

# Magisterarbeit

Titel der Magisterarbeit

„Belastungsprofil zweier Generationen in einem Kraft-  
Ausdauer- Zirkeltraining“

Band 1 von 1 Band

Verfasserin

Birgit Brandstetter, Bakk. rer. nat.

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, März 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Magisterstudium Sportwissenschaft

Betreuer:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschann

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>9</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>10</b>
<b>Vorwort</b> ... ..	<b>11</b>
<b>Abstract</b> ... ..	<b>13</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>15</b>
<b>1 Hintergrund</b> .....	<b>17</b>
<b>2 Einleitung</b> .....	<b>20</b>
2.1 Koordinationstraining .....	20
2.2 Krafttraining .....	22
2.2.1 Pausenlänge .....	23
2.2.2 Anzahl der Sätze .....	24
2.2.3 Frequenz .....	24
2.3 Ausdauertraining .....	27
<b>3 Leistungsdiagnostik</b> .....	<b>32</b>
3.1 Spiroergometrie .....	34
3.1.1 Stoffwechsel .....	34
3.1.1.1 VO <sub>2max</sub> beim Kraft- und Zirkeltraining .....	35
3.1.2 Energieverbrauch .....	36
3.1.2.1 Energiespeicher im Körper .....	38
3.1.3 Indirekte Kalorimetrie .....	40
3.1.3.1 Grundumsatz .....	41
3.1.3.2 Nahrungsinduzierte Thermogenese .....	42
3.1.3.3 Bewegungsabhängige Thermogenese .....	43

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

3.1.3.4	Adaptive Thermogenese .....	44
3.1.4	Normwerte für maximale Leistung bei Fahrradergometrie .....	45
3.1.5	Maximale Sauerstoffaufnahme .....	45
3.1.5.1	Normwerte für die $VO_{2max}$ .....	46
3.1.5.2	Schwellenkonzept .....	47
3.1.5.3	Aerobe Schwelle .....	47
3.1.5.4	Anaerobe Schwelle .....	48
3.1.6	Laktat.....	49
3.1.6.1	Ruhelaktat .....	50
3.1.6.2	Laktatverlauf während Belastung .....	50
3.1.6.3	Laktatverlauf bei Erholung .....	51
3.1.7	Herzfrequenz.....	51
3.1.7.1	Ruheherzfrequenz .....	51
3.1.7.2	Maximale Herzfrequenz.....	51
3.1.7.3	Erholungsherzfrequenz .....	52
3.1.8	Blutdruckverhalten.....	52
3.2	Trainingsbereiche.....	53
3.2.1	Kompensationsbereich (KB).....	53
3.2.2	Grundlagenausdauerbereich (GA) .....	53
3.2.2.1	Grundlagenausdauerbereich 1 .....	54
3.2.2.2	Grundlagenausdauerbereich 2.....	54
3.2.3	Entwicklungsbereich (EB) .....	54
3.2.4	Spitzenbereich.....	55
<b>4</b>	<b>Forschungsfragen und Hypothesen.....</b>	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>Methode und Ziel der Studie .....</b>	<b>58</b>
5.1	Hintergrund .....	58
5.2	Ziel .....	58

5.3	Testmethode: „LIFE“- Trainingsprinzip mittels Easy Line Zirkel .....	58
5.3.1	kardiovaskuläre Veränderungen und Steigerung der Kraft.....	60
5.3.2	Energieverbrauch und EPOC .....	63
<b>6</b>	<b>Methodische Durchführung .....</b>	<b>66</b>
6.1	Studiendesign .....	66
6.2	Ein- und Ausschlusskriterien .....	66
6.3	Teilnehmerinnen .....	67
6.4	Protokoll.....	68
6.4.1	Laboruntersuchung .....	68
6.4.1.1	Aufklärung und Anamnese .....	68
6.4.1.2	Ergometrische Ausbelastung .....	69
6.4.2	Feldtest.....	70
6.4.2.1	Testeinweisung .....	70
6.4.2.2	Easy- Line- Zirkel .....	71
<b>7</b>	<b>Datenverarbeitung und Auswertung.....</b>	<b>74</b>
7.1	Datenaufzeichnung.....	74
7.2	Auswertungsmethode.....	74
7.3	Ergebnisse .....	75
7.3.1	Labor.....	75
7.3.1.1	Unterschiede zwischen Jung und Alt.....	75
7.3.1.1.1	Ergebnisse an der aeroben Schwelle (AT).....	75
7.3.1.1.2	Ergebnisse an der anaeroben Schwelle (AnS) .....	76
7.3.1.1.3	Maximale Ergebnisse .....	78
7.3.2	Easy- Line- Zirkel .....	79
7.3.2.1	Unterschied zwischen Jung und Alt.....	79
7.3.2.1.1	Kardiologische Faktoren .....	79
7.3.2.1.2	Respiratorische Faktoren .....	80

7.3.2.1.3	Energieverbrauch .....	80
7.3.2.1.4	Aufteilung des Energieverbrauchs .....	81
7.3.2.1.5	Laktat .....	82
7.3.2.2	Unterschiede zwischen Langsam und Schnell .....	83
7.3.2.2.1	Kardiologische Faktoren .....	83
7.3.2.2.2	Respiratorische Faktoren .....	85
7.3.2.2.3	Energieverbrauch .....	87
7.3.2.2.4	Aufteilung des Energieverbrauchs .....	89
7.3.2.2.5	Laktat.. .....	93
7.3.2.3	Unterschiede zwischen „Jung langsam“ und „Jung schnell“ bzw. zwischen „Alt langsam“ und „Alt schnell“ .....	94
<b>8</b>	<b>Bearbeitung der Forschungsfragen.....</b>	<b>96</b>
<b>9</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>97</b>
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>100</b>
<b>11</b>	<b>Erklärung.....</b>	<b>101</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>102</b>
	PAR- Q.....	102
	Fragebogen .....	103
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>105</b>
	Zeitschriften.....	105
	Internet.....	119
	Bücher.....	120
	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>122</b>

## Abkürzungsverzeichnis

ACSM	American College of Sports Medicine= amerikanisches Kolleg der Sportmedizin
AT	anaerobic threshold= anaerobe Schwelle
Bpm	beats per minute= Schläge pro Minute
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
cm	Zentimeter
EKG	Elektrokardiographie
EPOC	excess postexercise oxygen consumption= Sauerstoffaufnahme nach Belastung
EVcalds	durchschnittlicher Energieverbrauch in kcal
EVcalge	Gesamt- Energieverbrauch in kcal
EVcalma	maximale Energieverbrauch in kcal
Feds	durchschnittlicher Fettverbrauch
Feges	gesamter Fettverbrauch
Femax	maximaler Fettverbrauch
GU	Grundumsatz
HDL	High- density- lipoprotein= Fettproteine mit hoher Dichte
HEX	high- intensity- exercise= hoch intensive Übungen
Hf	Herzfrequenz
Hfds	durchschnittliche Herzfrequenz
Hf <sub>max</sub>	maximale Herzfrequenz
HMV	Herzminutenvolumen
H <sub>0</sub>	Nullhypothese
H <sub>1</sub>	Alternativhypothese
IAS	individuelle anaerobe Schwelle
kcal	Kilo- Kalorien

