs bzw. Kraftminderung suggerieren, wobei der Kraftzuwachs nur bei Untrainierten vonstatten geht, die Kraftminderung jedoch auch beim Spitzensportler zustande kommt. Die Kraftsteigerung wird so begründet, dass das zentrale Nervensystem auf drei Determinanten zurückgreift. Zum einen kann es den Reizstrom vergrößern, die hemmenden Einflüsse verringern oder von beiden Gebrauch machen. (ZATSIORSKY 1996)

Normalerweise ist die Aktivität der Motoneuronen durch das zentrale Nervensystem gehemmt und somit können nicht alle motorischen Einheiten innerhalb einer Muskelgruppe aktiviert werden. Durch Krafttraining kann man eine Reduktion der neuralen Hemmung mit gleichzeitiger Erweiterung des Motoneuronenpools und einen Kraftzuwachs bewirken. (DE MARÉES 2003)

### **5.7.2 Intermuskuläre Koordination**

Unter intermuskulärer Koordination versteht man das Zusammenspiel von Agonisten (Muskel) und Antagonisten (Gegenspieler) bei Bewegungen. Kontrahiert der Agonist, muss der Antagonist nachgeben bzw. er wird gedehnt. Dies funktioniert am besten, wenn sich die beiden Muskeln in einem funktionalen Gleichgewicht (=muskuläre Balance) befinden. Ist dieses Gleichgewicht gestört, weil z.B. einer der Muskeln verkürzt ist oder in seiner Kraft nachgelassen hat, kommt es zu so genannten muskulären Dysbalancen, die meist eine Fehlbelastung von Gelenken (z.B. Knie) oder der gesamten Körperstatik (z.B. Rückenprobleme) zur Folge haben. (ZATSIORSKY 1996)

Durch die Aktivierung der Antagonisten werden die Bänder und Gelenke stabilisiert, die Bewegungskoordination optimiert und der Muskel vor Zerrungen bzw. Rupturen geschützt. (HOHMANN, LAMES, LETZELTER 2007)

Ein Sportler sollte nie lokale, eingelenkige Kraftübungen im Einzelnen absolvieren, sondern immer nur als Zusatz des Trainings. Da jede Übung eine komplexe Koordination zahlreicher Muskelgruppen fordert, sollte nicht die Kraft des einzelnen Muskels im Vordergrund stehen. (ZATSIORSKY 1996)

## 5.8 Alles-Oder-Nichts Prinzip

Der Muskel besteht aus vielen einzelnen Fasern und antwortet deshalb auch in seiner Gesamtheit auf den Reiz.

*„Für jeden Reiz gibt es hinsichtlich seiner Stärke einen Schwellenwert, der zunächst überschritten werden muss, damit der elektrische Reiz vom Muskel mit einer Zuckung (Kontraktion) beantwortet wird.“ (DE MARÉES 2003, 60)*

Wird dieser Schwellenwert jedoch überstiegen, ist das für die einzelne Muskelfaser schon ein Maximalreiz. Bei einem unterschwelligen Reiz antwortet die Muskelfaser überhaupt nicht, oder sie antwortet auf einen Reiz maximal.

Der Muskel kann sich trotzdem im verschiedenen Ausmaß kontrahieren, da der Muskel aus vielen motorischen Einheiten besteht und sich so abgestuft zusammenziehen kann. (HUCH, BAUER 2003) Zur maximalen Kontraktion kommt es erst dann, wenn die Reizstärke steigt und die motorischen Einheiten aktiviert werden.

## 5.9 Muskelspindel

Als Tiefensensibilität (Propriorezeption) wird die Fähigkeit des Menschen bezeichnet, im Wachzustand Informationen über die Körperhaltung, die Stellung der Gelenke und Widerstand der Muskelbewegung zu bekommen.

Nach SILBERNAGL, DESPOPOULOS (2003) zählen zur Propriorezeption der Kraft-, der Stellungs- und der Bewegungssinn, wobei diese durch die Propriosensoren (Muskelspindel, Sehnensensoren, Gelenksensoren) weitergeleitet werden.

Die Stellung bzw. die Bewegung der Gelenke wird von P- und D-Sensoren der Muskelspindel gemessen, wobei diese Sensoren auch für die Geschwindigkeit der Stellungsänderung verantwortlich sind.

*„Bei den Muskelspindeln handelt es sich um 2 – 3 mm lange Strukturen, die sich aus quergestreiften Muskelfasern (intrafusale Muskelfasern) zusammensetzen und zwischen die ebenfalls quergestreiften kontraktile Muskelfasern (extrafusale Muskelfasern) eingelagert sind.“ (WEINECK 2007, 809)*

Sie befinden sich parallel zur Arbeitsmuskulatur und besitzen zwei Typen von intrafusalen Muskelfasern, die Kernkettenfasern (P-Sensoren) und die Kernsackfasern (D-Sensoren). Die P- und D-Sensoren werden von Neuronen umwickelt, dadurch ergibt sich eine anulospirale Endigung, die für die Weiterleitung der Länge und auch der Längenänderung an das Rückenmark verantwortlich sind. (DE MARÉES 2003)

Die  $\gamma$ -Motoneurone innervieren die kontraktile Enden der beiden intrafusalen Fasertypen efferent, dadurch kann die Dehnungsempfindlichkeit und somit die deren Länge verstellt werden. (SILBERNAGL, DESPOPOULOS 2003) Durch diesen Effekt kann man die Muskelspindeln als Feinregler der Muskelkontraktion sehen, auch werden sie zu Informatoren über den Spannungszustand der Skelettmuskeln im Sinne einer konstanten Kompensierung auftretender Dehnungen.

Die Golgi Sehnenorgane befinden sich im Übergangsbereich vom Muskel zur Sehne. Sie messen die Muskelspannung und ermöglichen feine Bewegungen durch die Regulation der Muskelspannung. (SILBERNAGL, DESPOPOULOS 2003)

Durch die Hemmung der entsprechenden Alpha-Motoneuronen, die durch eine zu große aktive oder passive Muskelspannung zustande kommt, kann die Gefahr eines Muskel- oder Sehnenrisses vermieden werden. (DE MARÉES 2003)

### **5.9.1 Reflex**

Die Hauptaufgabe des Rückenmarks besteht neben den sensorischen afferenten und motorischen efferenten Impulsen auch auf der Ausführung einfacher der Haltungs- und Bewegungsmuster. (SILBERNAGEL, DESPOPOULUS 2003)

*„Reflexe sind stereotyp (immer gleich) ablaufende Reaktionen auf spezifische Reize. Sie können nicht unterdrückt werden, unterstehen also nicht der Kontrolle unserer Willkür, aber können durch diese jedoch innerhalb gewisser Grenzen moduliert (beeinflusst) werden.“ (HUCH, BAUER 2003, 202)*

Reflexe laufen nicht nur „automatisch“ ab, sondern regeln ständig die Körperfunktionen ohne bewusste Kontrolle. Dadurch wird unser Bewusstsein entlastet und ist frei für komplexere Aufgaben. (HUCH, BAUER 2003)

Beim Ablauf eines Reizes werden bestimmte Stationen durchlaufen, diese nennt man Reflexbogen. Ein Rezeptor nimmt einen Reiz auf und übersetzt ihn in neuronale Erregungen. Die Leitung des Impulses erfolgt über sensible Nervenfasern zum Reflexzentrum im zentralen Nervensystem. Die motorischen Nervenfasern leiten die Reizantwort (z.B. das Rückenmark, das die Reflexantwort bildet) zum Effektor (z.B. Muskel) weiter. (SILBERNAGL, DESPOPOULOS 2003)



### **5.9.1.1 monosynaptischer Reiz**

Im einfachsten Fall kommt ein Erregungsimpuls in das zentrale Nervensystem und trifft direkt auf ein motorisches Neuron, dass die Reflexantwort übermittelt. Diese einfache Muskel-Nerv-Verbindung wird als monosynaptische Verbindung der Muskelspindel bezeichnet.

Durch das Golgi-Organ und die Muskelspindel, die für eine Spannungs- bzw. Längenänderung des Muskel – Sehnen – Komplexes verantwortlich sind, zwingen sie den Muskel bei einem überschwelligen Reiz sich zu verkürzen. Deshalb wird dieser Reflex auch Dehnungsreflex bezeichnet. (DE MARÉES 2003)

Kommt es jetzt z.B. zu einem Schlag auf die Skelettmuskulatur, muss sich der Muskel dehnen, wobei die Muskelspindeln betroffen sind. Durch die Dehnung kommt es zu einer Erregung der Ia-Afferenzen, die zum Vorderhorn des Rückenmarks ziehen und dort direkt die  $\alpha$ -Motoneuronen desselben Muskels erregen. Dadurch kommt es zur Kontraktion des Muskels. Die Reflexzeit ist sehr kurz ( $< 30$  ms), da der Reiz und die Antwort im selben Organ erfolgen. (SILBERNAGL, DESPOPOULOS 2003)

Der monosynaptische Reflex besitzt die Funktion möglichst rasch auf eine ungewollte Veränderung der Muskellänge und damit der Gelenksstellung zu reagieren und diese zu korrigieren.

### **5.9.1.2 polysynaptischer Reiz**

Da bei komplizierten Reflexbögen im zentralen Nervensystem (ZNS) mehrere Verbindungsneurone zwischen den sensiblen und den motorischen Neuronen liegen, spricht man deshalb von polysynaptischen Reflexen. Die Reflexantwort dauert deshalb auch etwas länger, da sie von der Reizdauer und –intensität abhängt. (HUCH, BAUER 2003)

Da der Rezeptor sich an einem anderen Ort befindet als der Effektor, anders als beim Eigenreflex, wird er auch als Fremdreflex bezeichnet.

Nach SILBERNAGL, DESPOPOULOS (2003) kann man vier Fremdreflexe unterscheiden und zwar den Nutritionsreflex, Schutzreflex, Lokomotionsreflex und vegetativen Reflex (hiervon gibt es jedoch mehrere).

## 6 Krafttraining

### 6.1 Begriffserklärungen

Da es in der Theorie viele unterschiedliche Definitionen von Kraft und Training gibt, werden hier einige aufgelistet und untereinander verglichen.

#### 6.1.1 Definition Kraft

Die Kraft wird im physikalischen Sinne als Produkt von Masse ( $m$ ) und Beschleunigung ( $a$ ) oder als mechanische Wechselwirkung zwischen Körpern definiert. (MARTIN, CARL, LEHNERTZ 2003)

*„Ein Newton (Einheit der Kraft) entspricht hierbei der Kraft, die erforderlich ist, um einen Körper der Masse ein Kilogramm in einer Sekunde auf die Geschwindigkeit von einem Meter pro Sekunde (oder 3,6 km/h) zu beschleunigen.“ (GOTTLOB 2001, 40)*

Dass heißt, dass die Kraft umso größer ist, je höher die erteilte Beschleunigung und je größer die beschleunigte Masse ist.

BÖCKH-BEHRENS, BUSKIES (2007) definieren Kraft im biologischen Sinne, als die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, Widerstände zu überwinden, ihnen entgegenzuwirken oder sie zu halten.

HOHMANN, LAMES, LETZELTER (2007) betrachten die Definition der Kraft von einer anderen Seite. Sie definieren die Kraft so, dass verschiedenen Kraftfähigkeiten über die Muskelkraft (Muskelkontraktion bei einer Bewegung) bestimmt werden. Die Messung der Muskelkraft kann entweder über die maximale physikalische Kraft (in N), oder als die maximale Masse bis zur subjektiven Erschöpfung angehoben werden.

ZATSIORSKY (1996) geht von der Mechanik und der Physik aus, die die Kraft als eine Größe zur Beurteilung der Wechselwirkung zwischen zwei Körpern definiert wird. Es kann sich die Bewegung eines Körpers ändern, oder es kommt zu einer Deformation des Körpers, oder es tritt beides ein. Neben der Kraft spielt aber auch die Krafrichtung eine wichtige Rolle. Ein Vektor wird durch die Größe, Richtung und den Angriffspunkt gekennzeichnet.

Wenn der Körper verharren soll und in keine Richtung beschleunigt, muss die Summe aller Kräfte null sein.

Man kann bei sportlichen Bewegungen auch zwischen äußeren und inneren Kräften unterscheiden. Bei äußerer Kraft handelt es sich um die Kraft, die sich zwischen dem Körper des Sportlers gegenüber seiner Umwelt entwickeln kann. Die inneren Kräfte gehen von einem Teil des Körpers auf einen anderen über. (ZATSIORSKY 1996)

WEINECK 2007 legt sich auf keine konkrete Definition von Kraft fest, da es schwierig ist, eine präzise Definition abzulegen, die sowohl ihre physischen als auch psychischen Aspekte erfasst.

*„Die Arten der Kraft, der Muskularbeit der Muskelanspannung bzw. der differenzierte Charakter der Muskelanspannung, außerordentlich vielfältig sind und von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden.“ (WEINECK 2007, 371)*

### **6.1.2 Definition Training**

HEHLMANN in Weineck (2007) definiert Training „als planmäßige Funktionsübung auf körperlichem oder auf geistigem Gebiet mit dem Ziel der individuellen Bestleistung, besonders im Sport. Zweckmäßiges Training und harmonische Gesamterziehung können sich ergänzen.“

Laut HOHMANN, LAMES, LETZELTER (2007) ist Training für alle offen, vom Anfänger über den Fortgeschrittenen bis zum Spitzensportler, vom Schüler über den Jugendlichen, den aktiven bis zum Alterssportler, für den, der seine Leistung steigern, für den, der seine Fitness erhalten, aber auch für den, der sie wiederherstellen will.

Im Gegensatz zu Hohmann, Lames und Letzelter spricht WEINECK (2007) von einem allgemeinen in jedem Bereich einsetzbaren Training und konkretisiert den Begriff nicht auf Sport.

*„Der Begriff Training lässt sich im allgemeinen Sprachgebrauch für die verschiedensten Bereiche (physisch, psychisch, motorisch, kognitiv, affektiv etc.) verwenden und beinhaltet dabei meist einen Übungsprozess, der eine Verbesserung im jeweiligen Zielbereich anstrebt.“ (WEINECK 2007, 21)*

MARTIN, CARL, LEHNERTZ (2003) gehen vom allgemeinen Trainingsbegriff weg und nehmen stattdessen einen richtungsweisenderen Begriff. *„Sportliches Training ist ein komplexer Handlungsprozess, der auf die planmäßige Entwicklung bestimmter sportlicher Leistungszustände und deren Präsentation in sportlichen Bewährungssituationen, speziell im sportlichen Wettkampf, ausgerichtet ist.“ (S. 16)*

Durch die Definition wird verdeutlicht, dass die Entwicklung der Gesamtpersönlichkeit Auswirkung auf das Training hat.

Nach WEINECK 2007 muss man jedoch unterscheiden, in welchen Bereichen der Begriff „sportliches Training“ eingesetzt werden sollte, da es einen Unterschied macht, ob man den Begriff im Schul- und Gesundheitssport oder im Leistungssport verwendet. Allgemein definiert er das sportliche Training als *„die physich-energetische, psychosoziale, technisch-koordinative und kognitiv-taktische Vorbereitung des Sportlers mit Hilfe von Körperübungen im Sinne der Leistungsoptimierung.“*

## **6.2 Superkompensation**

Jakowlew (1977 in Weineck) war einer der ersten der die Superkompensation als überschießende Adaptionreaktion beschrieben hat.

Nach der Belastung kommt es zu einem vorübergehenden Abfall der sportlichen Leistungsfähigkeit und anschließend zu einer erhöhten Leistungsfähigkeit, dieser Leistungsanstieg befindet sich über dem Ausgangsniveau.

*„Dieser Zustand erhöhter energetischer Leistungsfähigkeit wird als Superkompensation bezeichnet.“ (WEINECK 2007,50)*

Grundsätzlich kann man sagen, dass der Körper nach einer gewissen überschwelligen Trainingsbelastung eine gewisse Zeit braucht bis er sich wieder regeneriert hat und an die vorangegangene Leistung anschließen kann. Während der Regeneration versucht der Körper die Um- und Aufbauprozesse zu beenden, damit man nachfolgend auf einem höheren Level trainieren kann. DENEUVE (in Weineck 2007) versteht *„unter Superkompensation die Phase der Wiederherstellung verbrauchter Energiequellen über das Ausgangsniveau hinaus Die Superkompensation ist somit Grundlage für die Funktions- und Leistungssteigerung eines jeden Sportlers.“*

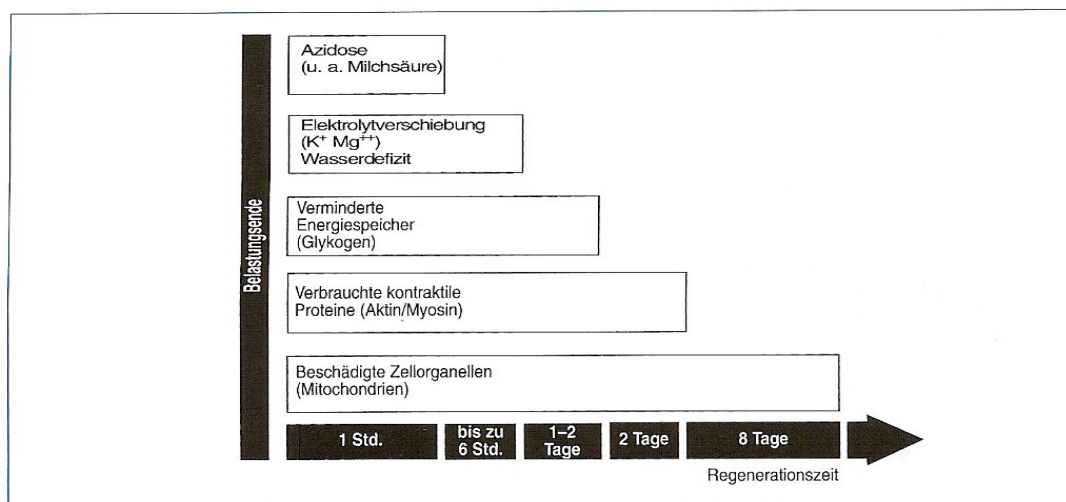


Abbildung 5: Die unterschiedlichen Regenerationszeiten biologischer Teilsysteme (WEINECK 2007, 54)

ZATSIORSKY (1996) beschreibt die Superkompensation auf einem anderen Weg. Durch das sportliche Training kommt es zu einer teilweisen bzw. völligen Erschöpfung bestimmter Substanzen, die während der körperlichen Arbeit benutzt, verbraucht oder verändert und anschließend resynthetisiert werden. Nach dem Training kommt es zu einer Wiederherstellung der biochemischen Substanzen über dem Ausgangsniveau. Diesen Vorgang nennt man dann Superkompensation, wie in Abbildung 6 dargestellt ist.

Wenn die Pausen zwischen den Belastungen zu kurz gestaltet werden, kommt es zu einer Verringerung des Leistungsniveaus. Werden die Pausen richtig gestaltet, dann hat der Sportler genügend Zeit zur Regeneration und er befindet sich in der Superkompensationsphase, was zu einer Leistungssteigerung kommt. Wenn die Pausen zwischen den Trainingseinheiten aber zu lange sind, kommt es zu keiner Veränderung der physischen Fähigkeiten (siehe Abb. 5). (ZATSIORSKY 1996)

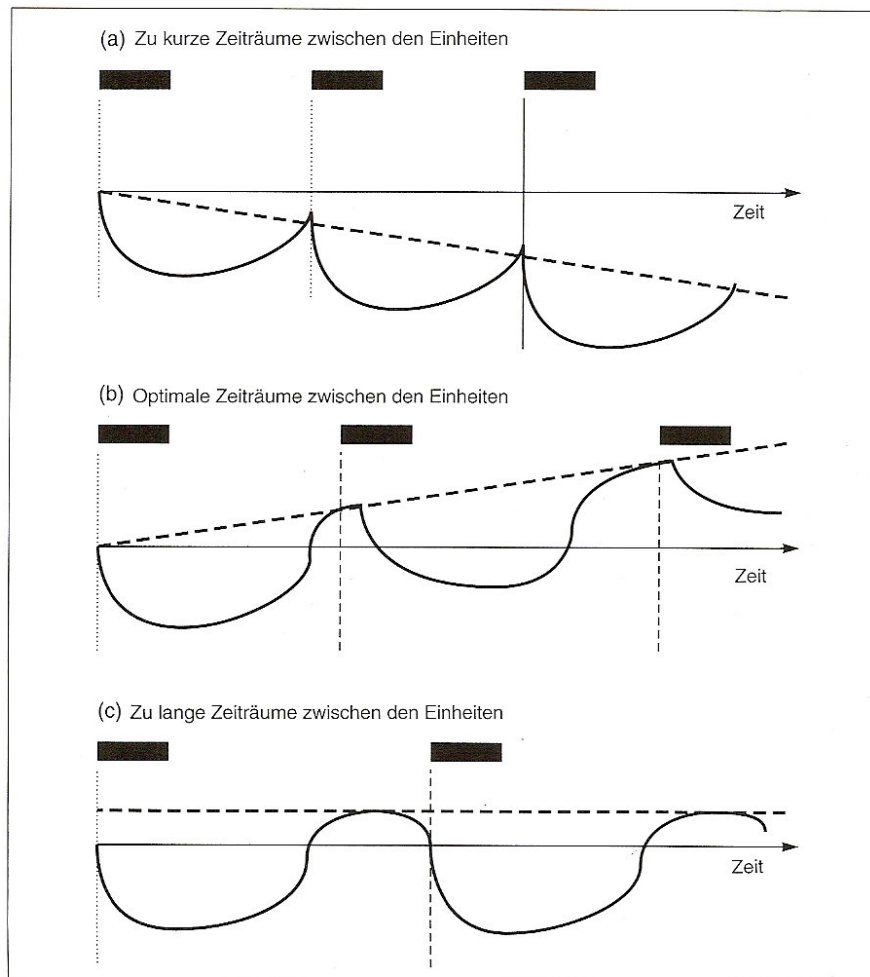


Abbildung 6: Superkompensation (ZATSIORSKY 1996, 27)

Da der Abbauprozess nicht so lange dauert wie der Erholungsprozess kommt es zur biologischen Adaptation und somit wird der Körper des Sportlers auf höhere Leistungen vorbereitet. Werden die Trainingsreize jedoch falsch und zu oft gesetzt, kommt es zum Übertraining und somit zur Abnahme der sportlichen Leistungsfähigkeit des Sportlers. (WEINECK 2007)

GOTTLOB (2001) geht bei der Erholungsphase sogar noch etwas weiter und meint, dass man unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Muskelgruppen die Erholungsphasen besser nutzen kann. Er unterteilt die Gruppen in Kurzerholer (Waden- u. Bauchmuskulatur, Rückenstrecker) 24 – 36 Stunden, Mittelerholer (Schulter, Arme u. Brust) 36 – 72 Stunden und Langerholer (Rücken, Hüfte u. Oberschenkel) 48 – 96 Stunden.