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

KHds	durchschnittliche Kohlenhydratoxidation
KHges	Gesamt- Kohlenhydratoxidation
KHmax	maximale Kohlenhydratoxidation
KHK	Koronare Herz- Krankheiten
kJ	Kilojoule
LDL	Low- density- lipoprotein= niedrig dichte Fettproteine
LEX	low- intensity- exercise= niedrig intensive Übungen
LTP <sub>1</sub>	1. Lactate turn point= erster deutlicher Anstieg des Laktats
Max Lass	maximales Laktat- Steady- State= maximales Laktat Gleichgewicht
MET	metabolisches Äquivalent
METds	durchschnittliches metabolisches Äquivalent
METmax	maximales metabolisches Äquivalent
ml/ min/ kg	Milliliter pro Minute pro Kilogramm
mmHg	Millimeter Quecksilber
Mrd	Milliarden
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
Pab	absolute Leistung
PACE	Progressive accommodating circuit exercise= progressives entgegenkommendes Zirkeltraining
PAL	Physical activity level= körperlicher Aktivitätslevel
PAR- Q	Physical activity readiness questionnaire= körperlicher Aktivitäts- Fragebogen
PE	pre- exhaustion= Vor- Ermüdung
P <sub>max</sub>	maximale Leistung
Pmaxrel	maximale relative Leistung
Prel	relative Leistung
PWC	physical work capacity= Arbeitskapazität
RCP	respiratory compensation point= Atemkompensationspunkt
RER	respiratory exchange ratio= Verhältnis zwischen Kohlendioxidabgabe und Sauerstoffaufnahme

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

(1)RM	(1) repetition maximum= Intensität mit der gerade noch 1 Wiederholung geschafft wird
ROM	Range of motion= Bewegungsreichweite
RQ	respiratorischer Quotient
U/ min	Umdrehungen pro Minute
Wh	Wiederholung
VE	Atemminutenvolumen (l/ min)
Vol	Volum
VO <sub>2LT</sub>	Sauerstoffaufnahme an der anaeroben Schwelle
VO <sub>2max</sub>	maximale Sauerstoffaufnahme
VO <sub>2dsab</sub>	durchschnittliche absolute Sauerstoffaufnahme
VO <sub>2dsre</sub>	durchschnittliche relative Sauerstoffaufnahme
VO <sub>2maxab</sub>	maximale absolute Sauerstoffaufnahme
VO <sub>2maxre</sub>	maximale relative Sauerstoffaufnahme
ÖISM	Österreichisches Institut für Sportmedizin
% Hfmax	Prozentanteil der individuellen maximalen Herzfrequenz
% KHmax	Prozentanteil der Kohlenhydratoxidation vom gesamten Energieverbrauch
% Femax	Prozentanteil der Fettoxidation vom gesamten Energieverbrauch
% Pmax	Prozentanteil der individuellen maximalen Leistung
% VO <sub>2max</sub>	Prozentanteil der individuellen maximalen Sauerstoffaufnahme
% VO <sub>2maxab</sub>	Prozentsatz der individuellen maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme

## Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Bevölkerungspyramide 2010- Österreich</i> .....	17
<i>Abbildung 2: Darstellung des Verhaltens der Atemgasparameter sowie der Blutlaktatkonzentration entsprechend der Dreiphasigkeit der Energiebereitstellung</i> .....	34
<i>Abbildung 3: Belastungsintensität und Substratverbrauch</i> .....	39
<i>Abbildung 4: Belastungsdauer und Substratverbrauch- in dieser Grafik 4 Stunden bei 65 % VO<sub>2max</sub></i> .....	40
<i>Abbildung 5: Laktatleistungskurve- Trainingsbereiche</i> .....	53
<i>Abbildung 6: Spiroergometrie</i> .....	69
<i>Abbildung 7: tragbare Spiroergometrie</i> .....	71
<i>Abbildung 8: Blutabnahme am Ohr</i> .....	72
<i>Abbildung 9: Laktatmessung</i> .....	72
<i>Abbildung 10: 1. Zirkelrunde- 1 Step</i> .....	73
<i>Abbildung 11: 2. Zirkelrunde- 2 Step</i> .....	73
<i>Abbildung 12: Vergleich der Hfmax zwischen Jung &amp; Alt</i> .....	80
<i>Abbildung 13: Vergleich der Hfmax zwischen langsam &amp; schnell</i> .....	84
<i>Abbildung 14: Vergleich der Hfmax zwischen langsam &amp; schnell</i> .....	84
<i>Abbildung 15: Absolute Sauerstoffaufnahme- Vergleich zwischen langsamer &amp; schneller Runde</i> .....	86
<i>Abbildung 16: Energieverbrauch- Unterschied zwischen langsam &amp; schnell</i> .....	88
<i>Abbildung 17: Durchschnittlicher maximaler Energieverbrauch- Vergleich zwischen langsam &amp; schnell</i> .....	89
<i>Abbildung 18: Aufteilung des Energieverbrauchs- Unterschied zwischen langsam &amp; schnell</i> .....	91

„Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.“

## **Tabellenverzeichnis**

<i>Tabelle 1: Eigenschaften der Gruppen</i> .....	67
<i>Tabelle 2: Laborergebnisse- aerobe Schwelle (AS)</i> .....	76
<i>Tabelle 3: Laborergebnisse- anaerobe Schwelle (AnS)</i> .....	77
<i>Tabelle 4: Laborergebnisse- maximal</i> .....	78
<i>Tabelle 5: Kardiologische Werte- Unterschied zwischen Jung &amp; Alt</i> .....	79
<i>Tabelle 6: Aufteilung des Energieverbrauchs- Vergleich Jung &amp; Alt</i> .....	82
<i>Tabelle 7: Kardiologische Werte- Unterschied zwischen langsam &amp; schnell</i> .....	83
<i>Tabelle 8: Respiratorische Werte- Unterschied zwischen langsam &amp; schnell</i> .....	86
<i>Tabelle 9: Energieverbrauch- Unterschied zwischen langsam &amp; schnell</i> .....	88
<i>Tabelle 10: Aufteilung des Energieverbrauchs- Vergleich langsam &amp; schnell bei „Gruppen zusammen“</i> .....	92
<i>Tabelle 11: Aufteilung des Energieverbrauchs- Vergleich langsam &amp; schnell bei „Gruppen getrennt“</i> .....	95

## **Vorwort**

Die Idee zur Durchführung der Studie im Rahmen der vorliegenden Magisterarbeit entstand durch die Arbeit im „LIFE“. LIFE war ein Fitnessstudio für ältere Damen und Herren, das neben dem Mrs. Sporty- Trainingszirkel besonderen Wert auf koordinatives Krafttraining gelegt hat. Zur Verfügung standen einige Utensilien wie Sling Line, Pezziball, Gymnastikbälle, MFT- Platten, Freihanteln und vieles mehr.

Während meiner Trainertätigkeiten beobachtete ich viele Damen bei der Ausführung ihrer Zirkelrunden. Mir fiel auf, dass sowohl sehr eifrige als auch sehr träge Damen trainieren kamen. Einige wenige Teilnehmerinnen waren derart motiviert, dass sie innerhalb der 30 Sekunden ungefähr 20- 25 Wiederholungen absolviert haben, der Großteil wählte eine, der Atmung angemessene Geschwindigkeit, und viele Probandinnen führten die Übungen trotz Animation so langsam aus, dass ich dachte, dass das Training bei ihnen keine Wirkung zeigen könnte. Ich habe selbst bei dem Zirkeltraining ein paar Mal mitgemacht und habe mir die Frage gestellt ob diese Trainingsform wirklich so effektiv ist wie es laut einer Studie von Elmar Trunz- Carlisi in Zusammenarbeit mit der Mrs. Sporty- Kette (Mrs. Sporty Clubs, Trunz- Carlisi & Fit for Fun, 2007) angepriesen wird. Ich habe an mir beobachtet, dass ich mit hoher Bewegungsgeschwindigkeit arbeiten muss, damit ich das Training „spüre“. Nach reiflicher Beobachtung kam die Frage auf: „Ist das Training für mich genauso wirksam wie für ältere Menschen? Muss ich mehrere Runden absolvieren damit ich die gleiche Wirkung erziele? Oder muss ich die Übungen schneller durchführen? Steigt mein Energieverbrauch durch dieses Training überhaupt an?“. Viele Fragen, die aufgrund durchgeführter Studien (Mosher et al., 1994; Kaikkonen et al., 1999; Jürimäe et al., 2000; Hazley et al., 2010; Harber et al., 2004; Grier et al., 2002) nicht beantwortet werden konnten, da nur einzelne Aspekte beleuchtet wurden, bleiben offen.

Nach Gesprächen mit etlichen Kundinnen, die sich über ihr Gewicht oder ihre Figur beklagt haben und mit dem Training genau diese Ziele erreichen wollten, stellte sich für mich die Frage, ob das Trainingsprinzip von „LIFE“ und ähnlichen Fitnessketten, zu den gewünschten Effekten führt.

Ich möchte mich an dieser Stelle zuerst noch bei meinem Betreuer Ass.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan und MTF Alfred Nimmerrichter für ihre Unterstützung bei den Untersuchungen und den Labortests sowie für die Hilfe bei der Auswertung bedanken. Ebenso gilt ein großer Dank meiner Schwester, meiner Mutter, meinen Tanten und den restlichen Probandinnen, ohne deren Hilfe ich meine Studie nie hätte so schnell durchführen und keine neuen Erkenntnisse hätte sammeln können.

## **Abstract**

**Background:** Circuit based workout using resistance exercise devices is currently recommended and widely used to improve aerobic capacity, muscular strength and endurance but specifically to improve body composition. Little is known how different workout intensities during circuit training will influence anthropometric and physiological parameters generally and energy cost specifically.

**Purpose:** The aim of the present study therefore was to analyze the oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ), the heart rate (HR) and the energy expenditure (EE) during circuit-based workout exercise sessions and assess differences on these physiological variables when performing the same circuit at two different cadences (low-intensity versus high-intensity) in middle aged (50-60 yrs) and young women (20-30 yrs).

**Methods:** The sample of this pilot study comprised 10 apparently healthy female subjects (5 middle-aged and 5 young) who initially performed a graded exercise test on a cycle ergometer until exhaustion in a laboratory to determine maximal oxygen consumption and heart rate. Within the following 2 weeks they performed a standardized circuit training (Easy-Line) on resistance exercise devices (30 seconds/station) using two different intensities allowing either 12 or 15 repetitions. Oxygen consumption was measured breath- by- breath using a portable gas analyser, heart rate was recorded continuously and blood lactate was measured before and after the workout. Comparisons were made between low and high- intensity workouts as well as between age groups. The level of significance was ( $p < 0.05$ ).

**Results:** Age-effects in the current sample have been observed for maximum heart rate ( $p = 0.008$ ) and carbohydrate utilization ( $p = 0.015$ ) during the circuit training. There was a significant effect of intensity performing this circuit training. Maximal heart rate ( $p < 0.001$ ), percentage of  $\text{HR}_{\text{max}}$  ( $p < 0.001$ ), maximal oxygen consumption ( $p = 0.001$ ), percentage of maximal oxygen consumption ( $p = 0.001$ ), total energy expenditure ( $p < 0.001$ ) and carbohydrate utilization ( $p < 0.001$ ) were significantly lower performing exercises slowly, whereas total fat utilization ( $p = 0.004$ ) was significantly higher during slow- intensity exercise.

**Conclusion:** It is concluded that both exercise modes can improve cardiovascular and muscular fitness in middle-aged and young women. However, when prescribing this type of exercise the instructor should be aware that increasing cadence in circuit type of

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

exercise will result in a significant increase in energy cost and physiological demands whereas total fat consumption will be significantly higher at low intensities.

*Keywords: circuit training, energy consumption, exercise intensity, body composition*

## **Kurzfassung**

**Hintergrund:** Zirkeltraining, basierend auf Kräftigungsübungen, ist empfehlenswert und wird zur Verbesserung der aerobe Kapazität, der Muskelkraft und der Ausdauer aber vor allem zur Verbesserung der Körperkomposition eingesetzt. Bis jetzt weiß man wenig über die Wirkung unterschiedlicher Intensitäten auf anthropometrische und physiologische Parameter und den Energieverbrauch.

**Ziel:** Das Ziel der vorliegenden Studie war die maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ ), die Herzfrequenz (Hf) und den Energieverbrauch (EV) während eines Zirkeltrainings zu analysieren und die Unterschiede eben dieser physiologischen Variablen während des Zirkeltrainings bei 2 unterschiedlichen Geschwindigkeiten (niedrige Intensität versus hohe Intensität) bei älteren (50- 60 Jahre) und jungen Damen (20- 30 Jahre) zu messen.

**Methode:** Die Testgruppe dieser Pilotstudie bestand aus 10 gesunden weiblichen Personen (5 Damen in mittleren Jahren, 5 junge Damen), die zu Beginn eine Fahrradergometrie bis zur Erschöpfung im Labor absolviert haben um die maximale Sauerstoffaufnahme und die Herzfrequenz zu bestimmen. Innerhalb der nächsten 2 Wochen fand das standardisierte Zirkeltraining (Easy- Line) an den Kraftgeräten (30 Sekunden/ Station) mit zwei unterschiedlichen Intensitäten, die 12 bzw. 15 Wiederholungen erlaubten, statt. Die Sauerstoffaufnahme wurde Atemzug für Atemzug durch eine tragbare Spiroergometrie gemessen, die Herzfrequenz wurde durchgehend aufgezeichnet und das Blutlaktat wurde vor und nach dem Test gemessen. Die Daten der gemessenen Parameter wurden einerseits zwischen niedriger und hoher Intensität andererseits zwischen den Altersgruppen statistisch verglichen. Das Signifikanzniveau war ( $p < 0,05$ ).