Man muss jedoch berücksichtigen, dass die Adaptionen nach einem Training sehr individuell sind und von vielen verschiedenen Faktoren, wie z.B. Alter, Geschlecht, Trainingszustand etc. abhängen. Jedoch kann man durch gezielte Maßnahmen die Erholungsphase fördern und zwar durch Massagen, Auslaufen, Ernährung und Dehnungsgymnastik. (BOECKH-BEHRENS, BUSKIES 2003)

### 6.3 Aspekte der Trainingssteuerung

Zur Trainingssteuerung gehören eine Vielzahl von Komponenten, wie etwa die Planung, die Durchführung, die Maßnahmen und die Korrekturen eines Trainings. Diese Parameter verhelfen dem Sportler zu einer Leistungsoptimierung bzw. –steigerung. (DE MAREÉS 2003)

WEINECK 2007 liefert eine genaue Definition der Trainingssteuerung ab. Sie beinhaltet den Ist-Zustand des Sportlers und soll ihn durch gezielte Veränderungen zum Soll-Zustand führen.

*„Trainingssteuerung bezeichnet zusammenfassend die gezielte (kurz- und längerfristige) Abstimmung aller Maßnahmen der Trainingsplanung, des Trainingsvollzugs (der Trainingsdurchführung), der Wettkampf- und Trainingskontrollen und der Trainings- und Wettkampfauswertung zur Veränderung des sportlichen Leistungszustandes (Trainingszustandes) im Hinblick auf das Erreichen sportlicher Leistungen und Erfolge.“ (WEINECK 2007, 71)*

Durch leistungsdagnostische Verfahren kann man den aktuellen Leistungszustand des Sportlers feststellen und somit ein optimales Training gewährleisten. Nach den Ergebnissen der leistungsdagnostischen Verfahren werden dann die individuellen Trainingsziele angepeilt und es kommt auch gleichzeitig zu einer Feinabstimmung der Trainingsphasen. Anschließend wird dann die Trainingsdurchführung kontrolliert und entsprechend Tests bzw. Messungen durchgeführt. Zum Schluss werden dann die ganzen Daten der Tests bzw. Messungen ausgewertet. Durch diese Daten kann man dann das Training gegebenenfalls korrigieren oder das Training so beibehalten wie es ist. (POKAN et al. 2004)

Zur Trainingssteuerung gehören nicht nur die Regelung und Steuerung der leistungsbestimmenden Faktoren sondern auch die trainingsbegleitenden Maßnahmen. Zu den trainingsbegleitenden Maßnahmen zählen Aufwärmen, Auslaufen, Ernährung und Physiotherapie. (WEINECK 2007)

## 6.4 Kraftausdauertraining

Die Kraftausdauer wird am Anfang mit der Erhöhung der Maximalkraft mittrainiert, da sie eine Spezialform der Maximalkraft ist. Die Intensität beim Kraftausdauertraining liegt bei 40 % – 50 % der Maximalkraft, die Wiederholungen sollten zwischen 15 und 20 liegen. (GEIGER 2003)

Das bedeutet, dass die Kraftausdauer umso besser ausgeprägt ist, je höher die Maximalkraft ist. Wenn die Belastungswiderstände hoch sind ( $> 50\%$  der individuellen Maximalkraft), dann ist das Maximalkraftniveau mitentscheidend für die Zahl der möglichen Wiederholungen. Grund dafür ist die anaerobe Energiegewinnung, die durch die Muskelarbeit mit hoher Intensität zustande kommt da es bereits bei 50 % der maximalen Anspannung zu einem Verschluss der arteriellen Blutgefäße und damit zur Einstellung der Sauerstoff- und Substratzufuhr kommt. Die aerobe Energiegewinnung wird bei 25 % der maximalen Kraft aktiviert. (WEINECK 2007)

Nach HOHMANN, LAMES, LETZELTER (2007) beginnt die aerobe Ausdauerbelastung erst bei mindestens 30 % der Maximalkraft. Auch teilen sie das Kraftausdauertraining in drei unterschiedliche Trainingsstufen und zwar das hochintensive statisch-dynamische (z.B. Ringen), mittelintensive statische (z.B. Geräteturnen) und mittelintensive dynamische (Schwimmen) Kraftausdauertraining.

Trainingsziel ist die Verbesserung des Energieflusses im Muskel und damit das lange Aufrechterhalten einer bestimmten Höhe des Kraftstoßes. (MARTIN, CARL, LEHNERTZ 2003)

An den oberen und unteren Extremitäten können unterschiedliche Niveaus der Kraftausdauer auftreten abhängig von der Sportart bzw. von der Wettkampfdistanz.

Die Kraftausdauer ist aber auch von der aeroben und anaeroben Kapazität sowie von der lokalen und zentralen Ermüdung abhängig.

In einer Studie von Buskies an 300 Probanden konnte nachgewiesen werden, dass bei einem Kraftausdauertraining enorme Kraftzuwächse erzielt werden konnten, die nicht sehr viel geringer waren, als die bei einem „starken“ Krafttraining bis zur letztmöglichen Wiederholung im Satz. (BOECKH-BEHRENS, BUSKIES 2007)

Es gibt viele positive Auswirkungen beim Kraftausdauertraining. Durch das so genannte sanfte Krafttraining kommt es zu einer Reduktion des Körperfettanteils bei beiden Geschlechtern, zu einer Zunahme des Oberarm-, Brust- und Oberschenkelumfangs bei Männern und zu einer Abnahme der Taille bei Frauen. Auch die Stoffwechselbelastung ist deutlich niedriger, was man an niedrigeren Laktatwerten sehen kann. (MARTIN et al. 2003)



## 7 Geschlechtsspezifische Unterschiede

Im Kindesalter – etwa bis zum zwölften Lebensjahr – ist die Kraft der Mädchen und Jungen noch gleich, aber mit zunehmendem Alter steigt die Kraftentwicklung der Buben rapide an. Bei den Mädchen hingegen ist nur ein mäßig Anstieg zu verzeichnen, wobei das Maximum zwischen dem zwanzigsten und dreißigsten Lebensjahr erreicht ist und anschließend kommt es dann zu einem allmählichen absinken der Kraft. (WEINECK 2007)

Die Studie von LEMMER et al. (1999) zeigte zum ersten Mal, dass durch das Alter und Krafttraining eine Abnahme beim einmaligen Wiederholungsmaximum verzeichnet wurde, wohingegen das Geschlecht die Abnahme nicht beeinflusste. Nach einem neunwöchigem Krafttraining wurde bei den jüngeren im Gegensatz zu den älteren Teilnehmern ein Zuwachs beim einmaligen Wiederholungsmaximum verzeichnet ( $34 \pm 3\%$  vs.  $28 \pm 3\%$ ). Die trainierte Last lag bei den jüngeren Probanden durchschnittlich bei 24 kg bei den älteren durchschnittlich bei 16 kg beim untrainierten Bein. Bei den Frauen konnte nicht so ein hoher Zuwachs beim one repetition maximum bei einem untrainierten Bein nachgewiesen werden.

*“Interestingly, age and gender differences in response to strength training may be in opposite directions for strength compared with muscle mass. We recently showed that increases in muscle mass in these same subjects were affected by gender, but not by age, with men increasing their muscle mass twice as much as women. This differential strength and muscle mass response to strength training suggests that the neural adaptations to strength training may be affected by age and/or gender.” (Lemmer, 1999)*

Allgemein ist bekannt, dass die Kraft der Skelettmuskulatur bis ca. zum dreißigsten Lebensjahr zunimmt und anschließend bis zur fünften und sechsten Dekade stagniert. (JORDAN et al. 1999)

Danach kommt es zu einer Abnahme der Kraft und die Muskelmasse wird reduziert. In den ersten sechs Lebensdekaden haben Männer um ca. 20 – 25 % mehr Kraft als Frauen. (JORDAN et al. 1999)

Geschlechtsspezifische Unterschiede in der absoluten Muskelkraft sind gut dokumentiert. Studien geben an, dass Männer größere und stärkere Muskeln haben als Frauen und dass die Unterschiede in den oberen Extremitäten ausgeprägter sind als in den unteren, obwohl auch eine deutliche Überlappung bei beiden Geschlechtern existiert. (WARREN et al. 1990) Zu den Faktoren, die die maximale spontane Muskelkraft beeinflussen, gehört die Querschnittsfläche (cross sectional area) der Muskulatur, die Spannung (Stärke pro Einheit der Querschnittsfläche, welche von der Muskelfaserverteilung und von der Anzahl der nicht kontraktiven Gewebe abhängt), die subjektive Möglichkeit zur vollen Aktivierung der motorischen Einheiten und mögliche anatomische Unterschiede die mechanischen Wirkungsgrades des Muskels richtig auf das Gelenk zu übertragen. (MILLER 1993)

Die muskuläre Querschnittsfläche hängt von der Größe und der Anzahl der Muskelfasern ab. Allgemein ist bekannt, dass untrainierte Frauen kleinere Fasern als untrainierte Männer haben (sowohl in den oberen, als auch in den unteren Extremitäten). (HAAN et al. 1988) Einige Autoren haben berichtet, dass speziell im musculus biceps brachii und im musculus tibialis anterior bei Frauen im Gegensatz zu Männern weniger Muskelfasern vorhanden sind, jedoch konnten diese Untersuchungsergebnisse im musculus triceps brachii, musculus biceps brachii und im musculus vastus lateralis bei Bodybuilderinnen nicht nachgewiesen werden. (MILLER 1993)

Ergebnisse von größerer spezifischer Spannung im Muskel der Männer weisen auf eine größere Fähigkeit hin, Kraft durch männliches Muskelgewebe zu erzeugen. Jedoch liegt es anscheinend nicht an den Geschlechtsunterschieden bezüglich der Fähigkeit, Bewegungsmaßeinheiten zu aktivieren oder zu den Differenzen in der Faserverteilung. (HAAN et al. 1988) Dazu kommt, dass große interindividuelle Unterschiede in der spezifischen Spannung auch bei jedem Geschlecht gefunden wurden. Die Faktoren, die für diese Variabilität verantwortlich sind, sind nicht geschlechtsspezifisch. Wenn ein signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied in der Anzahl der Muskelfasern existiert, dann repräsentiert er einen echten biologischen Unterschied, da die Fasernanzahl von Geburt an vorbestimmt ist. (MILLER 1993)

## 7.1 Muskelkraft

Durch Krafttraining kann man bei beiden Geschlechtern eine Verminderung der Körpermasse, der Fettmasse, des relativen Fettes und eine Zunahme der fettfreien Masse verfolgen. (REEVES 2004)

Außerdem muss man die neuro-muskuläre Adaption berücksichtigen, weil sonst die Muskelmasse die Hauptdeterminante der Kraft und somit ein Nachteil für die Frauen wäre. Frauen können einen Kraftzuwachs von 20% - 40 % durch Kraftausdauertraining verzeichnen. Dies entspricht in etwa der Größenordnung von Kraftzuwachs bei Männern. (DELMONICO et al. 2005)

In der Studie von PETRELLA et al. (2005) fand man heraus, dass ältere Frauen speziell bei einer Übung in der geschlossenen Kette, so schnell wie möglich von einem Sessel aufstehen, am schlechtesten abschnitten. Der Unterschied zu ihren jüngeren Kollegen betrug ca. 32 %. Der Grund könnte der sein, dass die Last während der Sitz-Steh Bewegung einen höheren Anteil an der Muskelkapazität bei älteren Frauen repräsentiert, weil die älteren Damen mit einer geringeren Kontraktionsgeschwindigkeit (Basis des Kraft- Geschwindigkeitsverhältnisses) aufstanden. Dieses Ergebnis ist sehr relevant, da im täglichen Leben viele Bewegungen der unteren Extremitäten in der geschlossenen Kette absolviert werden müssen. Auch wurde in der Studie von BAMMAN et al. (2000) der Verlust von der fettfreien Oberschenkelmasse bei älteren Männern und Frauen getestet, wobei es bei den weiblichen Probanden zu einer Abnahme von ca. 17 % beim Oberschenkelmuskelverlust kam, der Verlust der absoluten Kraft bei der Leg press 17 % und 16 % bei den freien Squats betrug. Bei den männlich war der gesamte Oberschenkelverlust mit 17 % datiert, wohingegen diese bei der Leg press und den Kniebeugen jedoch einen Kraftverlust von 29 % verzeichnen mussten. Es wird angenommen, dass Männer schneller die Kraft als die fettfreie Masse verlieren, obwohl es keinen signifikanten Unterschied zu ihrem jüngeren Pendant gibt.

Männer haben einen größeren Muskel und dadurch mehr Kraft als Frauen bezogen auf die Körpergröße und dem höheren Level an anabolen Hormonen. Untrainierte Frauen haben um ca. die Hälfte in den oberen und ca. Zweidrittel in den unteren Extremitäten weniger Kraft als Männer. In der Studie von HUBAL et al. (2005) konnte ein kleiner, aber signifikanter Zuwachs der Muskelgröße bei beiden Geschlechtern verzeichnet werden. Bei den Frauen betrug die Vergrößerung 18 % bei den Männern 20 %. O'HAGEN et al. (1995) konnte einen größeren Anstieg verzeichnen, Grund dafür könnte sein, dass seine Probanden nicht im Freibereich sondern an Maschinen trainierten.

Durch das Training wurde auch die Muskelquerschnittsfläche vergrößert, jedoch nicht der Faserbereich. Natürlich hängt der Kraftzuwachs auch von der Bewegungsgeschwindigkeit ab, wenn man langsamer trainiert, kann man mehr Nutzen daraus ziehen. (O'HAGEN et al. 1995)

## **7.2 Hormone**

Die Kraftleistungen unterscheiden sich bei beiden Geschlechtern, hauptsächlich im prozentuellen Anteil und in der Trainierbarkeit der Muskulatur. Ab der Pubertät wird beim Mann vermehrt Testosteron produziert und somit kommt es zu einem Anstieg der Maximalkraft. Das Sexualhormon Testosteron, das beim Mann in größerer Menge vorhanden ist, wirkt muskelaufbauend. (O'HAGEN et al. 2005)

Der Kortisol-Level ist bei beiden Geschlechtern gleich hoch, jedoch sinkt er nach dem Training bei Männern und bleibt allerdings bei den Frauen konstant. Dieser Unterschied, kombiniert mit dem höheren Testosteronspiegel, resultiert in einem höheren Kortisol – Testosteron Ratio bei den Männern, was die Muskelproteinsynthese begünstigt. Natürlich fördern auch andere Hormone die Proteinsynthese, wie z.B. das Wachstumshormon und das Insulin. Das Krafttraining hat keinen Effekt auf das Blutinsulinlevel bei Männern. (O'HAGAN, 1995)

Ein Trainingsbenefit sollte eine Reduktion des Cholesterins, LDL (low density lipoprotein) und ein Anstieg des HDL (high density lipoprotein) sein, wobei diese Werte bei Männern nachgewiesen werden konnte. (LEWIS et al., 1986)

In einer Studie von IZQUIERDO et al. (2001) wurde festgestellt, dass ein geringer anaboli-scher Hormonanteil (Testosteron) ein limitierender Faktor für die Kraftentwicklung während eines Krafttrainings bei Männer und Frauen ist.

### **7.2.1 Menopause**

KEMMLER et al. (2002) untersuchte neunundfünfzig Damen im Alter von ~ 55 Jahren. Hormoneller Wechsel während der Menopause und im höheren Alter geht oft mit einer reduzierten physikalischen Fitness und beschädigten Gesundheit einher. Als Alternative zu einer hormonellen Ersatztherapie kann nur regelmäßiges körperliches Training herangezogen werden. Training kann den negativen Effekt des Östrogenmangels (Knochenverlust), Diabetes und die koronaren Herzerkrankungen kompensieren. Viele Studien konnten schon einen positiven Effekt von Training anhand der Knochenmineraldichte bei postmenopausalen Frauen nachweisen.

Anhand von vier auserlesenen Übungen (Beinpresse, Brustpresse, Rudern, Beinadduktion) konnte der Verlust der Knochenmineraldichte reduziert werden, was eines der Hauptprobleme bei Frauen in der Menopause ist. Bei der trainierenden Gruppe konnte man einen signifikanten Dichtezuwachs an der Lendenwirbelsäule sehen, bei der Kontrollgruppe hingegen kam es zu einer Abnahme. Die Resultate an der Hüfte sind um einiges geringer als die an der Lendenwirbelsäule, was damit zu tun haben könnte, dass die Lendenwirbelsäule schneller reagiert wegen des höheren Grades des metabolisch - aktiven trabikulären Knochens. Gelenks- und Rückenschmerzen sind zwar keine typischen Zeichen bei postmenopausalen Frauen, aber die Schmerzhäufigkeit ist in diesem Alter allgemein sehr hoch. In dieser Studie von KEMMLER (2002) hatten 60 % Rücken- (Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule) und 68 % Gelenks-schmerzen (Knie, Hüfte und Schulter). Durch das Training konnten die Schmerzen, die Schmerzhäufigkeit und -intensität in der Brust- und Lendenwirbelsäule signifikant gelindert werden. An den anderen Schmerzorten änderte sich nichts signifikant. Dieser positive Effekt könnte von dem langsamen steigern der Intensität beim Krafttraining in den ersten Monaten hervorgerufen worden sein. Der allgemeine Index über die Zufriedenheit im Leben war bei der trainierenden Gruppe signifikant hoch, im Gegensatz zu der Kontrollgruppe, wo sich nichts geändert hatte. Ein weiterer positiver Effekt vom Krafttraining war eine allgemeine Besserung der Stimmung und der Schlaflosigkeit, jedoch nicht bei Migräne und Depression.

### **7.3 Faser**

Es wird angenommen, dass es bei Frauen nicht zu einer gleichen Hypertrophie der Typ II Fasern kommt wie bei Männern, obwohl dass gleiche Trainingslevel vorliegt. Gerade die Hypertrophie der Typ II Fasern ist eine typische Antwort auf das Krafttraining. Das würde heißen, dass die reduzierte Fähigkeit der Typ II Fasern zu hypertrophieren Grund sein könnte, dass Frauen eine geringere Gesamthypertrophie erzeugen können. (O'HAGAN et al. 1995)

LEWIS et al. (1986) stellte fest, dass die Muskelfaserzusammensetzung von den spezifischen Disziplinen abhängt, aber in den einzelnen Disziplinen nur ganz kleine Unterschiede zwischen den Geschlechtern vorliegen.

## **7.4 Neurale Adaption**

Der Kraftverlust verknüpft mit einem steigenden Alter ist das Resultat eines qualitativen und/oder quantitativen Verlusts der Skelettmuskulatur. (AKIMA et al., 2000)

In einer Studie von AKIMA et al. (2000) an der 164 Männer und Frauen teilgenommen hatten, konnte nachgewiesen werden, dass die Kraft/muskuläre Oberfläche mit dem Alter stark absank, nicht jedoch bei den Frauen. Ein Grund für den muskulären Kraftverlust könnte die Abnahme der Muskelmasse bei beiden Geschlechtern sein, wobei der Verlust bei den älteren Männern auch auf neurale Faktoren (z.B.: Muskelrekrutierung und/oder spezielle Spannung) rückgeschlossen werden könnte.

## **7.5 Obere und untere Extremitäten**

Es ist bekannt, dass durch sehr intensives Krafttraining die Größe der Skelettmuskulatur bei Männern und Frauen unabhängig vom Alter ansteigt. Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass durch hoch-intensives Krafttraining der prozentuelle Anstieg der Muskelhypertrophie bei Männern und Frauen gleich hoch ist. (CURETON et al. 1988) Eine größere hypertrophe Antwort konnte in den oberen Extremitäten festgestellt werden, wobei die relative Intensität und der Trainingsaufwand der Arme bei beiden Geschlechtern gleich war. Bei der Querschnittsfläche des musculus quadriceps konnte kein signifikanter Anstieg nach zwei Wochen beobachtet werden. In der Studie von TAKESHI et al. (2000) konnte bei den Männern bereits nach der zweiten Woche bei der Knieextension ein signifikanter Anstieg des one repetition maximums nachgewiesen werden, bei den Frauen hingegen erst nach der vierten Woche.

Die Muskelkraft und die Fähigkeit der Beinmuskulatur schnell Kraft zu produzieren ist sehr wichtig, speziell im Alter wo sich unter anderem die Sturzgefahr erhöht. Der Grund für den allgemeinen Kraftverlust liegt darin, dass die Muskelfasern atrophieren, bei Männern und Frauen gleich stark. Allgemein ist bekannt, dass der Kraftverlust in den unteren Extremitäten am höchsten ist. (SURAKKA, 2005) Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass ab der fünften Dekade, die Beinmuskulatur weniger genutzt wird als wie die Armmuskulatur. Bei Frauen kommt es ab den ca. 55ten Lebensjahr zu einem absinken der Muskelkraft, bei Männern hingegen kommt es zu einem schrittweisen Verfall. In einer Studie wurden 35-, 45- und 55-jährige gesunde Männer und Frauen mittels Vertical jump getestet. Die Höhe betrug bei den 35jährigen Männern um 25 % mehr als bei den 55jährigen, aber bei der Rumpfmuskulatur waren die 35jährigen Männer nur um 15 % besser als die 55jährigen. (SAMSON et al. 2000)

In einer Studie von KRAEMER et al. (2000) konnte nachgewiesen werden, dass ein regelmäßiges sechsmonatiges Krafttraining die geschlechtsspezifischen Unterschiede in physikalischer Bewegung signifikant verringert.

Normales biologisches Altern ist immer kombiniert mit einer Abnahme der funktionalen Kapazität des neuromuskulären und neuroendokrinen Systems, das sich dadurch äußert, dass es zu einer Abnahme der Maximalkraft und der muskulären Ausgangsleistung kommt. Auch wird angenommen, dass die Muskelleistung zwischen den unteren und oberen Extremitäten abhängig vom Alter und der Qualität und/oder der Intensität der täglichen körperlichen Aktivität innerhalb einer Lebensspanne variiert. (IZQUIERDO et al., 2001)

Altersbedingter Kraftabfall resultiert von einer Reduktion der Muskelmasse, die durch eine Abnahme der individuellen Fasergröße, speziell Typ II Fasern, hervorgerufen wird. (LYNCH et al. 1999) Viele Studien haben gezeigt, dass Krafttraining der unteren Extremitäten nicht nur bei Personen mittleren Alters sondern auch bei älteren Personen die Maximalkraft verbessert. Primäre Komponente für die muskuläre Verbesserung nach einem Krafttraining ist die neurale Ansteuerung des agonistischen Muskels verbunden mit einer Muskelhypertrophie während eines späteren Trainings. Bei älteren Personen kommt dieser Effekt auch zur Wirkung, wenn die Trainingsintensität und die Trainingsdauer gering sind. Sekundäre Komponente ist der menschliche Muskelmetabolismus, der unter Hormonkontrolle steht. (IZQUIERDO et al. 2001)

DE MARÉES (2003) hingegen schreibt, dass die Muskelkraft des Mannes (besonders die der Extremitätenmuskulatur) im Mittel absolut stärker trainierbar ist als die der Frau.