**Ergebnis:** In der vorliegenden Studie konnten nur bei der maximalen Herzfrequenz ( $p = 0,008$ ) und der Kohlenhydrataufnahme ( $p = 0,015$ ) Unterschiede zwischen den Altersgruppen beobachtet werden. Beim Vergleich der Intensitäten fielen signifikante Unterschiede auf. Bei der maximalen Herzfrequenz ( $p < 0,001$ ), dem Prozentsatz der  $Hf_{max}$  ( $p < 0,001$ ), der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $p = 0,001$ ), dem Prozentsatz der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $p = 0,001$ ), dem totalen Energieverbrauch ( $p < 0,001$ ) und dem Kohlenhydratverbrauch ( $p < 0,001$ ) konnten in der langsamen Runde

signifikant niedrigere Werte beobachtet werden, wohingegen der totale Fettverbrauch ( $p= 0,004$ ) in der langsamen Runde signifikant höher war als in der schnellen.

**Konklusio:** Zusammenfassend kann man sagen, dass beide Formen des Trainings die kardiovaskuläre und muskuläre Ausdauer bei Damen im mittleren und jungen Alter verbessern. Man sollte sich bei dieser Form des Zirkeltrainings bewusst sein, dass bei einer Steigerung der Bewegungsgeschwindigkeit der Energieverbrauch und die physiologischen Faktoren signifikant ansteigen, der totale Fettverbrauch jedoch bei niedrigen Intensitäten signifikant höher ist.

*Schlüsselwörter:           Zirkeltraining,           Energieverbrauch,           Intensität,  
Körperzusammensetzung*

## 1. Hintergrund

Da aus einer Studie von 2009 hervorgeht, dass sich die Zahl an übergewichtigen Kindern in den Jahren zwischen 1960- 1990 verdreifacht, und die der übergewichtigen Erwachsenen verdoppelt hat (Tjonna et al., 2009), die Lebenserwartung seit 1840 jedes Jahr steigt, und sich die Zahl der über 75- jährigen in den Industrieländern kontinuierlich erhöht (Wieser & Haber, 2007) wohingegen die Zahl der Neugeborenen seit dem Baby- Boom in den 60er Jahren sinkt (Statistik Austria- Die Informationsmanager, 2010) kann man den Schluss ziehen, dass die Bevölkerung sowohl immer dicker als auch immer älter wird (Groscurth, Vetter & Suter, 2003).

Bereits heute sind 38 % aller Österreicherinnen und Österreicher 50 Jahre oder älter (Mediafacts- ORF Enterprise, 2004). Aufgrund der steigenden Lebenserwartung erhöht sich auch die Zahl an degenerativen Erkrankungen, Krankheiten des muskulären und des skelettalen Systems (Evans, 1999, S. 12).

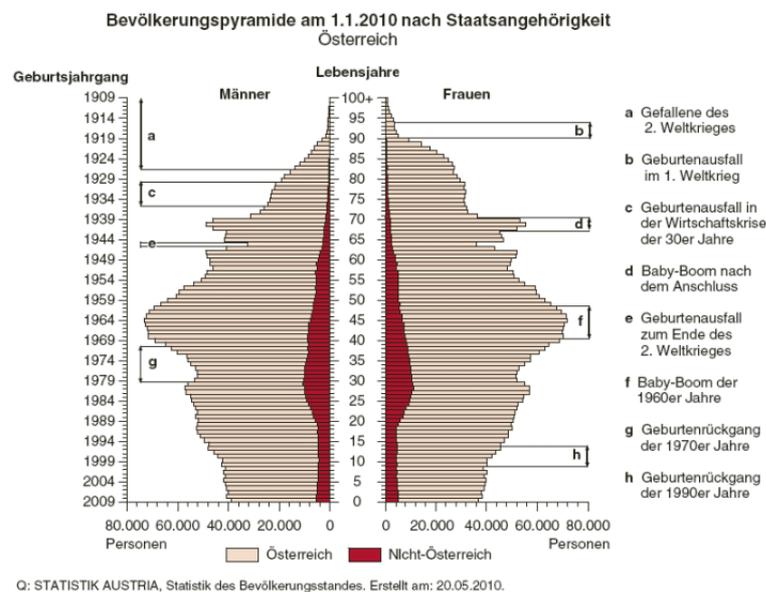


Abbildung 1: Bevölkerungspyramide 2010- Österreich (Quelle: Statistik Austria, 2010)

Um den auftretenden Problemen im Alter, wie die Erhöhung der Sturzrate (Industrieländer: stürzt jede/ r dritte über 65 und jede/ r zweite über 80 (Meusel, 2007)) und das Auftreten altersbedingter Veränderungen, und jenen in der Jugend, wie zum Beispiel die gesteigerte Zahl an übergewichtigen Kindern, Einhalt zu gebieten, sollten die Veränderungen durch ein individuell angepasstes und ausgewogenes Training verlangsamt bzw. gestoppt werden.

Die Studie von Fjeldstad et al. (2008) zeigt, dass Übergewicht die Sturzrate bei älteren Menschen erhöht. Man kann annehmen, dass einige Veränderungen schon in der Kindheit ihren Anfang nehmen und bis ins hohe Alter nicht mehr behoben werden können. Daher sollte schon in frühen Jahren ein Ansatz gefunden werden um diese Probleme im Alter zu verhindern. Dieser sieht laut Studien ein individuell angepasstes und vielfältiges Sportprogramm, bestehend aus Kraft-, Ausdauer-, Beweglichkeits- und Koordinationskomponenten vor (Cress et al., 2004).

Ein häufiger Grund, weshalb ein Training begonnen wird, stellt der Wunsch nach Gewichtsreduktion dar. Zahlreiche Studien (Achten, Gleeson & Jeukendrup, 2002; Chenevière, Borrani, Ebenegger, Gojanovic & Malatesta, 2009; Manetta, Brun, Prefaut & Mercier, 2005) haben sich mit der höchsten Fettverbrennungsrate, der Fettverbrennungszone, der Oxidation der verschiedenen Nährstoffe und der Oxidation an der aeroben und der anaeroben Schwelle befasst. Dabei spielt eine Belastung im Bereich der Intensität der höchsten Fettverbrennung nicht nur für Übergewichtige eine Rolle sondern auch für Ausdauersportler, die den Fettstoffwechsel im Grundlagenbereich optimieren wollen (Knechtle & Bircher, 2005). Die Oxidation der einzelnen Nährstoffe kann anhand der indirekten Kalorimetrie berechnet werden. Anhand dieser Werte kann ein optimales Training zur Gewichtsreduktion oder zur Verbesserung des Trainingszustandes erstellt werden.

Vor der Trainingsgestaltung sollten die bekanntesten degenerativen, altersbedingten Veränderungen wie der höhere Blutdruck, die geringere maximale Herzfrequenz, das instabilere Gleichgewicht (Mazzeo et al., 1998), die geringere lokale Muskelausdauer (Lexell, Taylor & Sjostrom, 1988), der geringerer ROM<sup>1</sup> in Knie und Hüfte, die geringere Knochendichte und Körpergröße (Asikainen, Kukkonen- Harjula & Miilunpalo, 2004), die Einschränkung des visuellen Feldes, Hörprobleme, Gleichgewichtsprobleme (Maki et al., 2008) und Sarkopenie, sprich Muskelschwäche

---

<sup>1</sup> ROM= Range of motion= Bewegungsweite

bzw. Muskelschwund, beachtet werden. Des Weiteren tritt im Alter eine geringere maximale Sauerstoffaufnahme (Prampero, 1973), eine geringere aerobe Kapazität (Wieser & Haber, 2007), eine geringere Muskelmasse (Lexell, Taylor & Sjostrom, 1988) und Muskelkraft auf.

Die maximale Sauerstoffaufnahme erreicht ihren Höhepunkt im Alter zwischen 15- 20 Jahren und sinkt mit fortschreitendem Alter um 1 % pro Jahr (Åstrand, 1973; Dehn & Bruce, 1972; zitiert nach Franklin, 2000). Die  $VO_{2max}$  liegt bei untrainierten Normalpersonen im Alter zwischen 25- 30 Jahren bei ca. 45 ml/ kg/ min (Prampero, 1973).

Die aerobe Kapazität erreicht ihr Maximum im Alter von 25 Jahren und liegt bei Frauen um 20 % niedriger als bei Männern. Im Alter verlieren Männer jedoch 10 % pro Dekade wohingegen Frauen nur 7 % pro Dekade einbüßen. Somit haben beide Geschlechter im Alter von ca. 75 Jahren den gleichen Status erreicht (Wieser & Haber, 2007).

Die Muskelmasse erreicht im Alter von 24 Jahren ihren Höhepunkt (Lexell et al., 1988) und sinkt zwischen der 3.- 8. Lebensdekade um 30- 40 %. Dies bewirkt eine Abnahme der Maximal- und der Schnellkraft (Huonker, Schmidt- Trucksäß, Heiss & Keul, 2000). Die Zahl der Typ II- Fasern<sup>2</sup> sinkt von 60 % in jungen Jahren auf unter 30 % bei über 80- jährigen. Die Zahl der Typ I- Fasern<sup>3</sup> zeigt zwischen 20- 80 Jahren keine Veränderungen (Deschenes, 2004).

Die Kraft erreicht ihr Maximum im Alter von 30 Jahren und sinkt im Alter von 60- 70 Jahren um ca. 15 % pro Dekade, danach um 30 % (Larsson, Grimby & Karlsson, 1979; Lindle et al., 1997). Mit fortschreitendem Alter ändert sich zudem die Körperzusammensetzung und der Energie- Metabolismus. Diese Modifikationen inkludieren gesteigerte Zahl an Adipositas, Verlust an Muskelmasse und Veränderungen des Glukose- Metabolismus, die aufgrund des verringerten Energieverbrauches und der geringen sportlichen Tätigkeiten auftreten (Manetta et al., 2005). Die Aktivität des Kohlenhydratstoffwechsels sinkt im Alter sowohl bei moderater als auch bei intensiver Belastung, unabhängig vom Fitnessstatus. Dieser Aktivitätsverlust spielt für trainierte ältere Menschen kaum eine Rolle (Manetta et al., 2005).

---

<sup>2</sup>Typ II- Fasern= Fast- Twitch- Fasern: für Explosionskraft

<sup>3</sup>Typ I- Fasern= Slow- Twitch- Fasern

## **2. Einleitung**

Jegliche Art von Training führt je nach Dauer, Intensität, Frequenz, Trainingszustand, genetischen Potenzials, Alter, Geschlecht, Trainingspausen und Trainingsart (Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit) zu unterschiedlichen körperlichen Anpassungen (Jones & Carter, 2000). Um jene Anpassungen hervorzurufen, die sich günstig auf die körperliche Verfassung des/ der Probanden/ Probandin auswirken, wird ein vielseitiges Programm, bestehend aus den Komponenten Kraft, Ausdauer, Gleichgewicht und Beweglichkeit, empfohlen.

### **2.1. Koordinationstraining**

Das Koordinationstraining spielt besonders in der Prävention und Rehabilitation von Verletzungen eine große Rolle und ist daher in der letzten Zeit immer mehr ins Bewusstsein vieler Trainer gerückt (DiStefano et al., 2009). Während in den späten 70er und 80er Jahren Fitnesstraining vor allem durch Kraft, Ausdauer und Beweglichkeit geprägt wurde, so ist der hohe Stellenwert des Koordinationstrainings seit den 90er Jahren unumstritten (Chwilkowski, 2006). Nicht nur zur Verbesserung sportlicher Leistung, sondern auch aus gesundheitlicher Sicht ist eine gut ausgebildete Haltungs- und Bewegungskoordination sehr wichtig (Chwilkowski, 2006).

Meusel (2007) schreibt, dass gerade im höheren Alter der Gleichgewichtsfähigkeit eine dominierende Rolle bei der Bewegungskontrolle zugeschrieben wird. Diese Aussage wird in der Studie von Dorner, Kranz, Zettl- Wiedner, Ludwig, Rieder und Giesinger (2007) bestätigt. Ursachen und Anlässe der im Alter sich häufenden Stürze zeigen, dass die mit dem Alter zunehmenden funktionellen Einschränkungen und Erkrankungen maßgeblich am Sturzgeschehen beteiligt sind. Die Forschung zeigt jedoch, dass ein maßgeblicher Anteil der Stürze und der damit verbundenen Folgen, im Alter schon durch vielseitige motorische Förderung verhindert werden kann (Meusel, 2007). Dabei nimmt die Erhaltung der Gehfähigkeit und damit verbunden die Verbesserung des dynamischen Gleichgewichts (LaPiere, Bain, Moses& Dunkle, 1996) und die Kräftigung der unteren Extremitäten (Meusel, 2000) eine zentrale Rolle ein. Immobilität aus Gründen der Trägheit, Übergewichtigkeit oder als Folge von Stürzen sollte soweit als möglich vermieden werden, da die Studie von McGuire, Levine, Williamson, Snell, Blomqvist, Saltin & Mitchell (2001) zeigt, dass eine 3- wöchige

Bettlägrigkeit zu höheren Verlusten der  $VO_{2max}$ , des Schlagvolumens und der Arbeitskapazität führt als 30 Jahre Alterung.