Studien haben gezeigt, dass Frauen in den oberen Extremitäten um 40 % – 60 % jedoch in den unteren Extremitäten nur 25 % - 30 % schwächer sind als Männer. (BISHOP et al. 1987) Es kommt auch immer darauf an, wie man die Kraft misst. Die zwei häufigsten Methoden sind zum einen die Kraft bezogen auf das Körpergewicht und zum anderen die Kraft bezogen auf die fettfreie Masse zu messen. Ein Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse könnte daran liegen, dass Frauen um die Hüfte mehr fettfreie Masse als Männer besitzen und dadurch die Männer auch mehr Muskeln haben. Auch bei der Laktat Schwelle gibt es nur einen geringen bzw. keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern. (KRAEMER et al. 2001)

## 7.6 Muskuläre Ermüdung

Aus empirischen Untersuchungen der näheren Vergangenheit wissen wir, dass die Ermüdung der Muskelfasern nicht nur eine Anhäufung von Metaboliten (Laktat) oder Mangel an Energielieferanten (ATP) ist, sondern vielmehr auch durch die Abnahme der vom ZNS gebildeten Aktionspotentiale pro Sekunde zustande kommt. Ebenfalls verschlechtern sich die Impulsweiterleitung in den Neuriten und die Impulsübertragung auf die motorische Endplatte. (YASSIERLI et al. 2007)

*„Muscle fatigue is often defined as an exercise-induced decline in the capacity of muscle to exert its maximum force. At the level of the whole organism, the particular physiological mechanism that is most responsible for fatigue depends on the characteristics of the task that is being performed.” (SEMMLER et al. 1999)*

KATSIARAS et al. (2004) hat mögliche Ansatzpunkte in der muskulären Ermüdung bei Frauen gefunden. Geschlechtsspezifische Unterschiede in der neuromuskulären Aktivierung, hormonabhängige Änderungen in der Muskeltemperatur, Unterschiede in der Muskeldurchblutung hervorgerufen durch Änderungen der mechanischen Kompression und muskuläre größenabhängige Substratutilisation können ebenfalls zur erhöhten Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei Frauen führen.

Ab dem 50. Lebensjahr nimmt die Muskelmasse ca. 1 – 2 % jährlich ab, dass heißt, dass es bei keinem regelmäßigen Training zu einem allgemeinen körperlichen Verfall bzw. zu einer gesellschaftlichen Abhängigkeit kommt. Im Gegensatz zur Muskelmasse nimmt die Muskelkraft pro Jahr um ca. 3 – 4 % ab. Die Muskelermüdung spielt auch eine wichtige Rolle beim Training. Ermüdung ist immer ein Zeichen von Kraftverlust, der nach mehreren Wiederholungen auftritt. Manche Muskeln zeigen keine altersbedingten Unterschiede in der Ermüdung auf, wie z.B. musculus quadriceps oder musculus tibialis anterior. (SEMMLER 1999)

Hingegen der musculus triceps surae ist im Alter sehr anfällig auf Ermüdung. Viele Bewegungen werden durch die Ermüdung beeinflusst, wie z.B. Stiegen steigen, von einem Sessel aufstehen etc. (SEMMLER 1999)

Die kraftorientierte Erholungsphase nach intensivem Krafttraining scheint bei Frauen schneller zu sein als bei Männern. (ESBJÖRNSSON-LILJEDAHL et al. 2002)

*„Thus the faster recovery of force or power in women could be explained by gender-related differences in the exercise-induced breakdown of high energy phosphates. It is important to emphasize that such a difference may develop during the exercise bout itself and/or during recovery after exercise.” (ESBJÖRNSSON-LILJEDAHL et al. 2002)*



In der Studie von SEMMLER (1999) wurde die Ermüdungsfähigkeit der Skelettmuskulatur auf geschlechtsspezifische Unterschiede hin untersucht. Generell haben Frauen eine längere Ausdauerzeit als Männer, speziell wenn es sich um geringe bzw. moderate Kräfte handelt. Zum Beispiel war bei der isometrischen Kontraktion (20 % vom Maximum der Kniestreckermuskulatur) die Ausdauerzeit bei Frauen länger als die bei den Männern, aber bei 50 % und 80 % des Maximums nicht. Auch konnten Frauen eine größere Anzahl an Wiederholungen bei den Ellbogenflexoren ausüben, wenn das Gewicht 50 %, 60 % und 70 % des Maximums betrug, jedoch nicht bei 80 % und 90 % des Maximums. (KAHN et al. 1986)

## **7.7 Muskuläre Ausdauer**

Obwohl in einer Studie von MILLER et al. (1993) herausgefunden wurde, dass Männer und Frauen einen gleichen fettfreien Volumes-Ratio in den Armen und Beinen haben ist die muskuläre Ausdauer doch unterschiedlich.

Eine einfache Erklärung dafür wird von MILLER et al. (1993) berichtet, wonach die Unterschiede in der muskulären Dimension (z.B.: Muskelmasse) liegen. Die Autoren argumentieren damit, dass, wenn zwei Muskeln dieselbe Querschnittsfläche besitzen, der längere Muskel eine höhere Energienutzung mit der gleichen maximal-spontanen isometrischen Kontraktion hat. Er besitzt eine größere Anzahl an Sarkomeren in Serien, welche die Energie nutzen aber nicht die Kraft, die der Muskel erzeugt. Der metabolische Aufwand einer Übung ist mehr von der Muskelmasse, als von der muskulären Querschnittsfläche abhängig. Außerdem fanden MILLER et al. (1993) heraus, dass der Unterschied in der muskulären Ausdauer am höchsten im Ellbogenbeuger war, also in der Muskelgruppe, welche die größten Umfangsdifferenzen aufweisen. Es ist schwer den Bereich zu bestimmen, inwieweit die größeren Fasern der Männer aus einem echten biologischen Unterschied oder einer physikalische Aktivität entstanden sind. MILLER et al. (1993) schließen aus ihrer Untersuchung, dass es sich um einen angeborenen geschlechtsspezifischen Unterschied handelt.

## 7.8 Trainingshäufigkeit

Mit dem Alter nimmt die Kapazität um Explosivkraft zu produzieren ab, wobei diese noch viel dramatischer absinkt als die maximale Muskelkraft. Deshalb ist das Krafttraining im Alter so wichtig, weil man den Verfallsprozess verlangsamen kann. Zweimal pro Woche sollte man laut SURAKKA et al. (2003) trainieren, wobei dies das Minimum an Trainingseinheiten wäre. FRÖHLICH und SCHMIDTBLEICHER (2008) kamen zu den gleichen Ergebnissen, wobei sie ein Minimum von zwei- bis dreimal Ganzkörpertrainings vorschlagen. Es wird jedoch erwähnt, dass diese Anzahl nur sehr unzureichend ist, da die effiziente Planung der Trainingshäufigkeit in Abhängigkeit von Trainingsstatus, der beteiligten Muskelmasse, Geschlecht, der Belastungshöhe, der Verwendung von Periodisierungsstrategien, zeitlicher Rahmenbedingungen und der eigentlichen Zielstellung ist. (FRÖHLICH, SCHMIDTBLEICHER, 2008)

In der Studie von FRÖHLICH und SCHMIDTBLEICHER (2008) wurde jedoch nachgewiesen, dass fünf bis sechs Trainingseinheiten weniger effizient sind, als zwei, drei oder vier Trainingseinheiten pro Woche. Ein Grund dafür könnte eine zu geringe Auslenkung der Homöostase bzw. mangelnde Erholungsfähigkeit der physiologischen Parameter sein. Bei einer Trainingseinheit pro Woche wirken die Einflüsse auf die neurophysiologischen (optimierte Synchronisation der motorischen Einheiten, sowie eine gesteigerte Rekrutierung und Frequenzierung), sowie die morphologischen Systeme (erhöhter Protein – Turnover) nur im Sinne des Leistungserhalts. Bei den fünf und sechs Trainingseinheiten scheint es, dass die beanspruchten Systeme ihr Ausgangsniveau noch nicht erreicht haben, um erneute Trainingsreize verarbeiten zu können. (WERNBOM et al. 2007) Daraus ergibt sich, dass der idealste Fall zwei bis vier Trainingseinheiten pro Woche wäre, da diese zu einem optimalen Anpassungseffekt der Maximalkraftentwicklung führen. Bei Frauen kommt es zu einem höheren Profit, was die Krafttrainingsinterventionen betrifft, da davon auszugehen ist, dass Frauen ein geringeres Ausgangsniveau haben und bei kurzzeitigen Interventionen somit die Trainingsanpassung schneller vonstatten geht. Natürlich muss man auch den Status des Trainierenden berücksichtigen, bei einer untrainierten Person kommt es bei drei Trainingseinheiten pro Woche zu dem größten Anpassungseffekt, wohingegen ein Trainierter optimal von zwei Trainingseinheiten profitiert. (RHEA et al. 2003)

Man kann aber davon ausgehen, dass nach intensivem Krafttraining mit hohen Belastungen die neurophysiologischen und metabolischen Systeme nach 48 Stunden wieder das Ausgangsniveau erreicht haben, was dreimal pro Woche bedeuten würde. (RAASTAD et al. 2000) Die Effektstärken sind bei allen Trainingsmethoden (Kraftausdauer, Hypertrophie und intermuskuläres Koordinationstraining = IK) bei drei höher als bei zwei Trainingseinheiten: Kraftausdauerbereich 285 %, Hypertrophiebereich 129,3 %, IK – Training 178,9 %. (FRÖHLICH, SCHMIDTBLEICHER 2003)

## **8 Leistungsdiagnostische Verfahren zu Bestimmung der Kraft**

Die Durchführung von sportmotorischen Tests und biomechanischen Untersuchungsmethoden werden im Krafttraining zur Leistungsdiagnostik herangezogen. Die sportmotorischen Tests werden für die Grobdiagnose eingesetzt, die biomechanischen Untersuchungsmethoden dienen der Feindiagnose.

Die Durchführung solcher Tests müssen immer unter standardisierten Bedingungen durchgeführt werden, damit man Vergleiche ziehen kann.

### **8.1 Muskelleistungsschwelle**

*Die maximale Muskelleistung wird bei einem optimalen Verhältnis von zu bewältigender Last und der Geschwindigkeit der bewegten Last erreicht .(MARTIN, CARL, LEHNERTZ 2003, S. 119)*

Bei vielen Sportarten kommt es nicht auf die Bewegung einer größtmöglichen Last an, sondern darauf, dass eine möglichst hohe Muskelleistung erzielt wird. Als Schwellengewicht wird das Gewicht bezeichnet, mit dem die maximale Leistung erzielt wird. (WEINECK 2007) Durch die Veränderung der Muskelleistungsschwelle kann man genaue Auskunft über die Kraftentwicklung geben, ähnlich wie bei der aeroben und anaeroben Schwelle. Da die Bestimmung der Belastungsintensität über die konzentrischen und isometrischen Maximalkraftwerte relativ schwierig ist, da sie sehr stark von der Motivation abhängt, eignet sich die Messung über die Muskelleistungsschwelle sehr gut. (MARTIN et al. 2003)

## 8.2 Elektromyographie (EMG)

Bei einem EMG werden die summierten Spannungsänderungen aufgezeichnet, die ein Muskel (bzw. seine einzelnen Muskelfasern) bei einer Kontraktion erzeugt. (SCHEWE 2000)

Spannungszustände entstehen durch die Aktionspotentiale, die von den Motoneuronen zu den Muskeln geleitet und dort an den motorischen Endplatten auf die Muskelfasern übertragen werden. Die Potentialänderungen breiten sich von dort über die Zellmembranen der Muskelfasern aus. Die Spannungsänderung entsteht durch Ionenflüsse durch die Zellmembran. (SCHEWE 2000)

Bei der elektromyographischen Untersuchung werden die Amplituden und Frequenzen der Muskelaktionspotentiale mit Hilfe von Elektroden abgeleitet und registriert. Muskelpotenziale werden mit Hilfe von zwei aktiven Elektroden über den interessierenden Muskel abgeleitet. Dabei wird die Spannungsdifferenz zwischen diesen beiden aktiven Elektroden in Bezug auf eine dritte- die Referenzelektrode - gemessen. Die Referenzelektrode, muss über einer Stelle am Körper befestigt werden, die elektrisch neutral ist, an der vor allen Dingen keine Spannungsänderungen während der Messung auftreten. Man befestigt sie in der Regel auf einem Knochenvorsprung, der in der Nähe des betrachteten Muskels liegt. (SCHEWE 2000)

Die Elektromyographie macht Aussagen über die Aktivität von Muskeln. Man könnte aufgrund dessen meinen, dass man mit einem EMG die Kraft eines Muskels bestimmen könnte. Das ist jedoch nicht so einfach, da man zum einen nicht gleichzeitig die Aktivität aller beteiligten Muskeln messen kann, zum anderen können die gemessenen Werte für die gleiche erzeugte Kraft sehr unterschiedlich sein, weil nicht immer die gleichen motorischen Einheiten zur Krafterzeugung herangezogen werden. Auch die Hautpräparation spielt eine wichtige Rolle, zu viele Haare oder eingecremte Haut können die Signale verändern. Die wichtigste Aussage einer EMG-Messung ist, ob ein Muskel aktiv ist oder nicht. (SCHEWE 2000)

Neben der klinischen Diagnose von Muskelerkrankungen sowie der qualitativen Beurteilung von Schädigungen und Regeneration, können mittels der Elektromyographie im Rahmen der funktionellen Anatomie auch Beurteilungen von Muskelaktivitäten während bestimmter Bewegungsabläufe getroffen werden. Hierzu zählt vor allem die Identifikation der Zeitstruktur sowie der relativen Signal-Amplituden der elektromyographisch erfassten Muskeln. Somit ist die qualitative Untersuchung der bei Bewegungen entwickelten muskulärer Spannung möglich. Erst die komplexe Bewegungsanalyse, bei der das EMG in den Kontext zu kinematischen und dynamometrischen Messverfahren gestellt wird, ermöglicht letztlich Aussagen zur Bewegungsqualität bzw. erlaubt die Ökonomisierung der Bewegung. (SCHEWE, 2000)

### 8.3 Kraft-Zeit-Kurve

Mit Hilfe von Kraft-Zeit-Kurven kann man die isometrische Maximalkraft, die Explosivkraft, die Reaktivkraft, die Startkraft, die Absprungkraft und die Kraftspitzen der konzentrischen Maximalkraft bestimmen. Außerdem kann man aus dem Verlauf der Kurve die Kraftspitze, die Kraftfläche und die Dauer der Krafteinwirkung herauslesen. Die Kraft-Zeit-Kurve ist deshalb so bedeutsam, weil die Kraft bei Bewegung nie konstant ist. Hier werden Beziehungen zwischen der aufgewendeten Kraft und den beiden Zeitpunkten dargestellt und somit kommt es zu einer Registrierung der Verläufe der Kraft in der Zeit. (MARTIN, CARL, LEHNERTZ 2003)

Es gibt zwei Möglichkeiten um den Kraftoutput bei explosiven Bewegungen zu erhöhen. Entweder steigert man die absolute Maximalkraft oder man verringert das Explosivkraft-Defezit, wie man in der nachfolgenden Abbildung gut erkennen kann. (ZATSIORSKY, 1996)

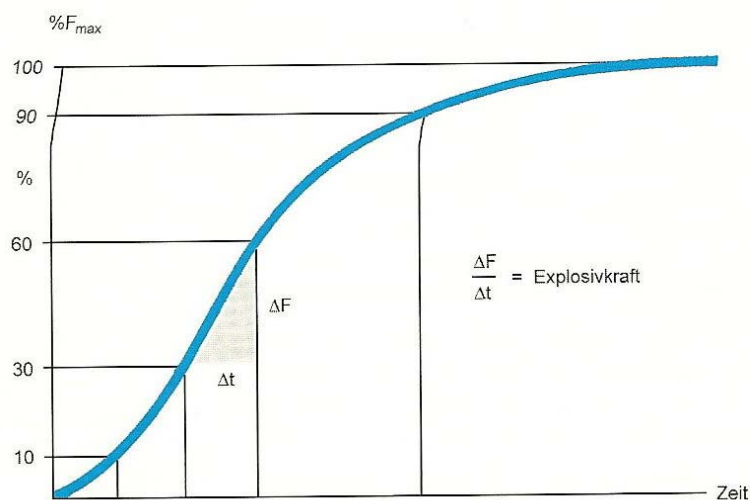


Abbildung 7: Kraft-Zeit-Verlauf (DE MARÉES 2003, 191)

## **8.4 Sportmotorische Tests**

Sportmotorischen Tests sind hoch standardisiert und sichern die Vergleichbarkeit von Testergebnissen bei verschiedenen Personen. (DE MARÉES 2003)

Sportmotorische Tests werden in der Leistungsdiagnose, Entwicklungsdiagnose und zur Evaluation angewendet. Jedoch sollten sie nur zur Grobdiagnose herangezogen werden, da sie schwer reproduzierbar (d.h. die Reliabilität ist schwer wiederzugeben) sind. (WEINECK 2007)

Dreier-Hop, Jump and Reach, Standweitsprung etc. sind sportmotorische Tests, die zur Bestimmung der Kraft herangezogen werden.

## **8.5 Maximalkrafttestung**

Bei der Maximalkrafttestung unterscheidet WEINECK (2007) drei Testarten und zwar wird unterschieden in isometrisch-haltenden, konzentrisch-verkürzenden und einer exzentrisch-nachgebenden Muskelarbeit. Wobei man speziell bei den statischen und dynamischen Krafttestungen aufpassen muss, da es bei dem statischen Test durch den verringerten Einfluss der intermuskulären Koordination mehr zu einer Abhängigkeit der Anzahl, Dicke und Vordehnung der kontraktile Einheiten und ihrer Aktivierbarkeit kommt. Bei der dynamischen Testung ist die intermuskuläre Koordination vermehrt beteiligt. Je komplexer die Übungsausführung wird umso mehr geht die intermuskuläre Koordination zurück.

### **8.5.1 Statische Krafttestung**

*Die statische Maximalkraft ist die in der Extremitäten- oder Rumpfmuskulatur in Erscheinung tretende Kraft während einer maximalen isometrischen (statischen) Kontraktion. (WEINECK 2007, S.506)*

Die Daten werden über isokinetische Testgeräte oder isometrische Dynamometer aufgezeichnet und weiterverarbeitet. Es muss eine maximale Kraft gegen einen unüberwindbaren Widerstand ausgeübt werden, wobei die Kraft über Sensoren aufgezeichnet wird. (HOHMANN et al. 2007)

Durch die Verstellbarkeit der Messgeräte ist es möglich die maximale Kraft in unterschiedlicher Gelenkwinkelstellung aufzuzeichnen. Es ist überaus wichtig, dass die Winkelstellung standardisiert wird, damit man eine Reproduzierbarkeit erreicht. (HOHMANN et al. 2007)

Man kann mit den isometrischen Messgeräten gut muskuläre Dysbalancen entdecken, indem man die Kontraktionskraft der Agonisten und Antagonisten vergleicht.

## **8.5.2 Dynamische Krafttestung**

Man unterscheidet bei der dynamischen Testung zwischen konzentrisch-verkürzender oder exzentrisch-nachgebender Muskelaktivität.

### **8.5.2.1 Konzentrische Maximalkraft**

Die Maximalkraft wird häufig über das 1RM (one repetition maximum) berechnet. Diese Testung ist eine der leichtesten Testungen ohne viel Aufwand und man bekommt wertvolle Ergebnisse für die Trainingssteuerung. (GOTTLOB 2001)

Die Maximalkraft kann mit freien Geräten oder an Fitness-Geräten durchgeführt werden. Der Vorteil an den Kraftgeräten liegt darin, dass das Verletzungsrisiko verringert wird, weil eine stabile Körperhaltung eingenommen wird und keine Ausweichbewegungen möglich sind.

Jedoch stimmen die erhaltenen Daten nicht ganz, da es durch die Reibung und Beschleunigungsarbeit am Beginn der Übung zu einem Energieverlust kommt. (WEINECK 2007)

### **8.5.2.2 Exzentrische Maximalkraft**

Bei der exzentrischen Testung kommt es zu einer Verlängerung der beteiligten Muskulatur, da die äußeren Kräfte über den Drehmoment der Muskulatur hinausgeht. Für die Aufzeichnung der Daten benötigt man spezielle motorgesteuerte isokinetische Testgeräte. Die isometrische Maximalkraft liegt unter der exzentrischen, deshalb werden auch Lasten herangezogen, die über 150 % der isometrischen Maximalkraft liegen. (WEINECK 2007)

## **9 Testgütekriterien**

Belastungsuntersuchungen werden unter Standardbedingungen durchgeführt. Diese Standardbedingungen helfen, eine einheitliche Linie bei der Testdurchführung, Auswertung und Interpretation zu befolgen. Außerdem unterstützen sie die Aussagekraft der Ergebnisse. Ohne diese Kriterien wären die Ergebnisse verfälscht beziehungsweise zu sehr mit Fehlern behaftet und könnten nicht für die Leistungsdiagnostik herangezogen werden. (HOHMANN, LAMES, LETZELTER 2007). Zudem gibt es keine Reproduzierbarkeit.

Ziel von sportmotorischen Tests ist es, möglichst genaue quantitative Angaben über den Grad der Merkmalsausprägung zu bekommen.

Nach LIENERT (1989) unterscheidet man die Hauptgütekriterien (Objektivität, Reliabilität und Validität) und die Nebengütekriterien (Ökonomie, Normierung, Nützlichkeit). Weist eine Untersuchung diese Gütekriterien nicht auf, fehlen die wissenschaftlich überprüften Grundlagen und notwendigen Kontrolluntersuchungen.

### **9.1 Hauptgütekriterien**

Bei sportmedizinischen Leistungsprüfverfahren wie auch bei allen anderen Testungen müssen wissenschaftliche, allgemein gültige Aussagen auf Objektivität, Reliabilität und Validität geprüft sein.

Objektivitäts-, Reliabilitäts- und Validitätskoeffizient werden gemeinsam als Gütekoeffizient bezeichnet.

#### **9.1.1 Objektivität**

Unter Objektivität versteht man die Übereinstimmung verschiedener Untersucher bezogen auf die Durchführung und Auswertung von Testergebnissen. Die Objektivität besteht aus drei Teilbereichen: Testinterpretation, -durchführung und -auswertung. (POKAN et al. 2004) Durch die Anzahl der Untersucher wird eine Verfälschung weitgehend ausgeschaltet, auch kann die subjektive Verzerrung eingeschränkt werden. Weder bei der Durchführung noch bei der Auswertung und Interpretation dürfen also verschiedene Experten verschiedene Ergebnisse erzielen.

Von hoher Objektivität spricht man dann, wenn ein Test von verschiedenen Untersuchern, aber gleicher Probandenstichprobe, zu annähernd gleichen Ergebnissen kommen. (POKAN et al. 2004)



### **9.1.2 Reliabilität**

Unter Reliabilität wird Zuverlässigkeit bzw. Stabilität des Prüfverfahrens verstanden. Es ist nicht relevant, ob das zu messende Merkmal auch tatsächlich gemessen wird. Das Test-Retestverfahren, der Paralleltest und der Split-half Test sind die gebräuchlichsten Überprüfungsverfahren zur Reliabilitätsbestimmung. (POKAN et al. 2004)

Das Ergebnis muss reproduzierbar sein und bei Wiederholung muss man zu den fast gleichen Ergebnissen kommen, wie bei der ersten Testung, d.h. das Ergebnis darf nicht zufällig sein. Sie lässt sich u.a. durch eine Untersuchungswiederholung oder einen andere, gleichwertige Untersuchung ermitteln. Auch kann eine geringe Objektivität keine hohe Reliabilität besitzen. (NEUMAIER, 1983) Hohe Objektivität und Reliabilität sichern nicht deren Gültigkeit.