Neben dem Krafttraining, das zur muskulären Stabilisierung der Gelenke dient, sind Koordinationsübungen, die das Zusammenspiel verschiedener Muskelgruppen steuern, die beste Prophylaxe gegen typische Verletzungen wie einen Bänderriss nach einem „Umknicken“ im Sprunggelenk oder einer Muskelzerrung bei schnellkräftigen Bewegungen (Chwilkowski, 2006; <http://www.joggen-online.de/lauftraining/sportverletzungen/baenderdehnung.html>, Zugriff am 2. März 2012). Aber auch für die Alltagsmotorik ist eine gut koordinierte Muskelaktivität wichtig, um Schädigungen des Bewegungsapparates durch Haltungsschwächen vorzubeugen (Chwilkowski, 2006). Dahin gehende Präventionsmaßnahmen können sehr viel bewirken, denn ohne entsprechende Übung nimmt die Koordination spätestens mit dem 35. bis 40. Lebensjahr ab (Chwilkowski, 2006). Bestandteile der medizinischen Trainingstherapie sind das Gelenk-, Muskel- und Koordinationstraining, die unter Verwendung apparativer technischer Ausstattung, wie zum Beispiel labile Unterlagen, das Gleichgewicht gezielt stören (Jerosch & Heisel, 2010, S.85). Dabei sollte auf eine wechselseitige Beanspruchung unterschiedlicher Muskelgruppen und auf einen kontinuierlichen Anstieg der Schwierigkeit geachtet werden (Jerosch & Heisel, 2010, S. 83). Altersspezifischen Erkrankungen und einer erhöhten Sturzgefährdung bei Senioren können durch ein gezieltes koordinatives Training entgegengewirkt werden. Gerade für diese im Gesundheitssport stark vertretene Zielgruppe der Senioren ist das medizinische Koordinationstraining von großer Bedeutung, um die Mobilität und damit die Lebensqualität zu erhalten. Bei älteren Frauen mit Osteoporose zeigt sich, dass ein Gleichgewichtstraining 1 Mal pro Woche zu einer Verbesserung des funktionalen und statischen Gleichgewichtes, der Mobilität und der Sturzrate führt (Madureira, Takayama, Gallinaro, Caparbo, Costa & Pereira, 2007).

## 2.2. Krafttraining

Das Krafttraining wurde in den letzten 50 Jahren mit hohem Interesse untersucht und wird als Teil eines gut gestalteten Trainingsprogrammes betrachtet. Es dient vor allem zur Verbesserung der sportlichen Leistung und im Alter hauptsächlich als Prophylaxe von Verletzungen und Krankheiten (Freitas de Salles, Simao, Miranda, da Silva Novaes, Lemos & Willardson, 2009, S.765).

Die wichtigsten Variablen bei einem Krafttraining laut dem American College of Sports Medicine (ACSM) sind: die Belastungsintensität, die Zahl der Sätze, die Anzahl der Wiederholungen, die Pausenlänge zwischen den Sätzen, die Bewegungsgeschwindigkeit und die Art der Übung (ACSM, 2002; ACSM, 2009). Das ACSM empfiehlt für ältere Menschen ein Krafttraining, das an 2 Tagen pro Woche, bestehend aus mindestens 8- 10 Übungen für die größten Muskelgruppen mit mindestens 2- 3 Sätzen (ACSM, 2006) zu je 10- 15 Wiederholungen (nahe der völligen Erschöpfung) absolviert wird (ACSM, 2005). Sforzo und Touey (1996) schlagen aufgrund ihrer Studienergebnisse vor, dass große Muskelgruppen vor den kleinen trainiert werden sollten, da in anderer Reihenfolge die Wiederholungszahl nicht eingehalten werden kann. Dies kann von folgenden Studien (Simao, Farinatti, Polito, Maior & Fleck, 2005; Simao, Fleck, Polito, Viveiros & Farinatti, 2007) nicht bestätigt werden. Sie fanden heraus, dass die Wiederholungszahl sowohl bei den Geräten für kleine als auch große Muskelgruppen, die auf Übungen, die mit einer Intensität des 10 RM<sup>4</sup> oder mit 80 % des 1 RM durchgeführt wurden folgen, nicht eingehalten werden konnte. Aufgrund der Studie von Lemos, Simao, Polito, Salles, Rhea und Alexander (2009) sollte ebenfalls beachtet werden, dass ein Ausdauertraining vor einem Krafttraining kontraproduktiv wirken kann. Lemos et al. (2009) untersuchten die Wirkung zweier unterschiedlich intensiven Ausdauerbelastungen (60 bzw. 80 % der Hf<sub>max</sub>) auf das Krafttraining bei älteren Frauen (~ 74 Jahre). Die Ergebnisse zeigten, dass beide Formen des Ausdauertrainings mit gleicher Dauer, nämlich 20 Minuten, zu einer negativen Beeinflussung der Wiederholungszahl beim Krafttraining führten, wenn diese direkt vor dem Krafttraining ausgeführt wurden. Sollte bei älteren Damen das eigentliche Ziel der Kraftgewinn darstellen, dann sollten das Kraft- und das Ausdauertraining an unterschiedlichen Tagen stattfinden bzw. längere Pausen

---

<sup>4</sup> 10 RM= Gewicht mit dem gerade noch 10 Wiederholungen absolviert werden können

eingehalten werden (Pause zwischen Satz: > 90 Sekunden; Pause zwischen Übung: > 2 Minuten).

Etliche Studien (Freitas de Salles et al., 2009; Willardson & Burkett, 2006; Willardson & Burkett, 2006; Krieger, 2009; Munn, Herbert, Hancock & Gandevia, 2005) haben sich auf die Manipulation der oben genannten Variablen fokussiert um ein besseres Verständnis über die muskulären Charakteristiken zu bekommen.

### 2.2.1. Pausenlänge

Zur Gestaltung des Krafttrainings werden in der Studie von Freitas de Salles et al. (2009) je nach Trainingsziel verschiedene Pausenlängen vorgeschlagen. Die nötige Pausendauer zwischen den Sätzen ist laut Freitas de Salles et al. (2009) sowohl vom Trainingszustand der Trainierenden als auch von den beanspruchten Muskelgruppen abhängig. Es fiel auf, dass bei den Muskelgruppen des Oberkörpers längere Pausen vonnöten waren als bei den Muskeln der unteren Extremitäten.

Willardson & Burkett (2006) halten fest, dass bei einem Kraftausdauertraining (Intensität zu Beginn= 15 RM) die Pause zwischen 20- 60 Sekunden dauern sollte und die Intensität von Satz zu Satz reduziert werden muss, damit die Wiederholungszahl beibehalten werden kann und somit ein Kraftausdauerreiz gesetzt wird.

Um eine Muskelhypertrophie herbeizuführen sollte die Intensität zwischen 50- 90 % des 1 RM liegen und eine Pausenlänge zwischen 3- 5 Minuten eingehalten werden, um die Wiederherstellung des Phosphokreatins zu gewährleisten. Wird die benötigte Zeit zur Wiederherstellung unterschritten, wird die Energie aus dem glykolytischen System geliefert, der intrazelluläre pH- Wert sinkt wodurch die isometrische Kraft und die maximale Geschwindigkeit unterdrückt werden (Larson & Potteiger, 1997). Laut Freitas de Salles et al. (2009), wird eine Hypertrophie am besten durch eine Kombination von kurzen Pausen (30- 60 Sekunden) mit Sätzen mittlerer Intensität erreicht. Dies liegt daran, dass bei kurzen Pausenintervallen mehr Wachstumshormone ausgeschüttet werden.

Die Studie von Goto, Nagasawa und Yanagisawa (2004) untersuchte die akuten als auch die chronischen Folgen verschiedener Trainingskombinationen auf die Freisetzung von Wachstumshormonen. Es wurden drei Trainingsprogramme unterschiedlicher Intensität und verschiedener Pausenlänge miteinander verglichen.

Einerseits wurde mit moderater Intensität und kurzen Pausen (9 Sätze mit 10 RM, 30 Sek. Pause, Reduzierung der Intensität nach jedem Satz), mit hoher Intensität und langen Pausen (5 Sätze mit 90 % des 1 RM, 3 Min. Pause) und eine Kombination aus beiden Programmen (hohe Intensität und einen Satz mit niedriger Intensität nach 30 Sek. Pause) trainiert. Die akuten Folgen, betreffend der Freisetzung der Wachstumshormone, waren beim moderaten Training am wirksamsten wohingegen das kombinierte Training nach vier Wochen die größten Erfolge erzielt.

Das ACSM (ACSM, 2002; ACSM, 2009) empfiehlt zur Steigerung der Kraft:

- 2- 3 Minuten Pause wenn Multigelenksübungen verwendet wurden
- 1- 2 Minuten Pause für eingelenkige Übungen

#### 2.2.2. Anzahl der Sätze

Krieger (2009) zeigt in seiner Studie, dass die Zahl der Sätze eine weitere entscheidende Rolle für die Effektivität eines Krafttrainings darstellt. In der Studie von Krieger (2009) wird angeführt, dass sowohl bei Trainierten als auch Untrainierten durch multiple Sätze 40- 46 % mehr Kraftgewinn erzielt werden kann. Der gesteigerte Kraftgewinn ist bei 4- 6 Sätzen am größten, unabhängig vom Trainingsstatus oder der Trainingsdauer und erreicht nach 4- 6 Sätzen ein Plateau (Krieger, 2009).

#### 2.2.3. Frequenz

In der Studie von Munn, Herbert, Hancock und Gandevia (2005) wird gezeigt, dass die Trainingsgeschwindigkeit ebenso wie die Anzahl der Sätze und die Pausendauer eine wichtige Rolle bei der Gestaltung des Trainings spielt. Auch wenn laut Munn et al. (2005) die Steigerung der Satz- Zahl die größte Wirksamkeit zeigt, darf die Frequenz der Übungen nicht vernachlässigt werden. Des Weiteren wird in dieser Studie angeführt, dass bei höheren Bewegungsgeschwindigkeiten (~140°/ Sek. vs. ~50°/ Sek. dies entspricht 1 Sek. heben und 1 Sek. senken vs. 3 Sek. heben und 3 Sek. senken des Biceps<sup>5</sup>) mehr Gewinne erzielt werden als bei niedrigeren.

---

<sup>5</sup> Biceps= Arm- Beuger

Da im Alter die Kraft sinkt und die Muskelschwäche zu den häufigsten Ursachen von Stürzen und Frakturen zählt, wird ein progressives Krafttraining empfohlen (Rubenstein, 2006; de Rekeneire et al., 2003; Moreland, Richardson, Goldsmith & Clase, 2004; Lord, Ward, Williams & Anstey, 1994). Das Training verändert die Morphologie des Muskels und steigert die Muskel- und die Explosivkraft, welche bei älteren Menschen einen großen Einfluss auf alltägliche Handlungen wie gehen, Treppen steigen oder aus einem Sessel aufstehen, haben. Um bei älteren Menschen mit geringer Knochenmasse das Gleichgewicht zu fördern und das Sturzrisiko zu senken wird ein „high- intensity- training“ (zu Beginn: 2 Sätze, 10- 15 Wh<sup>6</sup>, 50- 60 % des 1 RM, gegen Ende: 2 Sätze, 6- 8 Wh, 75- 85 % des 1 RM) empfohlen (Liu- Ambrose, Khan, Eng, Janssen, Lord & McKay, 2004). Das Krafttraining im Alter sollte aus 8- 10 Übungen zu je 8- 12 Wh bestehen und an 2 Tagen pro Woche absolviert werden (Pollock, Graves, Swart & Lowenthal, 1994). Das Training sollte regelmäßig ohne Abbruch durchgeführt werden, da die gewonnene Kraft bei 83- jährigen Frauen innerhalb eines Jahres wieder verloren geht, wohingegen die antrainierte Kraft bei jungen Menschen ohne Training über dem Ausgangsniveau erhalten bleibt (Morio et al., 2000). Wieser et al. (2007) zeigen, dass es beim Krafttraining nicht darauf ankommt wie viele Einheiten man pro Woche absolviert, sondern die Zahl der Sätze pro Woche die entscheidende Rolle spielt. Schjerve et al. (2008) führen in ihrer Studie an, dass die Fettverbrennung nach einem Krafttraining höher ist als nach einem moderaten Ausdauertraining wohingegen Krafttraining alleine zu keiner signifikanten Verbesserung der  $VO_{2max}$ <sup>7</sup> führt. Wieser et al. (2007) erklären in ihrer Studie den Anstieg der  $VO_{2max}$  nach einem 12- wöchigen Training damit, dass die metabolisch aktive Muskelmasse steigt. Weiteres führt die Studie von Wieser et al. (2007) an, dass schon ein 12- wöchiges Krafttraining alle 4 Wochen zu einem Muskelzuwachs von 1 kg führt. Der Energieverbrauch für 1 Kilogramm Muskelmasse beträgt 0,65 kcal/ Stunde. Dies bedeutet, dass auch in der Trainingsfreien Zeit der Energieverbrauch erhöht ist (Wieser et al., 2007, S. 59). Diese Information spielt für Übergewichtige und auch für Menschen mit dem Ziel der Gewichtsreduktion eine bedeutende Rolle. Nachdem zwar durch Krafttraining Muskelmasse aufgebaut und die Fettverbrennung angeregt wird, aber keine Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme erreicht wird, ist ein kombiniertes Kraft- Ausdauertraining empfehlenswert.

---

<sup>6</sup>Wh= Wiederholungen

<sup>7</sup> $VO_{2max}$ = maximale Sauerstoffaufnahme

Ein progressives Zirkeltraining, bestehend aus Aerobic und hydraulischen Krafttraining führt laut einer Studie von Takeshima, Rogers, Islam, Yamauchi, Watanabe und Okada (2004) nach nur 12 Wochen zu einer Verbesserung der gesundheitsrelevanten Komponenten bei älteren Menschen. Die Benutzung von hydraulischen Geräten (Öl oder Flüssigkeitsgebremste Widerstände) ist für ältere Menschen ratsamer da die Geräte so konstruiert wurden, dass sie bei einem plötzlichen Bewegungsstopp die Position halten und nicht in Ausgangsposition zurück wandern. Diese Eigenschaft erlaubt den Trainierenden in beliebiger Position auszusteigen ohne das Risiko sich durch bewegende Teile oder fallende Gewichte zu verletzen (Lee, Islam, Rogers, Kusunoki, Okada & Takeshima, 2011). Der Trainingseffekt hängt von der Mühe der Person und der Bewegungsgeschwindigkeit der Wiederholungen ab, die von den Teilnehmern/ Teilnehmerinnen frei gewählt werden kann. Daher ist fraglich ob jeder/ jede mit einer adäquaten Trainingsintensität trainiert.