### **9.1.3 Validität**

Die Validität wird auch als allgemeine Gültigkeit bezeichnet und gibt den Grad der Genauigkeit an, mit der das zu messende Merkmal gemessen wird. Sie gibt auch Auskunft darüber, ob man den richtigen Test für die jeweilige Fragestellung verwendet hat.

Eine Problematik stellt die Kraftausdauer dar, da nicht immer ausreichend geklärt ist, welche Einflussfaktoren die Validität beeinflussen. Gerade bei Ausdauerleistungsfähigkeiten spielt die Motivation der Testpersonen eine große Rolle.

Bei einer hohen Validität kann man von einer hohen Objektivität und Reliabilität ausgehen. (POKAN et al. 2004)

## **9.2 Nebengütekriterien**

Ökonomie, Normierung, Vergleichbarkeit und Nützlichkeit fallen unter den Begriff der Nebengütekriterien. Wobei man unter Ökonomie, die routinemäßige Anwendung des Testverfahrens versteht. Die Nebengütekriterien werden in der Literatur aber eher kritisch gesehen.

(LIENERT 1989)

## 10 Empirische Untersuchung

### 10.1 Fragestellungen und Hypothesen

Nachdem im theoretischen Teil der Arbeit die verschiedenen Kraftarten, Kraftentwicklungen, geschlechtsspezifischen Unterschiede und energetischen Bereiche dargestellt wurden, wird im empirischen (zweiten) Teil durch diverse Testübungen die Kraftentwicklung von 39 unterschiedlichen Testpersonen aufgezeichnet und verglichen. In der Literatur wird beschrieben, dass eine Frau, durch den geringeren Anteil an Muskelmasse nicht soviel Kraft entwickeln kann wie ein trainierter Mann, jedoch durch ein gezieltes und konsequentes Krafttraining einen untrainierten Mann im Kraftniveau übertreffen kann. In dieser Arbeit möchte ich die prozentuelle Kraftentwicklung beider Geschlechter testen und miteinander vergleichen. Es wird auch untersucht, ob es zwischen den Übungen signifikante Unterschiede gibt, d.h. ob es z.B. bei den unteren Extremitäten bei Männern und Frauen eine niedrigere oder eine höhere Differenz gibt. Da Frauen einen Kraftzuwachs von 20% - 40 % durch Kraftausdauertraining verzeichnen können, ähnliche Größenordnung wie bei den Männern. (HUBAL et al. 2005)

Die Fragestellung des empirischen Teils der Arbeit setzt sich also so zusammen, dass festgestellt bzw. getestet wird, ob es einen signifikanten Unterschied der Kraftentwicklung bei neunzehn Männern und zwanzig Frauen mittleren Alters (Jahrgang 1950 - 1960) durch Kraftausdauertraining gibt.

- Lassen sich durch ein gezieltes Training bestimmte geschlechtsspezifische Unterschiede erkennen?
- Welche Resultate lassen sich aufgrund eines spezifischen Kraftausdauertrainings beobachten?
- Welche Auswirkungen hat das Krafttraining auf die oberen und unteren Extremitäten?
- Haben Frauen eine genauso hohe Kraftentwicklung wie Männer, oder gibt es Unterschiede in den einzelnen Testungen (Leg Press, Vertical Traction und Chest Press)?
- Gehen Frauen gleich oft trainieren wie Männer?

Folgende Hypothesen werden zur Beantwortung der Fragestellungen aufgestellt und überprüft:

#### 1a. Haupthypothese

*Nullhypothese:* Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Leg Press bezogen auf das Geschlecht.

*Alternativhypothese:* Es besteht ein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Leg Press bezogen auf das Geschlecht.

#### 1b. Haupthypothese

*Nullhypothese:* Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Leg Press (die Personen, die bei der ersten Testung schon das Maximum erreicht hatten, werden jetzt ausgeschlossen) bezogen auf das Geschlecht.

*Alternativhypothese:* Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Leg Press (die Personen, die bei der ersten Testung schon das Maximum erreicht hatten, werden jetzt ausgeschlossen) bezogen auf das Geschlecht.

#### 1. Nebenhypothese

*Nullhypothese:* Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung vom ersten zum zweiten Test bei der Leg Press bei Männern und bei Frauen.

*Alternativhypothese:* Es besteht ein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung vom ersten zum zweiten Test bei der Leg Press bei Männern und bei Frauen.

#### 2. Haupthypothese

*Nullhypothese:* Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Vertical Traction bezogen auf das Geschlecht.

*Alternativhypothese:* Es besteht ein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Vertical Traction bezogen auf das Geschlecht.

## 2. Nebenhypothese

*Nullhypothese:* Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung vom ersten zum zweiten Test bei der Vertical Traction bei Männern und bei Frauen.

*Alternativhypothese:* Es besteht ein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung vom ersten zum zweiten Test bei der Vertical Traction bei Männern und bei Frauen.

## 3. Haupthypothese

*Nullhypothese:* Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Chest Press bezogen auf das Geschlecht.

*Alternativhypothese:* Es besteht ein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Chest Press bezogen auf das Geschlecht.

## 3. Nebenhypothese

*Nullhypothese:* Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung vom ersten zum zweiten Test bei der Chest Press bei Männern und bei Frauen.

*Alternativhypothese:* Es besteht ein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung vom ersten zum zweiten Test bei der Chest Press bei Männern und bei Frauen.

## 4. Haupthypothese

*Nullhypothese:* Es besteht kein signifikanter Unterschied des Alters bezogen auf das Geschlecht.

*Alternativhypothese:* Es besteht ein signifikanter Unterschied des Alters bezogen auf das Geschlecht.

## 5. Haupthypothese

*Nullhypothese:* Es besteht kein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit der Anwesenheit beim Training von Frauen und Männern.

*Alternativhypothese:* Es besteht ein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit der Anwesenheit beim Training von Frauen und Männern.

### **10.1.1 Hypothesenbildung**

Die Hypothese dient grundsätzlich zur Beantwortung der Frage, ob ein Unterschied zwischen Trainingsprogrammen besteht oder nicht bzw. ob ein Zusammenhang zwischen Merkmalen angenommen werden darf oder nicht. Für die Prüfstatistik ist diese Vorgehensweise charakteristisch, da in der Prüfstatistik offene wissenschaftliche Fragestellungen oder gezielte Erwartungen in der Form von zwei gegensätzlichen Hypothesen, der Null- und der Alternativhypothese formuliert werden.

Die Hypothesen bezeichnen eine wahrscheinlich richtige Annahme und mit Hilfe der Hypothesen können bestimmte Tatsachen erklärt werden.

Bei der Nullhypothese ( $H_0$ ) geht man davon aus, dass etwas nicht besteht bzw. vorliegt. Bei ihr besteht kein statistischer Zusammenhang bzw. Unterschied zwischen zwei oder mehreren Merkmalen.

Die Behauptung der Alternativhypothese ( $H_1$  oder  $H_A$ ) liegt in dem alternativen Sachverhalt zur Nullhypothese. Die Aussage der Alternativhypothese besteht darin, dass ein statistischer Zusammenhang oder Unterschied zwischen zwei oder mehreren Merkmalen vorliegt.

Solange die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit mindestens 95 % der Irrtumswahrscheinlichkeit gegeben ist, muss die Nullhypothese beibehalten werden. Die Alternativhypothese wird erst dann angenommen, wenn die Wahrscheinlichkeit (keine Gültigkeit der Nullhypothese) größer als 95 % ist. Der Zweck liegt darin, dass nicht nur die Nullhypothese sondern auch die Alternativhypothese interpretiert wird. Bei der Formulierung der Nullhypothese müssen die Formulierungen beibehalten werden, bei der Alternativhypothese dürfen sie angenommen werden. (vgl. WILLIMCZIK 1993, 93 – 98)

## **10.2 Untersuchungsmethodik**

### **10.2.1 Probanden**

Für die Untersuchung standen zwanzig weibliche und neunzehn männliche Probanden aus dem Freizeitsport zur Verfügung. Die Personen nahmen freiwillig teil und wurden von den Ergebnissen informiert. In der Tabelle 2 ist der prozentuelle Anteil der Geschlechter aufgelistet.

Tabelle 2: Aufteilung der Geschlechter

		Geschlecht		
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
Gültig	Weiblich	20	51,3	51,3
	Männlich	19	48,7	48,7
	Gesamt	39	100,0	100,0

Alle Probanden trainierten für eine allgemeine Gesundheitsvorsorge und nicht auf ein spezielles Ziel hin. Die Testpersonen wurden alle zwischen 1950 und 1960 geboren (siehe Abb. 8a und 8b). Das Anfangsdatum war irrelevant, jedoch musste der Endtest innerhalb von fünf Monaten durchgeführt werden und ein regelmäßiges Training mit mindestens einer Trainingseinheit pro Woche musste vollzogen werden.

Weiters war der Body Maß Index (nicht  $> 30$ ) und die Trainingsart (die Kraftübungen durften maximal 20 Whg. betragen, also ein Kraftausdauertraining) von Bedeutung. Weiteres Ausschlusskriterium war die Maximalkrafttestung, wurde nicht innerhalb von fünf Monaten die zweite Testung durchgeführt, viel der Proband aus der Testreihe.

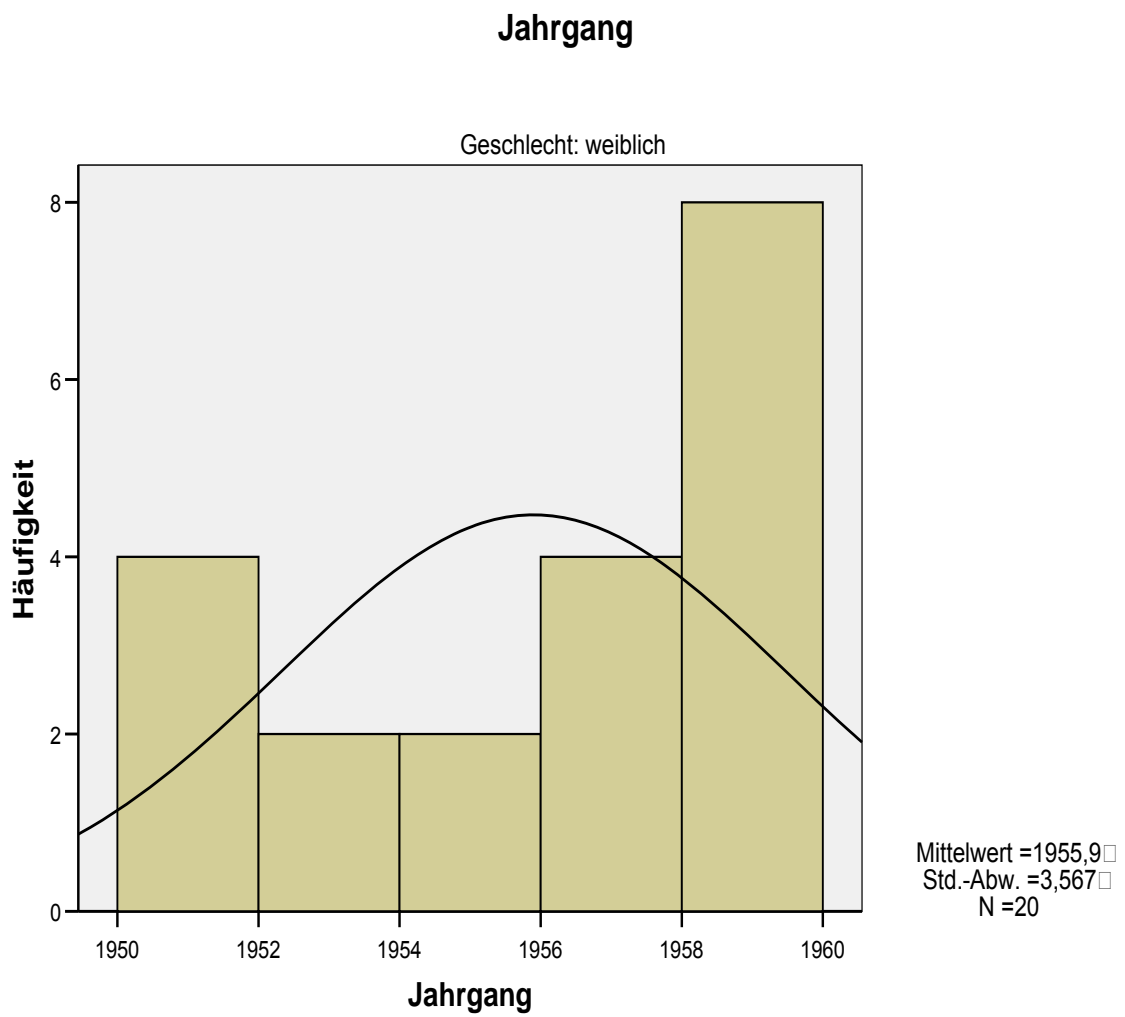


Abbildung 8a: Darstellung der weiblichen Geburtsjahre

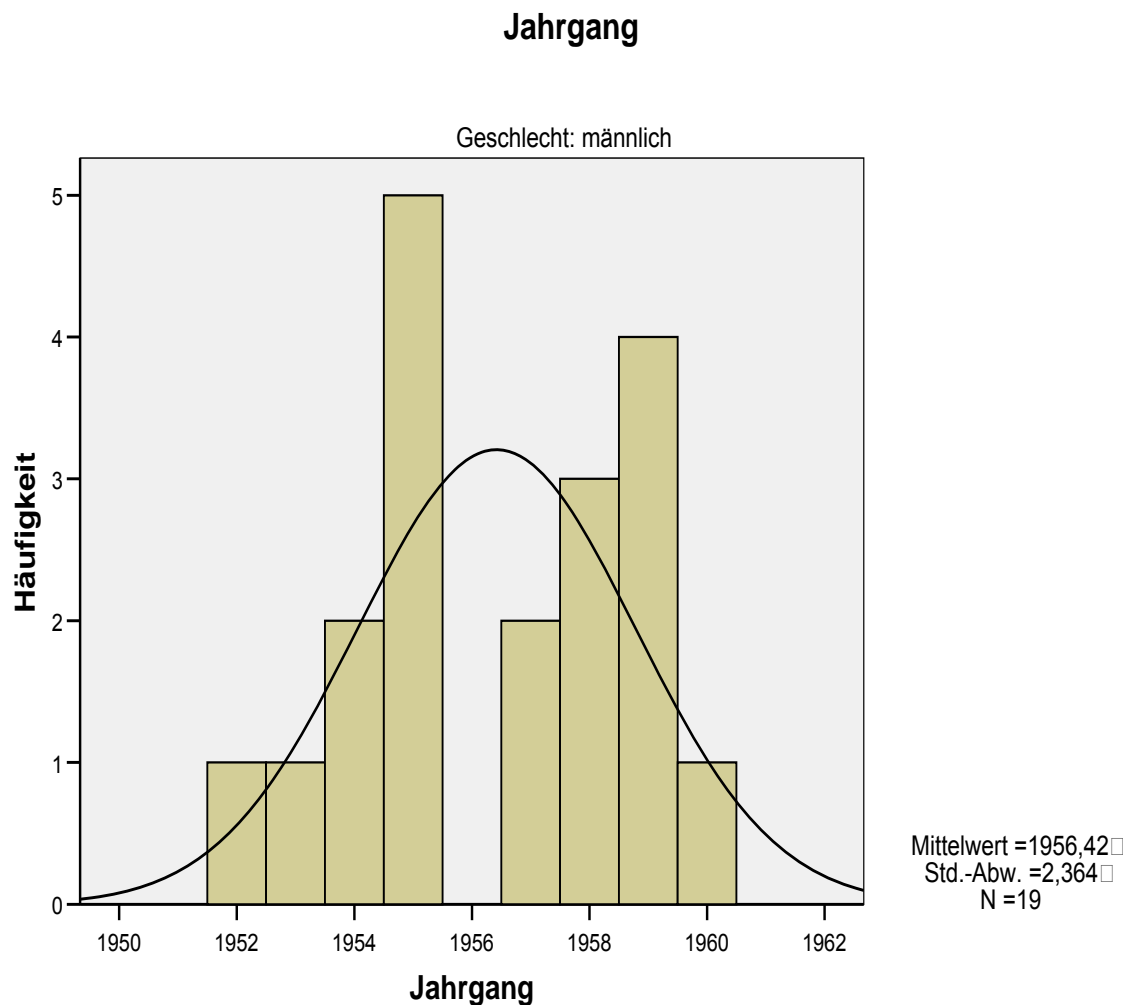


Abbildung 8b: Darstellung der männlichen Geburtsjahre

Die ProbandenInnen hatten großteils keine sportlichen Erfahrungen vor dem ersten Maximalkrafttest.

Vor Beginn der Testung mussten sich alle ProbandenInnen einer sportärztlichen Untersuchung unterziehen, wobei hier getestet wurde, inwieweit die Testpersonen im Stande waren, Sport zu betreiben. Die sportärztliche Untersuchung beinhaltet ein Gespräch mit dem Mediziner (Anamnese, internistischer Status, orthopädischer Status, Trainingshäufigkeit, Grund des Trainings) Muskelfunktionstest, Körperfettmessung und eine Ausbelastung am Radergometer (gegebenenfalls auch Laufband), wobei der Blutdruck und das Laktat gemessen und eine EKG-Aufzeichnung gemacht wurden.



Nach der Erstuntersuchung führten die ProbandenInnen eine Maximalkrafttestung an der Leg Press (gesamten unteren Extremitäten), Vertical Traction (Rückenmuskulatur) und der Chest Press (Brustmuskulatur) durch, wobei die Testpersonen vor dem Test noch durchschnittlich 12 Minuten am Radergometer, Laufband oder Crosstrainer absolvierten. Zusätzlich zu dem Ausdauer aufwärmen kam noch eine Aufwärmphase von ca. sechs Wiederholung an den Geräten dazu bevor mit der Maximalkraftmessung gestartet wurde. Zwischen den einzelnen Sätzen war jeweils eine Pause von eineinhalb Minuten eingeplant. Zum Schluss jeder Trainingseinheit wurde noch ein paar Minuten abgewärmt.

#### 10.2.1.1 Bodymass Index (BMI)

Für die Berechnung des Bodymass Index benötigt man das Körpergewicht und die Körpergröße.

$$\text{BMI} = \frac{\text{Körpergröße (kg)}}{\text{Körpergewicht}^2 \text{ (m)}}$$

Der BMI lässt sich in Kategorien teilen, damit man feststellen kann in welchem Bereich man sich befindet. Bei Frauen liegt der Normalwert bei 19 – 24, bei Männern bei 20 – 25. Bei Werten darüber spricht man von leichtem Übergewicht, ab 30 geht man von Adipositas (Fettsucht) aus. (WEINECK 2007)

#### 10.2.1.2 Allgemeine grafische Darstellung der Probanden

In Tabelle 3 sind der Mittelwert  $\bar{x}$ , die Standardabweichung  $s$ , das Minimum, das Maximum und der Median  $z$  für den Jahrgang, die Körpergröße in cm, das Körpergewicht in kg und dem Bodymass Index (BMI) der gesamten Stichprobe angegeben.

Tabelle 3: Mittelwerte der anthropometrischen Daten

	Männlich	Weiblich
Alter (Jahr)	52 ± 2,4	52 ± 3,6
Körpergröße (in cm)	176,2 ± 4,7	166,4 ± 5,5
Körpergewicht (in kg)	85,2 ± 6,3	67 ± 7
BMI	27,5 ± 1,7	24,2 ± 2,6
Trainingshäufigkeit/Monat	6,1 ± 2	6,4 ± 2,4

Tabelle 4 zeigt eine genau Auflistung des Geburtsjahres, der Körpergröße (in cm), des Körpergewichtes (in kg) und des BMI's mit den jeweiligen statistischen Messparametern (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Median) auf.

Tabelle 4: statistische Messparatmeter aufgelistet mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Median unterteilt in Jahrgang, Körpergröße, Körpergewicht, BMI

	<b>Statistische Mess- Parameter</b>	<b>Gesamte Stichprobe (n = 39)</b>
Alter in Jahren	Mittelwert	52
	Standardabw.	3,01
	Minimum	48
	Maximum	58
	Median	51
Körpergröße (cm)	Mittelwert	171
	Standardabw.	7,07
	Minimum	155
	Maximum	187
	Median	172
Körpergewicht (kg)	Mittelwert	75,8
	Standardabw.	11,34
	Minimum	55,7
	Maximum	100
	Median	77,9
BMI	Mittelwert	25,8
	Standardabw.	2,72
	Minimum	20,79
	Maximum	29,63
	Median	25,85

### **10.2.2 Beschreibung der Testverfahren und Versuchsanordnung**

Bevor die ProbandenInnen zur Durchführung herangezogen wurden, mussten sie wie bereits erwähnt eine sportärztliche Untersuchung absolvieren. Erst nach ärztlicher Freigabe wurden die Testungen an den Kraftgeräten von Technogym (Jahr 2006) durchgeführt.

Als Testübungen werden dabei verwendet:

- 1) Maximalkraftmessung an der Leg Press zur Bestimmung des einmaligen Wiederholungsmaximums der unteren Extremitäten
- 2) Maximalkraftmessung an der Vertical Traction zur Bestimmung des einmaligen Wiederholungsmaximums der Rückenmuskulatur
- 3) Maximalkraftmessung an der Chest Press zur Bestimmung des einmaligen Wiederholungsmaximums der Brustmuskulatur

Die Maximalkrafttestung war so aufgebaut, dass der Proband vorher ein kurzes Aufwärmen an einem Ausdauergerät (Ergometer, Crosstrainer oder Laufband) absolvieren musste. Anschließend wurde an jedem Gerät (Leg Press, Vertical Traction, Chest Press) eine konzentrische Maximalkrafttestung durchgeführt. Bevor mit der Testung gestartet wurde, führte die Person noch einen Satz mit ca. 5 Wiederholungen und wenig Gewicht durch. Somit wurde der Wiedererkennungswert gesteigert und die Person konnte sich in Ruhe auf die Testung konzentrieren. Der TeilnehmerIn musste zehn Wiederholungen mittelschneller Bewegungsausführung mit einem bestimmten Gewicht absolvieren, wenn sie die zehn Wiederholungen geschafft hatten, wurde das Gewicht gesteigert, bis sie nicht mehr in der Lage waren, die Übungen korrekt auszuführen. Die Pause belief sich auf eineinhalb Minuten. Die Sitzposition wurde gespeichert und beim Wiederholungstest nicht verändert.

Bei dem Ablauf der Übungen wurde keine konkrete Reihenfolge berücksichtigt, da während der Testung auch noch andere KundenInnen trainiert bzw. die Geräte benutzt haben. Man versuchte aber die Testung so durchzuführen, dass zwischen den beiden Oberkörperübungen die Beinmuskulatur getestet wurde.

Abbruchkriterium war bei allen drei Geräten eine Bewegungsausweichung, d.h. die Testperson setzte z.B. den gesamten Körper mit ein oder unterstützte die Bewegung mit den Händen. Der zweite Test fand drei bis fünf Monate nach Trainingsbeginn statt und wurde anhand der ersten Daten übernommen. Der Ablauf erfolgte exakt wie der erste, wobei der Ablauf der Geräte gegebenenfalls anders vollzogen wurde.

### **10.2.2.1 Testdurchführung**

Vor Beginn der Maximalkrafttestung mussten die ProbandenInnen eine Aufwärmphase mit geringem Gewicht durchführen. Durch das Aufwärmen waren wir in der Lage die Sitzposition und die Bewegungsausführung zu kontrollieren und gegebenenfalls zu korrigieren. Die Testperson musste zehn Wiederholungen ausüben, wurden diese bewältigt, kam es zu einem Anheben des Widerstandes. Die Testung wurde abgebrochen, wenn die Übung nicht mehr korrekt durchgeführt wurde, sprich, die ProbandenInnen das Gewicht nur mehr mit Hilfe von Ausweichbewegungen ziehen konnten. Bei der Testung handelte es sich um eine Maximalkrafttestung, wobei die Testperson versuchen musste, dass vorgegebene Gewicht zehn Mal zu bewegen und anhand von den Ergebnissen wurde dann das einmalige Wiederholungsmaximum errechnet (siehe auch 10.3.4).

#### **10.2.2.1.1 Maximalkrafttestung an der Chest Press**

Bei der Chest Press wurden immer die oberen Griffe mit den Rillen (siehe Pfeil, Abbildung 9) verwendet, da die Hauptmuskelgruppe der *musculus pectorialis major* angesprochen werden sollte. Unterstützend arbeiteten noch der *musculus biceps brachii* und der *musculus triceps brachii*.

Die Sitzposition wurde so gewählt, dass der Griff auf Achselhöhe des Probanden bzw. der Probandin war, so dass sie einen guten Druck ausüben konnten. Die Testperson musste während der ganzen Testung Kontakt mit der Rückenlehne haben, auch der Kopf sollte angelegt werden, da es sonst durch die Maximalkrafttestung zu Verspannungen im Bereich der Halswirbelsäule kommen konnte.



Abbildung 9: Startposition Chest Press

Bei der Aufwärmphase wurde dann explizit auf die Bewegungsausführung geachtet. Vor dem Start mussten die Testpersonen mit dem Fuß auf den Hebel steigen, damit kamen die Griffe etwas nach vorne, so dass die Personen ihr Schultergelenk schonen konnten. Da das Schultergelenk nur ein bandgesichertes Gelenk ist, sollte es nicht durch ein hohes Gewicht zusätzlich belastet werden. Ohne die Betätigung des Hebels befindet sich die Gelenksstellung außerdem nicht mehr in der 90° Grad Stellung zum Körper und es wird schier unmöglich das Gewicht nach vorne zu bewegen. Der Fuß bleibt solange auf dem Hebel (siehe Pfeil, Abbildung 10) bis die Testperson, die Arme ausgestreckt hat und in der Endstellung ist. Erst dann wird der Fuß vom Hebel genommen und das gesamte Gewicht liegt auf.

Bei der Bewegungsausführung muss jetzt speziell darauf geachtet werden, dass die Person nicht ganz im Ellbogengelenk durchstreckt, da das Gelenk zur Überstreckung neigt und so ein großer Druck darauf liegen würde. Außerdem müssen die Schultern hinten bleiben, da man sonst mit dem eigenen Körpergewicht mithelfen würde. Natürlich musste auch der Griff ordentlich umfasst werden, damit das Handgelenk stabilisiert wurde.



Abbildung 10: Vorwärtsbewegung

Beim Zurückgehen wurde speziell darauf geachtet, dass die Testperson nicht über die 90° Grad der Schulter kam, da es sonst zu einer Reizung des Bandapparates kommen könnte.

Wenn die zehn Wiederholungen korrekt absolviert wurden, stieg die Testperson wieder auf den Hebel und legte das Gewicht ab. Anschließend hatte der ProbandIn drei Minuten Pause. Das Gewicht wurde vor dem zweiten Durchgang willkürlich erhöht. Ein Abbruchkriterium war z.B. eine einseitige Ausführung.

#### 10.2.2.1.2 Maximalkrafttestung an der Leg Press

Bei der Leg Press wird hauptsächlich der musculus quadriceps femoris (besteht aus recuts femoris, vastus medialis, vastus intermedialis und vastus lateralis) beansprucht, wobei auch die ischiocrurale Muskulatur, die Gesäßmuskulatur und der musculus gastrocnemius beteiligt sind.

Vor dem Testbeginn wurde speziell auf die Sitzposition geachtet, da diese ausschlaggebend für die Maximalkrafttestung ist, weil bei einer zu weit entfernten Position, die Muskulatur nicht mehr so beansprucht wird, wie bei 90°. Bei einer Sitzposition, bei der sich das Gesäß vor den Knien befindet, kommt es zu Scherkräften und das Kniegelenk wird überlastet.

Die Füße werden auf die Trittfläche (siehe Pfeil Abb.11) gestellt, so dass der gesamte Fuß aufliegt. Weiters wird der Fuß so positioniert, dass er fast auf Höhe des Kniegelenks ist, so ergibt sich annähernd eine Waagrechte. Durch diese Position kann man die Krafteinwirkung

vom Kniegelenk auf das Sprunggelenk übertragen und es kommt zu einer Schonung. Es musste während des gesamten Testverlaufes immer voller Fußkontakt mit der Trittfläche bestehen, damit eine ausgewogene Kraftbelastung möglich war.



Abbildung 11: Startposition Leg Press

Um das Wegdrücken des hohen Gewichtes aus der Nullstellung zu erleichtern, konnten die ProbandenInnen die Hände auf die Knie legen, weil sie dadurch den Oberkörper mit einsetzen konnten. Wenn dies nicht ausreichte, dann unterstützte ich sie indem, ich ihnen beim Wegdrücken half. Während der Ausführung der Übung war es den Testpersonen nicht erlaubt, die Hände auf die Oberschenkel, Hüfte oder Knie zu legen. Sie mussten sich an den Griffen neben der Sitzfläche befinden.

Bei der Bewegungsausführung wurde ein spezielles Augenmerk auf das Kniegelenk gerichtet, da es, wie das Ellbogengelenk zur Hyperextension neigt, und die ProbandenInnen es nicht durchstrecken durften. Auch mussten die Testpersonen in der annähernd gestreckten Phase noch einmal mit dem Gesäß nach hinten, also zum Sitz rutschen, damit der Lendenwirbelbereich an der Rückenlehne angelegt wurde und somit eine negative Einwirkung auf den Lendenbereich vermieden werden konnte.



Abbildung 12: Bewegungsausführung

Beim Zurückgehen wurde darauf geachtet, dass die Personen das Gewicht nicht mehr ganz ablegten, da es sonst hätte passieren können, dass sie das Gewicht nicht mehr hätten wegdrücken können und wieder die Arme hätten einsetzen müssen.

Wurden zehn Wiederholungen geschafft, stellten wir das Gewicht höher und die Person hatte wieder eineinhalb Minuten Pause bevor der nächste Durchgang absolviert wurde. Hauptabbruchkriterium war das Benutzen der Hände während der Übungsausführung, womit die Bewegungsausführung unterstützt werden konnte.

#### **10.2.2.1.3 Maximalkrafttestung an der Vertical Traction**

An diesem Gerät wird die Kraft der Rückenmuskulatur gemessen (latissimus dorsi), wobei die Bewegung durch den musculus biceps femoris und musculus triceps femoris unterstützt wird.

Die Sitzposition wird so eingestellt, dass die Testperson die Griffe nicht ganz umfassen kann, da sie sonst das Gewicht immer ablegt und es nicht zur selben Belastung kommt, da der Muskel sich schon in der kurzen Zeit regenerieren kann.

Die Person musste sich wieder an der Rückenlehne orientieren und Kontakt halten, auch der Kopf wurde angelegt. Beim Herunterziehen des Gewichtes wurde darauf geachtet, dass das Ellbogengelenk neben dem Körper heruntergezogen wurde bis es annähernd auf Höhe der 7ten Rippe war. Außerdem wurde bei der Maximalkrafttestung ein Gurt (siehe Pfeil Abbildung 14) verwendet, damit die Personen sich anschnallen konnten. Dadurch wurde die Gefahr



des Abhebens bzw. das Ziehen ins Hohlkreuz minimiert. Auch stand hier wieder ein Hebel zur Verfügung damit die Griffe herunter kamen und es für die Person leichter war das erstmalig Gewicht zu bewegen. Nach der konzentrischen Phase wurde der Hebel losgelassen und die Übung fortgesetzt.



Abbildung 13: Startposition Vertical Traction

Bei der exzentrischen Bewegung sollte auch hier das Ellbogengelenk nicht mehr ganz durchgestreckt werden, da es zur Hyperextension neigt. Um das Gewicht problemlos ablegen zu können, stiegen die ProbandenInnen wieder auf den Hebel und konnten so die Hände entfernen und das Gewicht über die Beine hinabsenken.



Abbildung 14: Bewegungsausführung

Abbruchkriterium war ein Abheben des Gesäßes bzw. eine zu starke Ausweichung der Bewegung, was bedeutet, dass die Person zu stark ins Hohlkreuz ging oder einseitig gezogen wurde. Die Personen hatten wieder eineinhalb Minuten Pause und dann starteten wir mit dem angehobenen Gewicht den neuen Durchgang.

### 10.3 Auswertung mit Hilfe statistischer Methoden

Mit Hilfe des Computerprogramms SPSS 14.0 für Windows wurden die statistischen Berechnungen durchgeführt. Microsoft Excel wurde für die Berechnung einfacher Kenngrößen verwendet.

#### 10.3.1 Arithmetisches Mittel

Das arithmetische Mittel ist die Summe der Einzelwerte geteilt durch deren Anzahl (FLEISCHER 1988, 43).

Die Formel für die Berechnung sieht wie folgt aus:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

### 10.3.2 Varianz

Einzelmessungen weichen aufgrund der Zufallsfehler teilweise vom Mittelwert ab. Diese Abweichungen sind umso geringer, je zuverlässiger und genauer die Messungen sind. Daher erlauben diese Abweichungen einen Rückschluss auf die Zuverlässigkeit der Messung und die Größe der Zufallsfehler. Um diesen Rückschluss durchzuführen wurde ein Streuungsmaß auch Varianz genannt definiert.

$$s^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_N - \bar{x})^2}{n}$$

### 10.3.3 Standardabweichung

Die Standardabweichung ist das verlässlichste und am meisten verbreitete Streuungsmaß. Die Standardabweichung gibt an, wie stark die einzelnen Merkmalswerte im Durchschnitt vom arithmetischen Mittel abweichen. Sie ergibt sich aus der Quadratwurzel der Varianz.

Auf Extremwerte reagiert die Standardabweichung sehr stark, daher sollte sie nur mit Vorsicht zur Beschreibung der Breite einer Verteilung herangezogen werden.

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_N - \bar{x})^2}{n}}$$

### 10.3.4 Wiederholungsmaximum

Beim Wiederholungsmaximum wird das Gewicht, das bewältigt wurde, und die Anzahl der Durchführungen in Verhältnis gesetzt.)

$$\text{WM (Wiederholungsmaximum)} = \frac{\text{Last (kg)}}{(1 - \text{Wdh.} \times 0,025)}$$

### **10.3.5 T-Test**

Durch den T-Test untersucht, ob die Differenzen der Mittelwerte zweier Stichproben zufällig zustande gekommen sind, oder ob sie auch mit einer hohen Wahrscheinlichkeit in der Grundgesamtheit vorliegt, also im statistischen Sinne signifikant ist. Solche Mittelwertvergleiche bieten sich an, um Fallgruppen hinsichtlich bestimmter Eigenschaften auf Differenzen oder Ähnlichkeiten zu untersuchen.

### **10.3.6 Varianzanalyse**

Die Varianzanalyse wird zur Signifikanzprüfung von Mittelwertsunterschieden zwischen mehr als zwei Stichproben verwendet. Sie ist ein parametrisches Verfahren und kann als verallgemeinerter t-Test aufgefasst werden. Wenn nur zwei Mittelwerte miteinander verglichen werden, kommt es zu den gleichen Ergebnissen wie beim t-Test für unabhängige bzw. gepaarte Stichproben (WILLIMCZIK 1993).

Durch die analytische Statistik kann man verlässliche Aussagen über Sachverhalte und Personengruppen machen, ohne diese im vollen Umfang untersucht zu haben.

## **10.4 Ergebnisse der Untersuchung**

### **10.4.1 Deskriptive Statistik**

Die deskriptive (beschreibende) Statistik ordnet eine Vielzahl vorliegender Einzeldaten, stellt diese dar und fasst sie zu statistischen Maßzahlen zusammen.

#### **10.4.1.1 Maße der Streuung**

In der Tabelle 5, 6 und 7 sind der Mittelwert  $\bar{x}$ , die Standardabweichung  $s$ , das Minimum, das Maximum und der Median  $z$  der ersten Maximalkrafttestung, der zweiten Maximalkrafttestung sowie das Verhältnisses vom ersten zum zweiten Krafttest (Angabe in %) der Leg Press, Vertical Traction und Chest Press dargestellt. Die Unterteilung erfolgt geschlechtsspezifisch und findet anhand der Übungen statt.  $n$  gibt die Anzahl der Probanden an, die bei der Testung beteiligt waren.

Tabelle 5: Leg Press der 1RM bei der ersten Testung, bei der zweiten Testung und das Verhältnis von erster zur zweiten Testung; mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, Median

<b>LEG PRESS</b>			
		Männlich (n = 19)	Weiblich (n = 20)
1RM bei der ersten Testung	Mittelwert	184,96	95,59
	Standardabw.	47,8	28,1
	Minimum	117,65	51,28
	Maximum	253,33	172,97
	Median	167,74	96,02
1RM bei der zweiten Testung	Mittelwert	205,17	116,76
	Standardabw.	42,1	35,6
	Minimum	136,84	61,54
	Maximum	253,33	218,18
	Median	211,77	111,41
Verhältnis (%) von erster zu zweiter Testung	Mittelwert	12,92	24,33
	Standardabw.	14,2	25,9
	Minimum	-8,34	-10,53
	Maximum	37,26	91,00
	Median	11,77	22,97

Tabelle 6: Vertical Traction der 1RM bei der ersten Testung, bei der zweiten Testung und das Verhältnis von erster zur zweiten Testung; mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, Median

VERTICAL TRACTION			
		Männlich (n = 19)	Weiblich (n = 20)
1RM bei der ersten Testung	Mittelwert	80,81	47,23
	Standardabw.	13,8	5,23
	Minimum	57,58	38,89
	Maximum	109,09	58,33
	Median	83,33	46,51
1RM bei der zweiten Testung	Mittelwert	97,52	52,27
	Standardabw.	17,51	7,47
	Minimum	71,43	43,24
	Maximum	136,67	66,67
	Median	96,67	50
Verhältnis (%) von erster zur zweiten Testung	Mittelwert	21,25	10,87
	Standardabw.	13,12	11,99
	Minimum	1,98	- 8,12
	Maximum	49,46	45,09
	Median	19,06	11,15

Tabelle 7: Chest Press der 1RM bei der ersten Testung, bei der zweiten Testung und das Verhältnis von erster zur zweiten Testung; mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, Median

CHEST PRESS			
		Männlich (n = 19)	Weiblich (n = 20)
1RM bei der ersten Testung	Mittelwert	55,14	25,72
	Standardabw.	8,87	6,39
	Minimum	33,33	9,1
	Maximum	67,65	38,24
	Median	57,14	26,14
1RM bei der zweiten Testung	Mittelwert	68,36	31,05
	Standardabw.	17,51	6,56
	Minimum	50	22,22
	Maximum	97,14	45,71
	Median	68,42	30,19
Verhältnis (%) von erster zur zweiten Testung	Mittelwert	12,92	26
	Standardabw.	16,9	34,15
	Minimum	- 6,22	- 10,26
	Maximum	65,15	156,37
	Median	25,43	18,06

## 10.4.2 Ergebnisse der statistischen Überprüfung

### 10.4.2.1 Normalverteilung der erhobenen Daten

Die Normalverteilung sollte im Idealfall einen eingipfeligen Kurvenverlauf mit asymptotischen Ausläufen aufweisen, wie in der untenstehenden Abbildung dargestellt wird.

Bei einer nicht gleichmäßig verteilten Studie, können anhand der Normalverteilungen Extremwerte erkannt und für die empirische Untersuchung eliminiert werden. Wenn jedoch der Stichprobenumfang relativ klein ist, wird dieser durch die Eliminierung der Extremwerte noch mehr dezimiert. Dadurch wird die Aussage über mögliche Zusammenhänge oder Unterschiede die Grundgesamtheit betreffend noch zusätzlich erschwert.

Anhand der Anwesenheit pro Monat bei den männlichen Probanden ist eine Normalverteilung gut zu erkennen (Abb. 15a). Auf der x-Achse (Ordinate) ist die Anwesenheit pro Monat aufgetragen, auf der y-Achse (Abszisse) ist die Anzahl der gültigen Probanden ( $n = 19$ ) zu erkennen. Auch bei den weiblichen Probanden ist eine Normalverteilung gegeben (Abb. 15b).

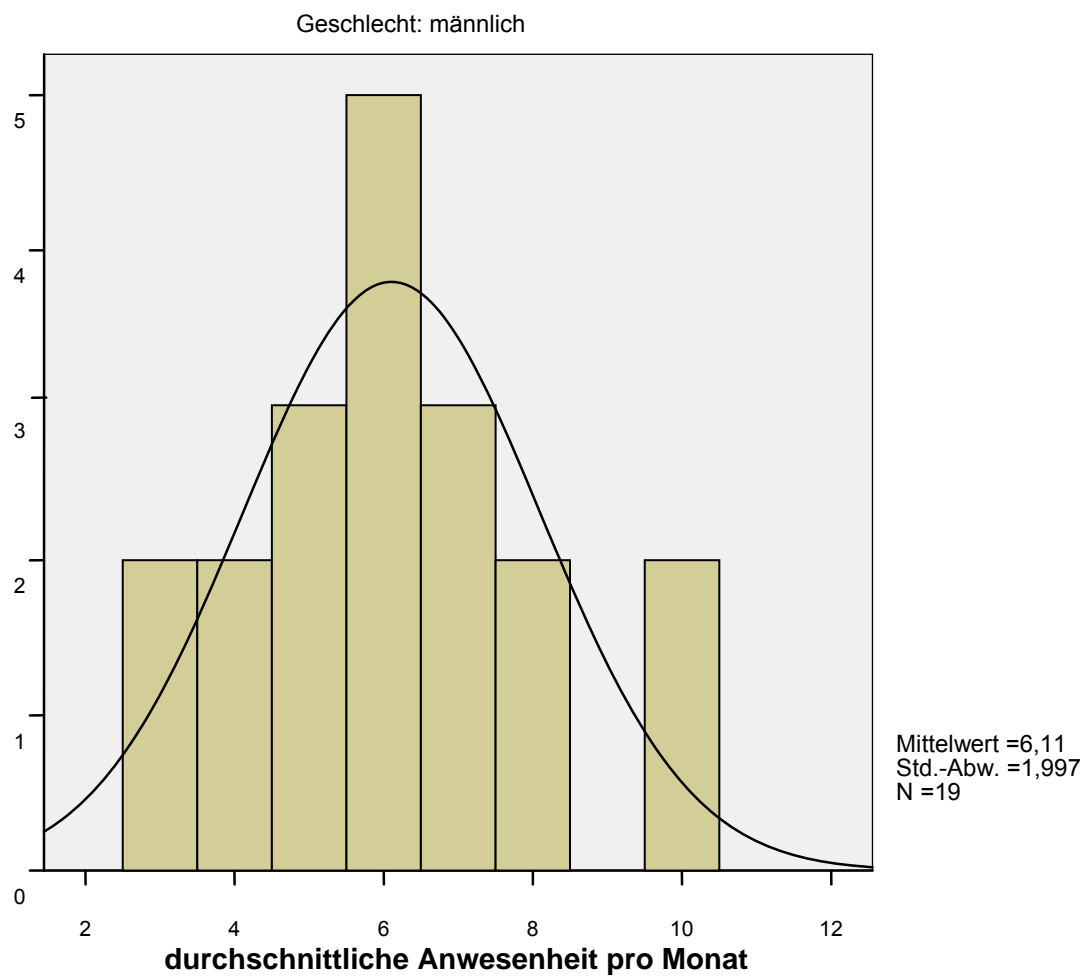


Abbildung 15a: Normalverteilung der männlichen Probanden



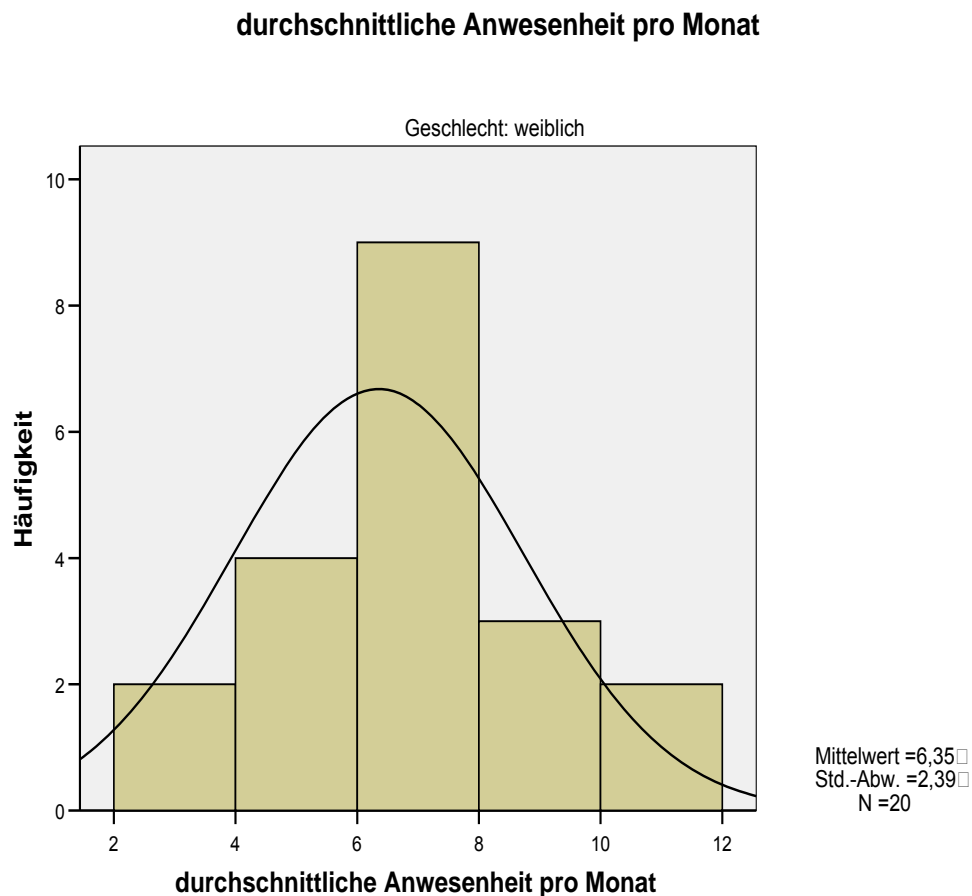


Abbildung 15b: Normalverteilung der weiblichen Probanden

#### 10.4.2.2 Ergebnisse der T-Tests (für unabhängige und gepaarte Stichproben)

Beim Alter gibt es keine signifikanten Unterschiede. Der p-Wert beträgt 0,596, wobei bei den männlichen Teilnehmer das Durchschnittsalter bei  $52 \pm 2,4$  und bei den weiblichen  $52 \pm 3,6$  betrug.

Bei den statistischen Testungen bezogen auf den ersten und zweiten Test der Leg Press, Vertical Traction und Chest Press waren alle Ergebnisse, sowohl bei den Männern und Frauen, signifikant, d.h. dass bei beiden Gruppe eine signifikante Steigerung zu verzeichnen war.

In der Tabelle 8 sind die Kraftverhältnisse (Unterschied von der ersten zur zweiten Testung) bezogen auf die Leg Press dargestellt. Nach der Frage, ob es einen signifikanten Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Leg Press gibt, konnte festgestellt werden, dass es keinen signifikanten Unterschied ( $p = 0,099$ ) gibt. Also besteht kein Unterschied in der Kraftentwicklung.

Tabelle 8: Durchschnittswerte der Maximalkraft der ersten und zweiten Testung; mit der Anzahl der Probanden

### Unterschied: erste zur zweiten Testung der Leg Press

Geschlecht	Ø 1 Testung	Ø 2 Testung
m (19)	184,96	205,17
w (20)	95,59	116,76

### Unterschied: erste zur zweiten Testung bei der Leg press

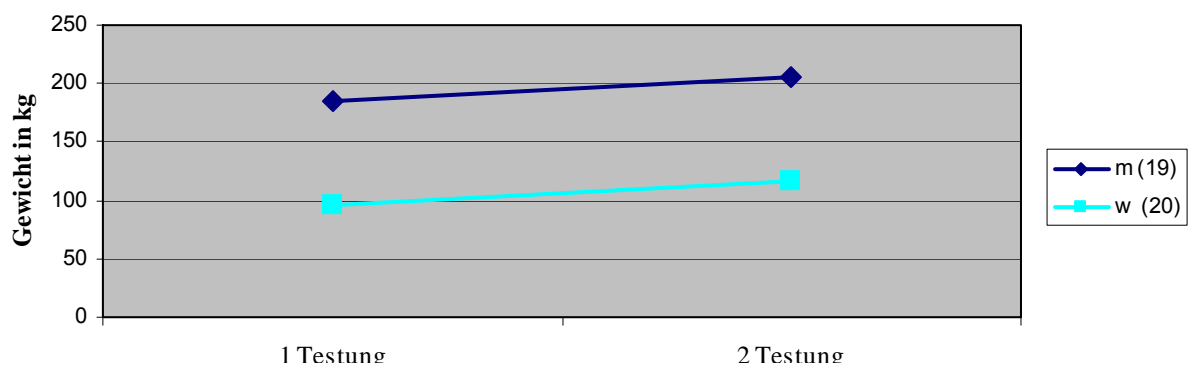


Abbildung 16: Unterschied zwischen erster und zweiter Testung bei der Leg Press

### prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der Leg Press

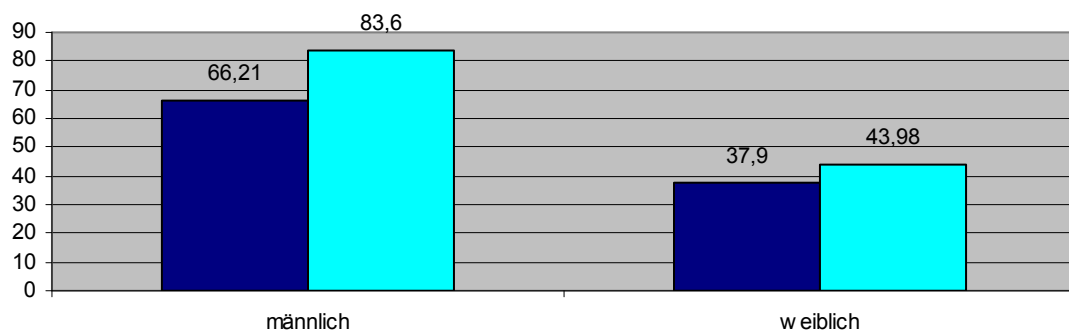


Abbildung 16b: prozentueller Anstieg bei der Leg press

Es wurde dieselbe Testung noch einmal durchgeführt, aber dieses Mal wurden die Probanden, die bei der ersten Testung schon das Maximum (10 x 190kg) erreicht hatten, weg gelassen, da es keine Steigerung mehr zu erzielen gab (siehe Tabelle 9). Auch diese Testung war nicht signifikant ( $p = 0,290$ ).

Tabelle 9: Durchschnittswerte der Maximalkraft der ersten und zweiten Testung, die Probanden ohne Steigerung wurden dieses Mal weggelassen; mit der Anzahl der Probanden

**Unterschied: erste zur zweiten Testung der Leg Press  
(ohne Maximalwerte)**

Geschlecht	Ø 1 Testung	Ø 2 Testung
m (15)	166,72	192,33
w (20)	95,59	116,76

**Unterschied: erste zur zweiten Testung der Leg press (ohne  
Maximalwerte)**

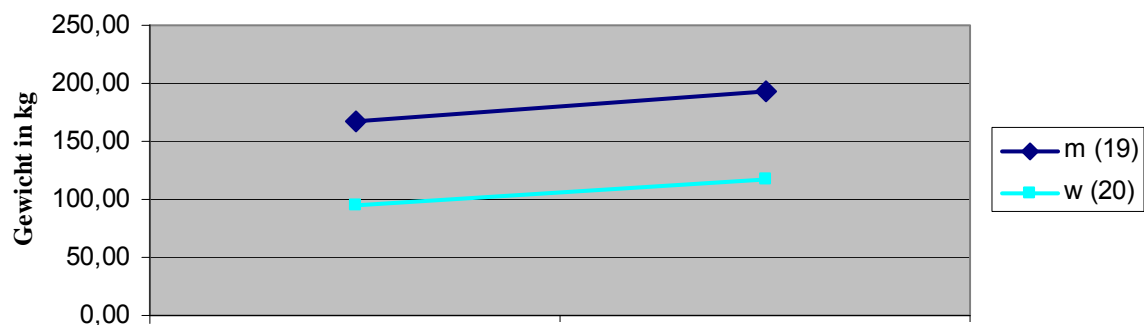


Abbildung 17: Unterschied zwischen der ersten und zweiten Testung

**prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der  
Leg Press (ohne Maximalwerte)**

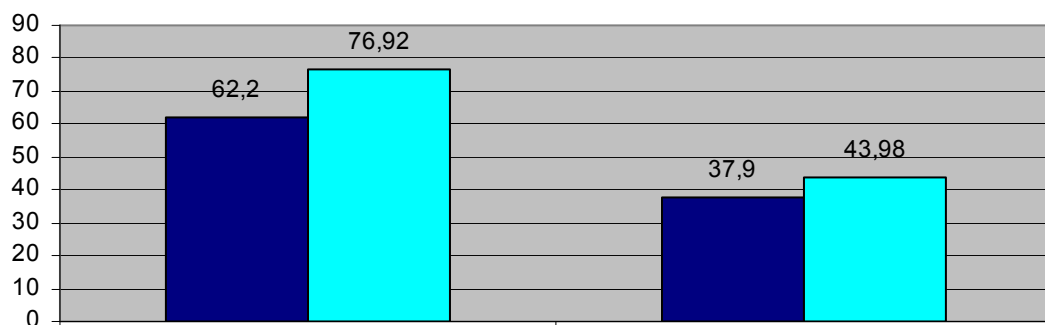


Abbildung 17b: prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der Leg Press (ohne Maximalwerte)

Bei der Vertical Traction war das Ergebnis signifikant und zwar mit einem Wert von  $p = 0,014$ . In Tabelle 10 sind die einzelnen Werte der Probanden aufgelistet.

Tabelle 10: Durchschnittswerte der Maximalkraft der ersten und zweiten Testung; mit der Anzahl der Probanden

**Unterschied: erste zur zweiten Testung der Vertical Traction**

Geschlecht	Ø 1 Testung	Ø 2 Testung
m (19)	80,81	97,52
w (20)	47,23	52,27

**Unterschied: erste zur zweiten Testung der Vertical traction**

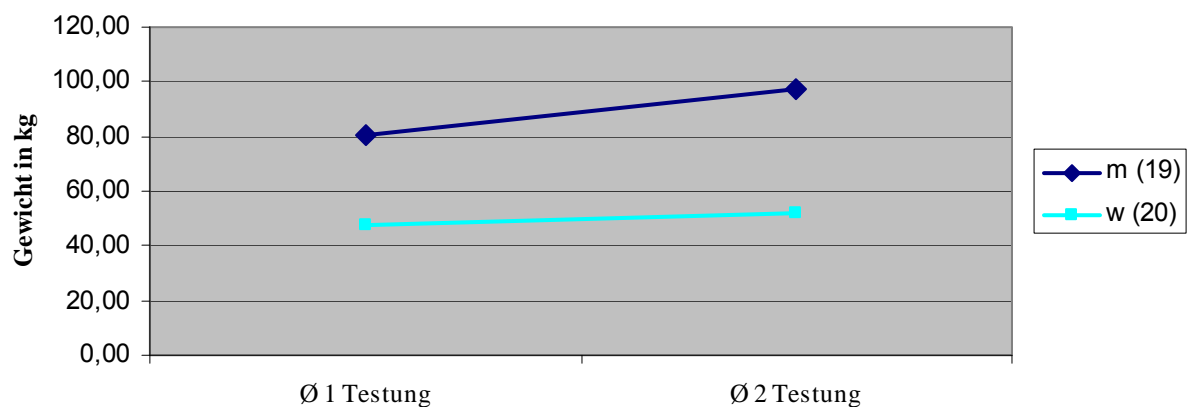


Abbildung 18: Unterschied zwischen erster und zweiter Testung bei der Vertical Traction

**prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der Vertical Traction**

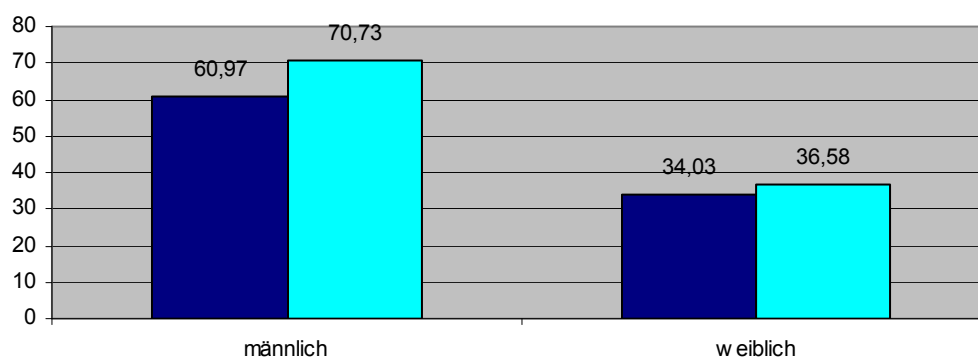


Abbildung 18b: prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der Vertical Traction

Bei der Chest Press sehen die Ergebnisse ähnlich aus wie bei der Leg Press. Es besteht wiederum kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,099$ ) zwischen beiden Geschlechtern (Tabelle 11).

Tabelle 11: Durchschnittswerte der Maximalkraft der ersten und zweiten Testung; mit der Anzahl der Probanden

**Unterschied: erste zur zweiten Testung der Chest Press**

Geschlecht	Ø 1 Testung	Ø 2 Testung
M (19)	55,14	68,36
W (20)	25,72	31,05

**Unterschied: erste zur zweiten Testung der Chest press**

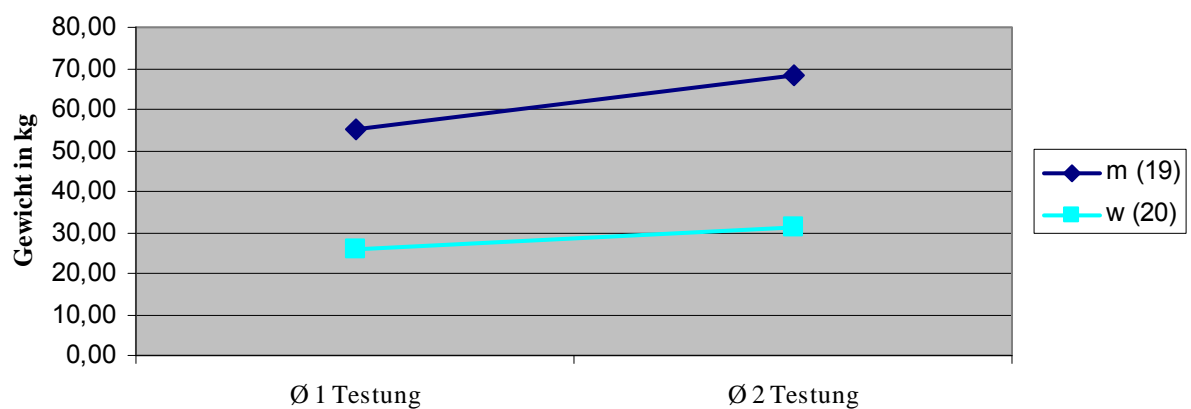


Abbildung 19: Unterschied zwischen erster und zweiter Testung bei der Chest Press

**prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der Chest Press**

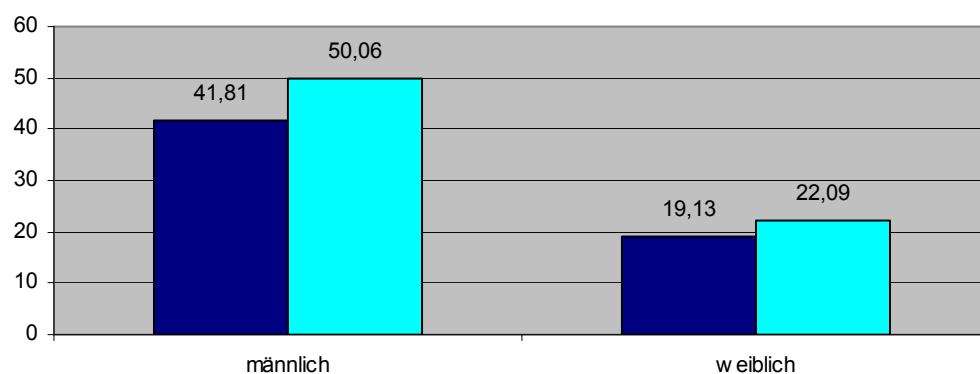


Abbildung 19b: prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der Chest Press

Bei der Frage, ob es einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit der Anwesenheit bezogen auf das Geschlecht gibt, wurde anhand vom T-Test für unabhängige Stichproben kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,642$ ) herausgefunden, d.h. dass es keine Unterschiede in der Anwesenheit existieren.

Tabelle 12: Signifikanz der Anwesenheit pro Monat

Test bei unabhängigen Stichproben										
		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	
durchschnittliche Anwesenheit pro Monat	Varianzen sind gleich	,220	,642	,346	37	,731	,245	,707	-1,188	1,678
	Varianzen sind nicht gleich			,348	36,423	,730	,245	,704	-1,182	1,672

## 10.5 Diskussion

Die Ergebnisse der Datenanalyse werden mit den Erkenntnissen von bereits durchgeführten Studien verglichen.

**Erste Hypothese:** *Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Leg Press bezogen auf das Geschlecht.*

**Nebenhypothese:** *Schließt man bei der zweiten Testung die Personen aus, die bei der ersten Testung bereits das Maximalkraftmaximum erreicht haben aus, besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Leg Press bezogen auf das Geschlecht.*

Wie oben erwähnt, gibt es keine geschlechtsspezifischen Unterschiede was die Maximalkraftentwicklung betrifft, d.h. dass sowohl Männer als auch Frauen eine tendenziell gleichgroße Entwicklung haben. Auch AKIMA et al. (1999) konnte keinen signifikanten Zuwachs der Beinmuskulatur nach einem zweiwöchigem Krafttraining verzeichnen.

Allgemein ist bekannt, dass der Kraftverlust in den unteren Extremitäten im Alter am höchsten ist. Eine mögliche Erklärung könnte laut SURAKKA (2005) sein, dass ab der fünften Dekade, die Beinmuskulatur weniger genutzt wird als wie die Armmuskulatur. Die untere Extremität ist durch die im Alltag anfallenden Anforderungen, wie Laufen, Treppensteigen, Radfahren... in der Regel besser trainiert als die obere Extremität, was erklären könnte, warum der Trainingseffekt im Bereich der unteren Extremität nicht so eindeutig ausfällt. Jedoch lässt sich das durch diese Studie widerlegen. Da es sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Personen zu einem ähnlichen Kraftzuwachs kam.

In der Studie von HUBAL et al. (2005) konnte auch, wie in dieser Studie, ein kleiner, aber signifikanter Zuwachs der Muskelgröße bei beiden Geschlechtern verzeichnet werden. Bei den Frauen betrug die Vergrößerung 18 % bei den Männern 20 %. O'HAGEN et al. (2005) konnte einen größeren Anstieg verzeichnen, Grund dafür könnte sein, dass seine Probanden nicht im Freibereich sondern an Maschinen trainierten. Durch das Training wurde auch die Muskelquerschnittsfläche vergrößert, jedoch nicht der Faserbereich.

Natürlich hängt der Kraftzuwachs auch von der Bewegungsgeschwindigkeit ab, wenn man langsamer trainiert, kann man mehr Nutzen daraus ziehen. (O'HAGEN et al., 2005)

In der Studie von PETRELLA et al. (2005) fand man heraus, dass ältere Frauen speziell bei einer Übung in der geschlossenen Kette, so schnell wie möglich von einem Sessel aufstehen, am schlechtesten abschnitten. Der Unterschied zu ihren jüngeren Kolleginnen betrug

ca. 32 %. Der Grund könnte der sein, dass die Last während der Sitz-Steh Bewegung einen höheren Anteil an der Muskelkapazität bei älteren Frauen repräsentiert, weil die älteren Damen mit einer geringeren Kontraktionsgeschwindigkeit (Basis des Kraft- Geschwindigkeitsverhältnisses) aufstanden. Dieses Ergebnis ist sehr relevant, da im täglichen Leben viele Bewegungen der unteren Extremitäten in der geschlossenen Kette absolviert werden müssen. Auch wurde in der Studie von BAMMAN et al. (2000) der Verlust von der fettfreien Oberschenkelmasse bei älteren Männern und Frauen getestet, wobei es bei den weiblichen Probanden zu einer Abnahme von ca. 17 % beim Oberschenkelmuskerverlust kam, der Verlust der absoluten Kraft bei der Leg Press 17 % und 16 % bei den freien Squats betrug. Bei den männlich war der gesamte Oberschenkelverlust ebenfalls mit 17 % datiert, wohingegen diese bei der Leg Press und den Kniebeugen jedoch einen Kraftverlust von 29 % verzeichnen mussten. Es wird angenommen, dass Männer schneller die Kraft als die fettfreie Masse verlieren, obwohl es keinen signifikanten Unterschied zu ihrem jüngeren Pendant gibt.

Auch in der Studie von TAKASHI et al. (2000) kam es zum keinen geschlechtsspezifisch signifikanten Unterschied bei der Knieextension. Es konnte bei der Querschnittsfläche des musculus quadriceps kein signifikanter Anstieg nach zwei Wochen beobachtet werden. Jedoch wurde bei den Männern bereits nach der zweiten Woche bei der Knieextension ein signifikanter Anstieg des one repetition maximums nachgewiesen, bei den Frauen hingegen erst nach der vierten Woche. Die Ergebnisse von TAKASHI et al. (2000) stimmen auch mit diesen Ergebnissen überein, da auch hier sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen ein signifikanter Anstieg verzeichnet werden konnte.

**Zweite Hypothese:** *Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Vertical Traction bezogen auf das Geschlecht.*

Interessant ist, dass es nur bei der Rückenmuskulatur zu einem signifikanten Unterschied gekommen ist. Auch in der Literatur ist bis jetzt noch wenig darüber bekannt. Allgemein wurde festgestellt, dass es beim Oberkörper (Brust-, Biceps- und Tricepsmuskulatur) zu einer schnelleren Adaptation der Muskulatur kommt. (TAKASHI et al. 2000) Das könnte ein möglicher Ansatz für den geschlechtsspezifisch signifikanten Unterschied in dieser Studie sein, da die Armmuskulatur bei der Vertical Traction die Hauptdeterminante für die Übungsausführung ist. Da sie flächenmäßig um einiges geringer ist, als die Rückenmuskulatur, kommt es auch frühzeitig zum Abbruch durch die Armmuskulatur.

In der Studie von ELERT et al. (2000) wurde festgestellt, dass Frauen häufiger Probleme im Hals- Schulterbereich haben als Männer. Grund dafür könnte die monotone und wiederholen-



de Arbeit sein, was ein Risikofaktor für Hals- Schultermyalgien ist. Die höhere Prävalenz von Muskelbeschwerden im Hals- Schulterbereich bei Frauen kann nicht durch eine höhere Muskelspannung erklärt werden. Die Studie von ELERT et al. (2005) unterstützt die Ergebnisse von dieser Studie und ist eine mögliche Erklärung für den signifikanten Unterschied.

Die meisten Studien gehen vermehrt auf die Rehabilitationsphase bzw. Personen mit Rückenschmerzen ein. Hauptsächlich werden Personen mit Rückenschmerzen getestet, also nur im Rehabilitationsbereich. Einige Studien haben die Effektivität der Trainingshäufigkeit der lumbalen Muskulatur untersucht und haben festgestellt, dass im Gegensatz zu anderen Muskelgruppen ein großes Potential zum Kraftanstieg besteht. (SURAKKA, 2005)

Eine mögliche Erklärung für die signifikanten Ergebnisse könnte die Studie von KEMMLER et al. (2002) sein. Die Wissenschaftler untersuchte neunundfünfzig Damen im Alter von ~ 55 Jahren. Hormoneller Wechsel während der Menopause und im höheren Alter geht oft mit einer reduzierten physikalischen Fitness und beschädigten Gesundheit einher. Als Alternative zu einer hormonellen Ersatztherapie kann nur regelmäßiges körperliches Training herangezogen werden. Training kann den negativen Effekt des Östrogenmangels (Knochenverlust), Diabetes und die koronaren Herzerkrankungen kompensieren. Viele Studien konnten schon einen positiven Effekt von Training anhand der Knochenmineraldichte bei postmenopausalen Frauen nachweisen. Anhand von vier auserlesenen Übungen (Leg Press, Chest Press, Rowing, Leg Adduction) konnte der Verlust der Knochenmineraldichte reduziert werden, was eines der Hauptprobleme bei Frauen in der Menopause ist. Bei der trainierenden Gruppe konnte man einen signifikanten Dichtezuwachs an der Lendenwirbelsäule sehen, bei der Kontrollgruppe hingegen kam es zu einer Abnahme. Die Resultate an der Hüfte sind um einiges geringer als die an der Lendenwirbelsäule, was damit zu tun haben könnte, dass die Lendenwirbelsäule schneller reagiert wegen des höheren Grades des metabolisch - aktiven trabikulären Knochens.

Gelenks- und Rückenschmerzen ist zwar kein typisches Zeichen bei postmenopausalen Frauen, aber die Schmerzhäufigkeit ist in diesem Alter allgemein sehr hoch.

Miller et al. (1993) haben berichtet, dass speziell im musculus biceps brachii und im musculus tibialis anterior bei Frauen weniger Muskelfasern vorhanden sind im Gegensatz zu den Männern, aber diese Untersuchungsergebnisse konnten im musculus triceps brachii, musculus biceps brachii und im musculus vastus lateralis bei Bodybuilderinnen nicht nachgewiesen werden. Das könnte eine Begründung für die signifikanten Ergebnisse bei dieser Testung sein.

**Dritte Hypothese:** *Es besteht kein signifikanter Unterschied der Maximalkraftentwicklung bei der Chest Press bezogen auf das Geschlecht.*

Die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der absoluten Muskelkraft sind gut dokumentiert. Auch in der Studie von TAKASHI et al. (2000) kam es zum keinen geschlechtsspezifisch signifikanten Unterschied bei der Chest Press. CURETON et al. (1988) haben gezeigt, dass es nach einem 16-wöchigem Krafttraining zu keinen geschlechtsspezifischen Veränderungen in der Kraft und in der Muskelhypertrophie kommt.

In der Studie von HUBAL et al. (2005) konnte gezeigt werden, dass es keinen Unterschied in der Maximalkraftentwicklung zwischen Männern und Frauen gibt. Diverse empirische Studien geben an, dass Männer größere und stärkere Muskeln haben als Frauen und dass die Unterschiede in den oberen ausgeprägter sind als in den unteren Extremitäten. Frauen haben in den unteren Extremitäten um ca. zweidrittel weniger Kraft als Männer. Studien haben gezeigt, dass Frauen in den oberen Extremitäten um 40 % – 60 % und in den unteren Extremitäten um 25 % - 30 % schwächer sind als Männer.

MILLER et al. (1993) haben berichtet, dass speziell im musculus biceps brachii und im musculus tibialis anterior bei Frauen weniger Muskelfasern vorhanden sind im Gegensatz zu den Männern, aber diese Untersuchungsergebnisse konnten im musculus triceps brachii, musculus biceps brachii und im musculus vastus lateralis bei Bodybuilderinnen nicht nachgewiesen werden.

Limitierende Faktoren für den Kraftgewinn sind natürlich auch die niedrigere absolute Muskelmasse und die Kraft der oberen Extremitäten, was durch die geringere fettfreie Masse zustande kommt. Auch die unterschiedliche Faserverteilung und Cross sectional areas spielen eine wichtige Rolle. (KRAEMER et al. 2001)

**Vierte Hypothese:** *Es besteht kein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit der Anwesenheit beim Training von Frauen und Männern*

Zweimal pro Woche sollte man laut SURAKKA et al. (2008) trainieren, wobei dies das Minimum an Trainingseinheiten wäre. Bei den Probanden dieser Studie lag die durchschnittliche Anwesenheit im Monat bei ~ 6-mal (Frauen = 6,11 und Männer = 6,35), d.h. dass sie ca. zweimal pro Woche trainieren waren. Es gibt keinen signifikanten Unterschied.

Fröhlich und Schmidtbleicher kamen zu ähnlichen Ergebnissen, wobei sie ein Minimum von zwei- bis dreimal Ganzkörpertrainings vorschlagen. Es wird jedoch erwähnt, dass diese Anzahl nur sehr unzureichend ist, da die effiziente Planung der Trainingshäufigkeit in Abhängigkeit von Trainingsstatus, der beteiligten Muskelmasse, Geschlecht, der Belastungshöhe, der Verwendung von Periodisierungsstrategien, zeitlicher Rahmenbedingungen und der eigentlichen Zielstellung ist. (FRÖHLICH, SCHMIDTBLEICHER, 2008) Bei dieser Studie wurde jedoch nicht auf das Geschlecht Rücksicht genommen. Wenn man berücksichtigt, dass die neurophysiologischen und metabolischen Systeme nach ca. 48 Stunden intensivem Krafttraining wieder das Ausgangsniveau erreicht haben, erscheint es sinnvoll dreimal pro Woche zu trainieren. (RAASTAD et al. 2000)

WERNBOM et al. (2007) fanden heraus, dass nur eine Trainingseinheit pro Woche die Einflüsse auf die neurophysiologischen sowie die morphologischen Systeme nur im Sinne des Leistungserhalts wirken. Wobei es bei fünf bis sechs Trainingseinheiten zu keinem Erreichen des Ausgangsniveaus mehr kommt, was heißt, dass die neuen Trainingsreize nicht verarbeitet werden können.

Bei Frauen kommt es zu einem höheren Profit, was die Krafttrainingsinterventionen betrifft, da davon auszugehen ist, dass Frauen ein geringeres Ausgangsniveau haben und bei kurzzeitigen Interventionen somit die Trainingsanpassung schneller vonstatten geht. Natürlich muss man auch den Status des Trainierenden berücksichtigen, bei einer untrainierten Person kommt es bei drei Trainingseinheiten pro Woche zu dem größten Anpassungseffekt, wohingegen ein Trainierter optimal von zwei Trainingseinheiten profitiert. (FRÖHLICH et al. 2007)

Es wird angenommen, dass es bei Frauen nicht zu einer gleichen Hypertrophie der Typ II Fasern kommt wie bei Männern, obwohl dass gleiche Trainingslevel vorliegt. Gerade die Hypertrophie der Typ II Fasern ist eine typische Antwort auf das Krafttraining. Das würde heißen, dass die reduzierte Fähigkeit der Typ II Fasern zu hypertrophieren Grund sein könnte, dass Frauen eine geringere Gesamthypertrophie erzeugen können. (O'HAGAN et al. 2005)

Der höchst signifikante Unterschied bei der Kraftentwicklung der Oberschenkelmuskulatur kann dem unterschiedlichen Trainingsverhalten von Frauen und Männern zugeschrieben.

## 10.6 Konklusio

Anhand dieser Studie sieht man sehr schön, dass man durch konsequentes Training die Lücke zwischen untrainierten Männern und Frauen um einiges verringern kann.

Natürlich kommt es bei allgemeinen Ergebnissen zu einigen Verzerrungspunkten. Ein Hauptkriterium ist die Motivation. Die psychische Komponente spielt eine wichtige Rolle und die Motivation/Ehrgeiz zur maximalen Kraftentwicklung ist anscheinend bei Frauen geringer als bei den Männern. Grund dafür könnte sein, dass Frauen nicht so genau wissen, wo ihr Maximum liegt bzw. einen anderen Bezug zu ihrem Körper besitzen.

Auch muss berücksichtigt werden, dass die Bewegungsgeschwindigkeit unter anderem ausschlaggebend ist genauso wie die Sitzposition. Speziell bei der Beinpresse kann der Bauchumfang die Sitzposition beeinflussen, da es bei einem größeren Bauchumfang zu keiner Einhaltung der 90° Position kommt.

Bei den Übungen wurden auch unterschiedliche Varianten verwendet, d.h. dass manche Personen nicht unbedingt das Gerät benutzten sondern auch im freien Bereich trainierten. Grund dafür war eine gute muskuläre Ausgangslage, was das Trainieren im Freibereich erleichtert bzw. fördert.

Natürlich variiert die Trainingshäufigkeit auch sehr stark und wie im Theorieteil schon erläutert, wären zwei bis drei Trainingseinheiten pro Woche am idealsten. Jedoch variieren die Einheiten sehr stark, das Minimum liegt bei 3 und das Maximum bei 12 Trainingseinheiten pro Monat, d.h. dass ein paar Probanden nur einmal pro Woche wenn überhaupt trainierten. Auch die Trainingsdauer ist sehr unterschiedlich und reicht von 70 bis 100 Minuten.

Die Zeitdauer zwischen den einzelnen Tests lag bei drei bis fünf Monaten, je nachdem ob der Proband ein Monat nicht trainiert oder keine Ruhephase hatte. Was natürlich auch für die Testung relevant ist. Natürlich spielt auch die Tageszeit eine Rolle, wobei die Testungen nie um die gleiche Uhrzeit stattfanden.

Es gibt Untersuchungen, die belegen, dass es bei der Sprungleistung und der Kraft der Rückenstrecker in den Abendstunden zu maximalen Ergebnissen kommt. Generell scheint, dass die Mittagszeit eher ungünstig ist. Bei der empirischen Auswertung konnte man eine deutliche Zunahme der Kraft in den Nachmittags- und Abendstunden verzeichnen. (KOCH et al. 2003)

WYSE et al. (1994) untersuchte neun Sportler und kam ebenfalls zu maximalen Werten in den Abendstunden (18.00 – 19.30 Uhr). Durch diese Studien lässt sich ableiten, dass für die maximale Leistung in Sportarten und sportphysiologischen Grundfunktionen die frühen Abendstunden am besten geeignet sind. (KOCH et al. 2003)

Es muss noch erwähnt werden, dass bei der Testung der Bein- und Rückenmuskulatur ein Gewichtsmaximum gibt. Das Maximum bei der Beinmuskulatur liegt bei 190 kg, also ist es möglich, das Gewicht 10x190 kg zu drücken. Deshalb wurde auch die Nebenhypothese der Beinpresse aufgestellt. Bei der Rückenmuskulatur liegt das Maximum bei 102,5 kg. Dieses Gewichtsmaximum war gerätespezifisch vorgegeben.

Zum Schluss möchte ich noch einmal darauf aufmerksam machen, dass die Entwicklung der Explosivkraft viel drastischer als die Maximalkraft im Alter nimmt ab. Deshalb ist Krafttraining im Alter so wichtig, weil man den Verfallsprozess verlangsamen kann.

Wie man anhand dieser Studie sehen kann, ist es möglich, die Kluft der Kraft zwischen Männern und Frauen zu verringern. Durch gezieltes Training ist es daher möglich in den unteren Extremitäten und der Brustmuskulatur gleiche bzw. ähnliche Kraftentwicklungen zu verzeichnen wie bei Männern. Nur bei der Rückenmuskulatur scheint ein Defizit vorhanden zu sein, dass man auch durch ein drei bis fünf monatiges Training nicht kompensieren kann.

Wenn man im Alter nicht trainiert kommt es zur Abnahme des Muskelquerschnittes (Querschnittsabnahme sowohl bei den slow- als auf fast twitch Fasern), Abnahme der Zahl der FT-Fasern, Abnahme der neuronalen Impulsrate (geringere Beziehung zwischen Muskelquerschnitt und muskulärer Kraft), Abnahme der Muskelkontraktilität (Schnellkraft nimmt schneller ab als die allgemeine Kraft) und zur Abnahme der motorischen Einheiten (ab dem 60. Lebensjahr kann es zu einer 50 % Abnahme kommen). (WEINECK 2007, 390)

Durch die Präsentation der Ergebnisse konnten die Probanden sehr schön sehen, welche Auswirkungen das Krafttraining hat. Dadurch konnten eigene Erfahrungen mit den Ergebnissen in Kombination gesetzt werden.

## 11 Literaturverzeichnis

- AKIMA, H., KANO, Y., ENOMOTO, Y., ISHIZU, M., OKADA, M., OISHI, Y., KATSUTA, S., KUNO, S. (2001). Muscle function in 164 men and women aged 20 – 84 yr. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 220-226
- AKIMA, H., TAKAHASHI, H., KUNO, Y., SUGA, Y., MASUDA, K., MASUDA, T., SHIMOJI, H., ANNO, I., ITAI, Y., KATSUTA, S. (1999). Early phase adaptations of muscle use and strength to isokinetic training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 588-594
- BAMMAN, M., NEWCOMER, B., LARSON-MEYER, D., WEINSIER, R., HUNTER, G., (2000). Evaluation of the strength-size relationship in vivo using various muscle size indices. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1307-1313
- BISHOP, P., CURETON, K., MOLLINS, M. (1987). Sex difference in muscular strength in equally-trained men and women. *Ergonomics*, 20, 675-687
- BOECKH - BEHRENS, W.-U., BUSKIES, W. (2007). Fitness – Krafttraining. Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit. Reinbek: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- BRILL, P., MACERA, C., Davis, Blair, Gordon, (2000). Muscular strength and physical function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 412-415
- CARMELI, E., REZNICK, A., COLEMAN, R., CARMELI, V. (2000). Muscle Strength and Mass of Lower Extremities in Relation to Functional Abilities in Elderly Adults. *Gerontology*, 46, 249-257
- CHARETTE, S., MCEVOY, L., PYKA, G. (1991). Muscle hypertrophy response to resistive training in older women. *Journal of Applied Physiology*, 70, 1912- 1016
- CHEN, H., KUO, C. (1989). Relationship between respiratory muscle function and age, sex, and other factors. *Journal of Applied Physiology* (66), 943-948
- COLLINS, M., SNOW, T. (1993). Are adaptations to combined endurance and strength training affected by the sequence of training? *Journal of Sports Sciences*, 11, 485-491

CRONIN, J., MCNAIR, P., MARSHALL, R. (2002). Is velocity specific strength training important in improving functional performance? *Journal of Sports medicine in Physical Fitness*, 42, 267-273

CURETON, K., COLLINS, M., HILL, D., MCELLHANNON, F. (1988). Muscle hypertrophy in men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20, 338-344

DELMONICO, M., KOSTEK, M. (2005). Effects of moderate-velocity strength training on peak muscle power and movement velocity: do women respond differently than man? *Journal of Applied Physiology*, 99, 1712-1718

DE MAREÉS, H. (2003). Sportphysiologie (9. Auflage). Köln: Sport und Buch Strauss.

DESCHENES, M., KRAEMER, W. (2002). Performance and physiologic adaptations to resistance training. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, S3-S13

ELERT, J., STERNER, Y., NYBERG, V., GERDLE, B. (2000). Lack of gender differences in the ability to relax between repetitive maximum isokinetic shoulder forward flexions: a population-based study among northern Swedes. *European Journal of Applied Physiology*, 83, 246-256

ESBJÖRNSSON-LILJEDAHL, M., BODIN, K., JANSSON, E. (2002). Smaller muscle ATP reduction in women than in men by repeated bouts of sprint exercise. *Journal of Applied Physiology*, 93, 1075-1083

EVANS, W., CAMPBELL, W. (1993). Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity *Journal of Nutrition*, 123, 465-468

FISH, D., KRABAK, B., JOHNSON-GREEN, D., DELATEUR, B. (2003). Optimal Resistance training. Comparison of DeLorme with Oxford. *American Journal of physical Medicine & Rehabilitation*, 12, 903-909

FLEISCHER, H. (1988). Grundlagen der Statistik. Studienbrief der Trainerakademie Köln des Deutschen Sportbundes. Schorndorf: Verlag Karl Hofmann.

FRÖHLICH, M., SCHMIDTBLEICHER, D. (2008). Trainingshäufigkeit im Krafttraining – ein metaanalytischer Zugang. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59, 4-12

FRÖHLICH, M., SCHMIDTBLEICHER, D., EMRICH, E. (2004). Metabolische und kardiovaskuläre Beanspruchung im Krafttraining. *Sportverletzung und Sportschaden*, 18, 136-141

GEIGER, L. (2003). Gesundheitstraining. Biologische und medizinische Zusammenhänge. Gezielte Bewegungsprogramme zur Prävention. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.

GOTTLOB, A. (2001). Differenziertes Krafttraining. Mit Schwerpunkt Wirbelsäule. München: Urban und Fischer.

GRANACHER, U., GRUBER, M., STRASS, D., GOLLHOFER, A. (2007). Auswirkungen von sensomotorischem Training im Alter auf die Maximal- und Explosivkraft. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 58, 446-451

GREZIOS, A. (1997). Über den Einfluss der exzentrisch erzwungenen Kraftwerterhöhungen auf die Leistung von Schlagwurfbewegungen. Tübingen: Eberhard – Karls Universität Tübingen.

GROSSER, M. (1988). Kontrollverfahren zur Leistungsoptimierung. Hofmann Verlag, Schorndorf

GÜLLICH, A., SCHMIDTBLEICHER, D. (1999). Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 223 – 234

HAAN, A., REXWINKEL, R., DOORN, J., WESTRA, H., HOLLANDER A HUIJING WOITTIEZ R SARGEANT A (1988). Influence of muscle dimensions on economy of isometric exercise in rat medial gastrocnemius muscle in situ. *European Journal of Applied Physiology*, 57, 64-69

HOHMANN, A., LAMES, M., LETZELTER, M. (2007). Einführung in die Trainingswissenschaft. (4. Auflage). Wiebelsheim: Limpert Verlag GmbH.

HORT, W., FLÖTHNER, R. (1983). Die Muskulatur des Leistungssportlers. Erlangen: perimed Fachbuch – Verlagsgesellschaft.

HUBAL, M., GORDISH – DRESSMAN, H., (2005). Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 964-972



HUCH, R., BAUER Ch. (2003). Mensch – Körper – Krankheit. (4. Auflage) München: Urban und Fischer.

HUNTER, S., CRITCHLOW, A., SHIN, I., ENOKA, R. (2004). Men are more fatigable than strength-matched women when performing intermittent submaximal contractions. *Journal of Applied Physiology*, 96, 2125-2132

IKAI, M., STEINHAUS, A. (1961). Some factors modifying the expression of human strength. *Journal of Applied Physiology*, 16, 157 in HOLLMANN, W., HETTINGER, T. (2000). Sportmedizin, Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Stuttgart – New York: Schattauer

IZQUIERDO, M., HÄKKINEN, K. (2001). Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men. *Journal of Applied Physiology*, 90, 1497-1507

JORDAN, A., MEHLSSEN, J., BÜLOW, P., OSTERGAARD, K., DANNESKIOLD-SAMSOE, B. (1999). Maximal Isometric Strength of the Cervical Musculature in 100 Healthy Volunteers. *Spine*, 24, 1343-1348

KAHN, J., KAPPTITANIAK, B., HUART, F., MONOD, H. (1986). Physiological modifications of local haemodynamic conditions during bilateral isometric contraction. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 624-631

KATSIARAS, A., NEWMAN, A., KRISKA, A., BRACH, J., KRISHNASWAMI, S., FEINGOLD, E., KRITCHEVSKY, S., LI, R., HARRIS, T., SCHATZ, A., GOODPASTER, B. (2005). Skeletal muscle fatigue, strength, and quality in the elderly: the Health ABC Study. *Journal of Applied Physiology*, 99, 210-216

KEMMLER, W., ENGELKE, K., LAUBER, D., WEINECK, J., HENSEN, J. KALENDER, W. (2002). Exercise effects on fitness and bone mineral density in early postmenopausal women: 1-year EFOPS results. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2115-2123

KEMMLER, W., LAUBER, D., WEINECK, J., MAYHEW, JL., ENGELKE, K., KALENDER, WA. (2005). Trainingssteuerung im Gesundheitssport. Lastvorgabe versus subjektive Intensitätswahl im präventivsportlichen Krafttraining. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56, 165-170

KIENS, B., ROEPSTORFF, C., GLATZ, J., BONEN, A., SCHJERLING, P., KNUDSEN, J., NIELSEN, J. (2004). Lipid-binding proteins and lipoprotein lipase activity in hum skeletal muscle: influence of physical activity and gender. *Journal of Applied Physiology*, 97, 1209-1218

KOCH, H., RASCHKA, C., WIRTH, K. (2003). Tagesschwankung der körperlichen Leistungsfähigkeit: Literaturübersicht und praktische Beispiele. *Österreichisches Journal für Sportmedizin*, 3, 26-30

KRAEMER, W., MAZETTI, S. (2001). Effect of resistance training on women's strength/power and occupational performances. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1011-1017

LAUBACH, L. (1976). Comparative Muscular Strength of Men and Women: A Review of the Literature. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 534-542

LEMMER, J., HURLBUT, D., MARTEL, G. (1999). Age and gender responses to strength training and detraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1505-1512

LEWIS, D., KAMON, E., HODGSON, J. (1986). Physiological differences between genders. *Sports Medicine*, 3, 357-369

LIENERT, G. (1989). Testaufbau und Testanalyse. Verlag Weinheim.

LOVELESS, D., WEBER, C., HASELER, L., SCHNEIDER, D. (2005). Maximal leg-strength training improves cycling economy in previously untrained men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1231-1236

LYNCH, N., METTER, E., LINDLE, R., FOZARD, J., TOBIN, J., ROY, T., FLEG, J., HURLEY, B. (1999). Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *Journal of Applied Physiology*, 87, 188-194

MARTIN, D., CARL, K., LEHNERTZ, K. (2003). Handbuch Trainingslehre. Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport (3. Auflage). Schorndorf: Verlag Hofmann.

MILLER, A., MACDOUGALL, J., TARNOPOLSKY, M., SALE, D. (1993). Gender differences in strength and muscle fibre characteristics. *European Journal of Applied Physiology*, 66, 254-262

NEUMAIER, A. (1983). Sportmotorische Tests in Unterricht und Training. Grundlagen der Entwicklung, Auswahl und Anwendung motorischer Testverfahren im Sport. Schorndorf: Verlag Karl Hofmann.

NEUMANN, G., PFÜTZNER, A., BERBALK, A. (2001). Optimierte Ausdauertraining. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.

NEWTON, R. U., HÄKKINEN, M., HÄKKINEN, A., MCCORMICK, M., VOLEK, J., KRAEMER, W. (2002). Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 1367-1375

O'HAGEN, F., SALE, G., MACDOUGALL, G., GARNER, S. (1995). Response to resistance training in young women and men. *International Journal of Sports Medicine*, 16, 314-321

PARCELL, A. (2002). Minimum rest period for strength recovery during a common isokinetic testing protocol. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 1018-1022

PETRELLA, J., KIM, J., TUGGEL, S. (2005). Age differences in knee extension power, contractile velocity, and fatigability. *Journal of Applied Physiology*, 98, 211-220

PLATZER, W. (2003) Taschenatlas der Anatomie. Bewegungsapparat. (8. Auflage). Stuttgart – New York: Georg Thieme Verlag.

POKAN, R., FÖSTER, H., HOFMANN, P., HÖRTNAGL, H., LEDL- KURKOWSKI, E., WONISCH, M. (2004). Kompendium der Sportmedizin. Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie. Wien: Springer Verlag

RAASTAD, T., HALLÉN, L. (2000). Recovery of skeletal muscle contractility after high- and moderate-intensity strength exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 82, 206-214

REEVES, N., NARICI, M., MAGANARIS, C. (2004). Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans. *Journal of Applied Physiology*, 96, 885-892

RHEA, M., ALVAR, B., BURKETT, L., BALL, S. (2003). Meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35, 456-464

RUBY, B., ROBERGS, R. (1994). Gender Differences in Substrate Utilisation During Exercise. *Sports Medicine* (17), 393-410

SAMSON, M., MEEUWSEN, I., CROWE, A., DESSENS, J., DUURSMA, S., VERHAAR, H. (2000). Relationships between physical performance measures, age, height, and body weight in healthy adults. *Age and Ageing*, 29, 235-242

SCHEWE, H. (2000). Biomechanik - wie geht das? 18 Tabellen/Heidi Schewe, Stuttgart: Thieme.

SEMMLER, J., KUTZSCHER, D., ENOKA, R. (1999). Gender differences in the fatigability of Human Skeletal Muscle. *Journal of Neurophysiology* (82), 3590-3593

SILBERNAGEL, S., DESPOPOULUS, A. (2003). Taschenatlas der Physiologie. (6. Auflage). Stuttgart – New York: Georg Thieme Verlag.

SPITZ, L., SCHNELL, J. (1983). Krafttraining im Freizeitsport. Frankfurt am Main: Palatia Druck Heitzer.

SURAKKA, J. (2005). Power-type training in middle-aged men and women. Vol.4, Supplementum 9, *Journal of Sports Science and Medicine*, 1-35

SURAKKA, J., AUNOLA, S. (2003). Feasibility of power-type strength training for middle aged men and women: self perception, musculoskeletal symptoms, and injury rates. *British Journal of Sports Medicine*, 37, 131-136

TAKASHI, A., DEHOYOS, D., POLLOC, M., GARZARELLA, L. (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper und lower body resistance training in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 174-180

TARNOPOLSKY, M., BOSMAN, M., MACDONALD, J., VANDEPUTTE, D., MARTIN, J., ROY, B. (1997). Postexercise protein-carbohydrate and carbohydrate supplements increase muscle glycogen in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 83, 1877-1883

TARNOPOLSKY, M., ATKINSON, S., PHILLIPS, S., MACDOUGALL, J. (1995). Carbohydrate loading and metabolism during exercise in men and women. *Journal of Applied Physiology*, 78, 1360-1368

THOMAS, M., FIATARONE, M., FIELDING, R. (1996). Leg power in young women: relationship to body composition, strength, and function. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1321-1326

TREMBLAY, An., SIMONEAU, J., BOUCHARD, C. (1994). Impact of Exercise Intensity on body Fatness and Skeletal Muscle Metabolism. *Metabolism*, 48, 814-818

WARREN, G., CURETON, K., DENGEL, D., GRAHAM, R., RAY, C. (1990). Is the gender difference in peak VO<sub>2</sub> greater for arm than leg exercise? *European Journal of Applied Physiology*, 60, 149-154

WEINECK, J. (2007). Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings (15. Auflage). Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.

WEISS, O. (1999). Einführung in die Sportsoziologie. WUV Universitätsverlag

WERNBOM, M., AUGUSTSSON, J., THOMEÉ, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength on whole muscle cross-sectional area in human. *Sports Medicine*, 37, 225-264

WILLIMICZIK, K. (1993). Statistik im Sport. Grundlagen – Verfahren – Anwendung. Czwalina Verlag Hamburg.

WERNBOM, M., AUGUSTSSON, J., THOMEÉ, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*, 37, 225-264

WIRTH, K. (2007). Trainingshäufigkeit beim Hypertrophietraining. Wissenschaftliche Berichte und Materialien. Köln: Sportverlag Strauß.

WYSE, J., SOLIMAN, M., HOLLEY, D., MEYLOR, J. (1994). Biologic Rhythms in Clinical and Laboratory Medicine. *Chronobiology of Physical Performance and Sports Medicine*, 230-242

YASSIERLI, M., NUSSBAUM A., IRIDIASADI, H., WOJCIK, L. (2007). The influence of age on isometric endurance and fatigue is muscle dependent: a study of shoulder abduction and torso extension. *Ergonomics*, 50, 26-45

ZATSIORSKY, V. (1996). Krafttraining. Praxis und Wissenschaft (2. Auflage). Aachen: Meyer und Meyer Verlag.

ZINTL, F., EISENHUT, A. (2001). Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.

ZOUHAL, H., JACOB, C., DELAMARCHE, P., GRATAS-DELAMARCHE, A. (2008). Catecholamines and the Effects of Exercise, Training and Gender. *Sports Medicine*, 38, 401-423

# 12 Anhang

## 12.1 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: Die Kraft und ihre verschiedenen Kraftfähigkeiten und Erscheinungsformen (WEINECK 2007, 372)	14
ABBILDUNG 2: Darstellung des Aufbaus eines Skelettmuskels (HOHMANN/LAMES/LETZELTER 2007, 66)	20
ABBILDUNG 3: Motorische Endplatte (DE MARÉES 2003, 51)	27
ABBILDUNG 4: Energiebereitstellung (DE MARÉES 2003, 355)	31
ABBILDUNG 5: Die unterschiedlichen Regenerationszeiten biologischer Teilsysteme (WEINECK 2007, 54)	45
ABBILDUNG 6: Superkompensation (ZATSIORSKY 1996, 27)	46
ABBILDUNG 7: Kraft – Zeit – Verlauf (DE MARÉES 2003, 191)	61
ABBILDUNG 8a: Darstellung der weiblichen Geburtsjahre	71
ABBILDUNG 8b: Darstellung der männlichen Geburtsjahre	72
ABBILDUNG 9: Startposition Chest Press	77
ABBILDUNG 10: Vorwärtsbewegung	78
ABBILDUNG 11: Startposition Leg Press	79
ABBILDUNG 12: Bewegungsausführung	80
ABBILDUNG 13: Startposition Vertical Traction	81
ABBILDUNG 14: Bewegungsausführung	82
ABBILDUNG 15a: Normalverteilung der männlichen Probanden	88
ABBILDUNG 15b: Normalverteilung der weiblichen Probanden	89
ABBILDUNG 16: Unterschied zwischen erster und zweiter Testung bei der Leg Press	90
ABBILDUNG 16b: prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der Leg Press	90
ABBILDUNG 17: Unterschied zwischen erster und zweiter Testung	91
ABBILDUNG 17b: prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der Leg Press (ohne MK)	91
ABBILDUNG 18: Unterschied zwischen erster und zweiter Testung bei der Vertical Traction	92
ABBILDUNG 18b: prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der Vertical Traction	92
ABBILDUNG 19: Unterschied zwischen erster und zweiter Testung bei der Chest Press	93
ABBILDUNG 19b: prozentueller Anstieg vom ersten zum zweiten Test bei der Chest Press	93

## 12.2 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: Energiespeicher der Muskelzelle (ZINTL/EISENHUT 2001, 47)	29
TABELLE 2: Aufteilung der Geschlechter	70
TABELLE 3: Mittelwerte der anthropometrischen Daten	73
TABELLE 4: statistische Messparatmeter aufgelistet mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum und Median unterteilt in Jahrgang, Körpergröße, Körpergewicht, BMI	74
TABELLE 5: Leg Press der 1RM bei der ersten Testung, bei der zweiten Testung und das Verhältnis von erster zur zweiten Testung; mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, Median	85
TABELLE 6: Vertical Traction der 1RM bei der ersten Testung, bei der zweiten Testung und das Verhältnis von erster zur zweiten Testung; mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, Median	86
TABELLE 7: Chest Press der 1RM bei der ersten Testung, bei der zweiten Testung und das Verhältnis von erster zur zweiten Testung; mit Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, Median	87
TABELLE 8: Durchschnittswerte der Maximalkraft der ersten und zweiten Testung der Leg Press; mit der Anzahl der Probanden	90
TABELLE 9: Durchschnittswerte der Maximalkraft der ersten und zweiten Testung der Leg Press; mit der Anzahl der Probanden (ohne Maximalwerte)	91
TABELLE 10: Durchschnittswerte der Maximalkraft der ersten und zweiten Testung der Vertical Traction; mit der Anzahl der Probanden	92
TABELLE 11: Durchschnittswerte der Maximalkraft der ersten und zweiten Testung der Chest Press; mit der Anzahl der Probanden	93
TABELLE 12: Signifikanz der Anwesenheit pro Monat	94
TABELLE 13: LEG PRESS: Geschlecht, Geburtsjahr, Körpergröße, Körpergewicht, BMI, durchschnittliche Anwesenheit pro Monat, 1 Krafttest, 2 Krafttest, one repetition maximum vom ersten Test, one repetition maximum vom zweiten Test, Verhältnis erster zum zweiten Test	113
TABELLE 14: VERTICAL TRACTION: Geschlecht, Geburtsjahr, Körpergröße, Körpergewicht, BMI, durchschnittliche Anwesenheit pro Monat, 1 Krafttest, 2 Krafttest, one repetition maximum vom ersten Test, one repetition maximum vom zweiten Test, Verhältnis erster zum zweiten Test	114
TABELLE 15: CHEST PRESS: Geschlecht, Geburtsjahr, Körpergröße, Körpergewicht, BMI, durchschnittliche Anwesenheit pro Monat, 1 Krafttest, 2 Krafttest, one repetition maximum vom ersten Test, one repetition maximum vom zweiten Test, Verhältnis erster zum zweiten Test	115



## 12.3 Statistik

Tabelle 13: LEG PRESS: Geschlecht, Geburtsjahr, Körpergröße, Körpergewicht, BMI, durchschnittliche Anwesenheit pro Monat, 1 Krafttest, 2 Krafttest, one repetition maximum vom ersten Test, one repetition maximum vom zweiten Test, Verhältnis erster zum zweiten Test

m/w	Geb.	Kg	cm	BMI	Ø AW Monat	1 KT	2 KT	1 RM	2 RM	Verh. %
M	1952	85	175	27,76	10	7 x 130	4 x 130	157,58	144,44	-8,34
M	1955	90	176	29,05	8	10 x 190	10 x 190	253,33	253,33	0,00
M	1959	85	176	27,44	7	4 x 190	4 x 190	211,11	211,11	0,00
M	1958	83,2	172	28,22	7	2 x 140	1 x 190	147,37	194,87	32,23
M	1960	90	175	29,39	5	10 x 190	10 x 190	253,33	253,33	0,00
M	1955	98	183	29,63	3	6 x 170	6 x 190	200	223,53	11,77
M	1955	83	183	24,78	8	4 x 130	8 x 110	144,44	137,5	-4,80
M	1953	80	166	29,03	6	4 x 140	5 x 150	155,56	171,43	10,20
M	1958	78	175	25,47	5	4 x 120	4 x 150	133,33	166,67	25,01
M	1959	85	176	27,44	6	2 x 140	5 x 160	147,37	182,86	24,08
M	1955	83	178	26,2	4	3 x 180	9 x 190	194,6	245,16	25,98
M	1954	100	187	28,6	6	9 x 130	5 x 190	167,74	217,14	29,45
M	1955	84,5	171	28,9	10	10 x 180	10 x 190	240	253,33	5,55
M	1959	79	175	25,8	5	10 x 190	10 x 190	253,33	253,33	0,00
M	1957	89	175	29,06	3	6 x 100	2 x 130	117,65	136,84	16,31
M	1958	86,7	176	27,99	7	10 x 90	6 x 140	120	164,71	37,26
M	1959	75,9	178	23,96	6	2 x 190	6 x 190	200	223,53	11,77
M	1954	77,9	172	26,33	4	1 x 160	6 x 180	164,1	211,77	29,05
M	1957	85,7	178	27,05	6	10 x 190	10 x 190	253,33	253,33	0,00
W	1954	72	168	25,51	8	10 x 80	6 x 90	106,67	105,88	-0,74
W	1954	58,4	160	22,81	4	9 x 90	5 x 100	116,13	114,29	-1,58
W	1956	66	175	21,55	2	1 x 90	3 x 120	92,31	129,73	40,54
W	1951	61,5	172	20,79	5	7 x 60	9 x 60	72,73	77,42	6,45
W	1951	73,5	161,5	28,18	6	2 x 80	6 x 100	84,21	117,65	39,71
W	1957	72,5	160	28,32	12	3 x 90	1 x 110	97,3	112,82	15,95
W	1960	79,5	170	27,5	7	7 x 90	3 x 130	109,09	140,54	28,83
W	1951	66	175	21,55	6	2 x 70	1 x 70	73,68	71,8	-2,55
W	1950	63,2	170	21,87	7	2 x 90	1 x 110	94,74	110	16,11
W	1953	61,7	162	23,8	6	6 x 100	2 x 100	117,65	105,26	-10,53
W	1959	79	165	29,02	6	6 x 90	1 x 100	105,88	102,56	-3,14
W	1952	55,7	163	20,96	6	3 x 90	4 x 120	97,3	133,33	37,03
W	1960	61	167	21,87	6	6 x 60	4 x 80	70,59	88,89	25,92
W	1960	76	173	25,39	11	10 x 100	4 x 160	133,33	177,78	33,34
W	1957	73,5	169	25,73	8	6 x 90	4 x 120	105,88	133,33	25,93
W	1958	66	167	23,67	3	1 x 50	1 x 60	51,28	61,54	20,01
W	1959	67	161	25,85	8	2 x 80	4 x 90	84,21	100	18,75
W	1959	62	164	23,05	7	3 x 50	7 x 80	54,05	96,97	79,41
W	1957	65,5	170	22,66	4	1 x 70	5 x 120	71,8	137,14	91,00
W	1960	59	155	24,56	5	3 x 160	7 x 180	172,97	218,18	26,14

Tabelle 14: VERTICAL TRACTION: Geschlecht, Geburtsjahr, Körpergröße, Körpergewicht, BMI, durchschnittliche Anwesenheit pro Monat, 1 Krafttest, 2 Krafttest, one repetition maximum vom ersten Test, one repetition maximum vom zweiten Test, Verhältnis erster zum zweiten Test

m/w.	Geb.	Kg	cm	BMI	Ø AW	1 KT	2 KT	1 RM	2 RM	Verhä %
M	1952	85	175	27,76	10	8 x 65	5 x 72,5	81,25	82,86	1,98
M	1955	90	176	29,05	8	7 x 90	10 x 102,5	109,09	136,67	25,28
M	1959	85	176	27,44	7	5 x 60	5 x 62,5	68,57	71,43	4,17
M	1958	83,2	172	28,22	7	7 x 72,5	7 x 95	87,88	115,15	31,03
M	1960	90	175	29,39	5	6 x 65	5 x 100	76,47	114,29	49,46
M	1955	98	183	29,63	3	4 x 80	9 x 90	88,89	116,13	30,64
M	1955	83	183	24,78	8	7 x 72,5	6 x 77,5	87,88	91,18	3,76
M	1953	80	166	29,03	6	7 x 47,5	2 x 72,5	57,58	76,32	32,55
M	1958	78	175	25,47	5	5 x 70	3 x 97,5	80	105,41	31,76
M	1959	85	176	27,44	6	4 x 75	9 x 70	83,33	90,32	8,39
M	1955	83	178	26,2	4	5 x 82,5	5 x 97,5	94,29	111,43	18,18
M	1954	100	187	28,6	6	5 x 80	3 x 97,5	91,43	105,41	15,29
M	1955	84,5	171	28,9	10	5 x 82,5	5 x 97,5	94,29	111,43	18,18
M	1959	79	175	25,8	5	3 x 65	7 x 77,5	70,27	93,94	33,68
M	1957	89	175	29,06	3	3 x 55	3 x 75	59,46	81,08	36,36
M	1958	86,7	176	27,99	7	9 x 47,5	3 x 67,5	61,29	72,97	19,06
M	1959	75,9	178	23,96	6	8 x 72,5	10 x 72,5	90,63	96,67	6,66
M	1954	77,9	172	26,33	4	1 x 65	5 x 72,5	66,67	82,86	24,28
M	1957	85,7	178	27,05	6	4 x 77,5	2 x 92,5	86,11	97,37	13,08
W	1954	72	168	25,51	8	5 x 40	4 x 42,5	45,71	47,22	3,30
W	1954	58,4	160	22,81	4	7 x 40	2 x 47,5	48,48	50	3,14
W	1956	66	175	21,55	2	6 x 40	3 x 40	47,06	43,24	-8,12
W	1951	61,5	172	20,79	5	4 x 35	4 x 40	38,89	44,44	14,27
W	1951	73,5	161,5	28,18	6	5 x 45	4 x 52,5	51,43	58,33	13,42
W	1957	72,5	160	28,32	12	9 x 40	8 x 52,5	51,61	65,63	27,17
W	1960	79,5	170	27,5	7	3 x 52,5	7 x 52,5	56,76	63,64	12,12
W	1951	66	175	21,55	6	5 x 40	4 x 40	45,71	44,44	-2,78
W	1950	62,3	170	21,87	7	4 x 45	6 x 47,5	50	55,88	11,76
W	1953	61,7	162	23,8	6	5 x 40	4 x 42,5	45,71	47,22	3,30
W	1959	79	165	29,02	6	8 x 35	5 x 42,5	43,75	48,57	11,02
W	1952	55,7	163	20,96	6	5 x 35	8 x 40	40	50	25,00
W	1960	61	167	21,87	6	5 x 42,5	3 x 50	48,57	54,05	11,28
W	1960	76	173	25,39	11	4 x 52,5	4 x 55	58,33	61,11	4,77
W	1957	73,5	169	25,73	8	2 x 50	3 x 50	52,63	54,05	2,70
W	1958	66	167	23,67	3	5 x 40	5 x 40	45,71	45,71	0,00
W	1959	67	161	25,85	8	6 x 35	8 x 35	41,18	43,75	6,24
W	1959	62	164	23,05	7	5 x 35	7 x 40	40	48,49	21,23
W	1957	65,5	170	22,66	4	6 x 40	6 x 45	47,06	52,94	12,49
W	1960	59	155	24,56	5	3 x 42,5	4 x 60	45,95	66,67	45,09

Tabelle 15: CHEST PRESS: Geschlecht, Geburtsjahr, Körpergröße, Körpergewicht, BMI, durchschnittliche Anwesenheit pro Monat, 1 Krafttest, 2 Krafttest, one repetition maximum vom ersten Test, one repetition maximum vom zweiten Test, Verhältnis erster zum zweiten Test

m/w	Geb.	kg	Cm	BMI	Ø AW	1KT	2 KT	1 RM	2 RM	Verhä %
M	1952	85	175	27,76	10	7 x 47,5	8 x 50	57,58	62,5	8,54
M	1955	90	176	29,05	8	6 x 50	5 x 85	58,82	97,14	65,15
M	1959	85	176	27,44	7	9 x 42,5	5 x 45	54,84	51,43	-6,22
M	1958	83,2	172	28,22	7	7 x 45	2 x 65	54,55	68,42	25,43
M	1960	90	175	29,39	5	6 x 57,5	7 x 67,5	67,65	81,82	20,95
M	1955	98	183	29,63	3	9 x 50	4 x 75	64,52	83,33	29,15
M	1955	83	183	24,78	8	2 x 42,5	9 x 42,5	44,74	54,84	22,57
M	1953	80	166	29,03	6	4 x 40	4 x 52,5	44,44	58,33	31,26
M	1958	78	175	25,47	5	6 x 45	5 x 62,5	52,94	71,43	34,93
M	1959	85	176	27,44	6	4 x 57,5	5 x 60	63,89	68,57	7,33
M	1955	83	178	26,2	4	7 x 52,5	8 x 57,5	63,64	71,88	12,95
M	1954	100	187	28,6	6	7 x 50	2 x 60	60,61	63,16	4,21
M	1955	84,5	171	28,9	10	5 x 52,5	9 x 67,5	60	87,1	45,17
M	1959	79	175	25,8	5	3 x 52,5	7 x 55	56,77	66,67	17,44
M	1957	89	175	29,06	3	7 x 35	1 x 52,5	42,42	53,85	26,94
M	1958	86,7	176	27,99	7	10 x 25	4 x 45	33,33	50	50,02
M	1959	75,9	178	23,96	6	5 x 50	7 x 62,5	57,14	75,76	32,59
M	1954	77,9	172	26,33	4	1 x 47,5	4 x 55	48,72	61,11	25,43
M	1957	85,7	178	27,05	6	4 x 55	5 x 62,5	61,11	71,43	16,89
W	1954	72	168	25,51	8	4 x 17,5	4 x 20	19,44	22,22	14,30
W	1954	58,4	160	22,81	4	1 x 25	2 x 27,5	25,64	28,95	12,91
W	1956	66	175	21,55	2	3 x 20	2 x 22,5	21,62	23,68	9,53
W	1951	61,5	172	20,79	5	7 x 20	5 x 27,5	24,24	31,43	29,66
W	1951	73,5	161,5	28,18	6	5 x 27,5	7 x 27,5	31,43	33,33	6,05
W	1957	72,5	160	28,32	12	6 x 25	8 x 32,5	29,41	40,63	38,15
W	1960	79,5	170	27,5	7	6 x 32,5	5 x 37,5	38,24	42,86	12,08
W	1951	66	175	21,55	6	9 x 12,5	4 x 22,5	16,13	25	54,99
W	1950	63,2	170	21,87	7	4 x 22,5	8 x 27,5	25	34,38	37,52
W	1953	61,7	162	23,8	6	6 x 22,5	7 x 27,5	26,47	33,33	25,92
W	1959	79	165	29,02	6	3 x 22,5	4 x 25	24,32	27,78	14,23
W	1952	55,7	163	20,96	6	8 x 17,5	8 x 22,5	21,88	28,13	28,56
W	1960	61	167	21,87	6	4 x 25	9 x 25	27,78	32,26	16,13
W	1960	76	173	25,39	11	10 x 20	6 x 27,5	26,67	32,35	21,30
W	1957	73,5	169	25,73	8	7 x 25	7 x 30	30,3	36,36	20,00
W	1958	66	167	23,67	3	5 x 25	1 x 25	28,57	25,64	-10,26
W	1959	67	161	25,85	8	7 x 7,5	10 x 17,5	9,1	23,33	156,37
W	1959	62	164	23,05	7	9 x 20	7 x 22,5	25,81	27,27	5,66
W	1957	65,5	170	22,66	4	3 x 25	2 x 25	27,03	26,32	-2,63
W	1960	59	155	24,56	5	6 x 30	5 x 40	35,3	45,71	29,49

# LEBENS LAUF

## **Persönliche Daten**

Name	Ines Bauer
Geburtstag, -ort	01.Mai 1982, Wels
Familienstand	ledig
Staatsbürgerschaft	Österreich
Religion	römisch-katholisch
Eltern	Bauer Gabriele, Buchhalterin Bauer Christian, ÖBB Beamter

## **Schul Ausbildung**

1988 – 1992	Volksschule 9, Vogelweide
1992 – 1996	Sporthauptschule Perna u
1996 – 2001	Handelsakademie 2 Wels
2001 – 2002	Studium Meeresbiologie
2003 – 2007	Bakkalaureat Gesundheitssport
03. 2007	Magisterstudium Sportwissenschaften

## **Berufspraktikum**

Sportmassage beim FC Wels (Frauenfußball)  
Kinderbetreuung bei Familienwochen  
Hollabrunn Fußballakademie  
mediFIT Kreuzschwestern Wels

**Berufstätigkeit**

Schullehrerin in Saalbach

mediFIT Kreuzschwestern Wels

Kursleiterin für Rückentraining

**Zusatzqualifikationen**

2003	Schullehrerausbildung
2004	Fitness- & Aerobicausbildung
2005	Klassische Massage
2006	Vorbereitungskurs Sportmassage
2007	Sportmassage
2008	Akupunktmassage, Fußreflexzonenmassage, Dorn-Breuss, Lymphdrainage

**Fremdsprachen**

Englisch	sehr gut
Spanisch	Grundkenntnisse
Französisch	Grundkenntnisse