In der Studie von Lee et al. (2011) wurde die Effizienz von hydraulischem Krafttraining bei untrainierten älteren Menschen hinsichtlich der Kraft- und der Leistungssteigerung (Kombination von Kraft und Geschwindigkeit) untersucht. Die Teilnehmer/ Teilnehmerinnen absolvierten über einen Zeitraum von 12 Wochen ein 30-minütiges Kraftausdauertraining bei dem alle 3- 4 Wochen die Schwierigkeitsstufe erhöht wurde. Zu Beginn der Studie war der Widerstand niedrig und wurde gegen Ende immer höher. Dies bedeutet, dass am Anfang (Woche 0- 4) schnell und mit wenig Widerstand (~ 15 Wiederholungen) und zum Schluss langsam und mit höherem Widerstand (~ 10 Wiederholungen) gearbeitet wurde. Die Studie zeigt, dass ein 12-wöchiges Training zur Verbesserung der Kraft und der Leistung bei älteren Menschen führt. Buchner (1997) weist darauf hin, dass eine schwache Muskelleistung die funktionale Kapazität, die Fähigkeit Aktivitäten des täglichen Lebens zu meistern, die Bewegungsgeschwindigkeit und die Sturzrate negativ beeinträchtigt. Es wird dadurch deutlich, dass die Maximalkraft bei älteren Menschen eine nebensächliche Rolle spielt wohingegen der Erhaltung der Muskelleistung beim Training Vorrang eingeräumt werden sollte.

### 2.3. Ausdauertraining

Die allgemeine Muskelausdauer beansprucht rund 1/7- 1/6 der Gesamtmuskulatur. Weineck (2004) unterscheidet die allgemeine aerobe und die allgemeine anaerobe Ausdauer. Die allgemeine aerobe Ausdauer beinhaltet Ausdauerleistungen, die auf der Grundlage aerober Stoffwechsellösungen und dynamischer Arbeit zustande kommen und ist vor allem abhängig von der Kapazität des Herz- Kreislauf-, Atmungs- und Stoffwechselsystems sowie von der Qualität der bewegungstypischen Koordination (Weineck, 2004, S. 257).

Durch Veränderung der Belastungsintensität und der Trainingsdauer können unterschiedliche Wirkungen auf den Muskelstoffwechsel erzielt werden. Bei der Herabsetzung der Belastungsintensität geht der Kohlenhydratabbau immer mehr in den Fettabbau über, und umgekehrt wird bei einer Anhebung der Intensität der Kohlenhydratabbau verstärkt (Weineck, 2004, S. 267). Bei Intensitäten von 40- 50 % der maximalen Sauerstoffaufnahme können Glukose und Fettsäuren in die Muskelfasern eingeschleust werden, bei höheren Belastungsintensitäten werden primär die intramuskulären Energiedepots genutzt (Hoppeler & Weibel, 2000). Steigt die Intensität auf 85- 90 % der maximalen Sauerstoffaufnahme an, sinkt die Fettverbrennung deutlich ab (Achten & Jeukendrup, 2003; Achten & Jeukendrup, 2004).

Während aeroben Belastungen stellen Kohlenhydrate und Fette die zwei wichtigsten Energielieferanten dar (Cheneviere, Borrani, Ebenegger, Gojanovic & Malatesta, 2009). Der relative Verbrauch der Substrate ist abhängig von der Intensität der Belastung und von der Belastungsdauer. Belastungen mit moderater Intensität, die über einen längeren Zeitraum ausgeführt werden, resultieren in einer von der Zeit abhängigen Steigerung der Fettoxidation und einer Senkung der Kohlenhydratoxidation (Cheneviere et al., 2009). Ausdauertraining führt zu einer Verbesserung des Fettstoffwechsels bei leichten- moderaten Intensitäten als auch zu einer Steigerung des Kohlenhydratstoffwechsels bei hohen Intensitäten bei älteren männlichen Probanden (Manetta et. al, 2005).

Bei der Ausübung eines Ausdauertrainings mit einer Intensität zwischen 50- 85 % der  $VO_{2max}$  kommt es zu einer Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme und zu Verbesserungen der Werte an der anaeroben Schwelle (De Vito et al., 1997). Diese Trainingsintensität kann mit vielen Menschen aufgrund ihres Gesundheitszustandes

bzw. der ihnen zu ungewohnt hohen Belastung nicht erzielt werden. Für De Vito, Hernandez, Gonzalez und Figura (1997) stellt dies kein Problem dar, da im Alter ein Training im submaximalen Intensitätsbereich ausreichend ist um für die Alltagsaktivitäten gut vorbereitet zu sein.

Eine Möglichkeit des Ausdauertrainings stellt Step- Aerobic da. Es führt zur Steigerung der Vitalität, unabhängig von der Intensität, sowie zur Senkung von Aggression, Depression, Müdigkeit und Anspannung (Kennedy & Newton, 1997). Eine Kombination von Kraft- und Step- Aerobic- Training führt zu einer Reizstimulierung, die die Knochengesundheit der Probanden/ Probandinnen erhält und die Wirkung auf die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit verstärkt (Kraemer et al., 2001). Älteren Menschen hilft schon ein 3- wöchiges Step- Aerobic- Training um ihre Schrittlänge und damit ihre Stabilität zu steigern und ihre Initiationszeit<sup>8</sup> zu verkürzen (Rogers, Johnson, Martinez, Mille & Hedman, 2003).

Für ein Ausdauertraining im Alter sollte bedacht werden, dass ein Programm mit zu geringer Intensität nur zu Beginn zu Ergebnissen führt, die dann stagnieren. Daher wird empfohlen das Training leicht zu beginnen und langsam (nach ~ 2 Wochen) die Dauer und später die Intensität zu steigern (Pollock et al., 1994).

Das ACSM empfiehlt älteren Menschen rhythmische, aerobe Tätigkeiten, die große Muskelgruppen beanspruchen, im Intensitätsbereich zwischen 50- 85 % der  $VO_{2max}$  (Pollock et al., 1994) oder 55- 85 % der  $Hf_{max}$ <sup>9</sup> an 3- 5 Tagen pro Woche über eine Dauer von ca. 20 Minuten auszuführen um die kardiovaskuläre Gesundheit zu erhalten (Williams et al., 2006). Des Weiteren empfiehlt ACSM ein tägliches, moderates 30 minütiges Training um die Gesundheit zu erhalten und Krankheiten vorzubeugen (Haskell et al., 2007). Das U. S. Surgeon General veröffentlichte, dass für alle Menschen, irrelevant welchen Alters, 60 Minuten moderates Training pro Tag notwendig sind um Übergewicht vorzubeugen bzw. 90 Minuten Training mit moderater Intensität notwendig sind um das Gewicht zu reduzieren (Bassuk & Manson, 2003). Nach dem Training wird empfohlen die älteren Probanden/ Probandinnen noch ungefähr 15 Minuten zu beobachten, da 40 % der kardialen Probleme beim Training auftreten (Pollock et al., 1994).

---

<sup>8</sup> Initiationszeit= Zeit, die man benötigt um auf einen Reiz von außen zu reagieren- in diesem Falle ein Schritt nach vorne

<sup>9</sup> Maximale Herzfrequenz

Für Übergewichtige wird dagegen ein Ausdauertraining im Intensitätsbereich von ~85-95 % der  $Hf_{max}$  empfohlen (Schjerve et al., 2008), da dies effektiver in der Verbesserung der aeroben Kapazität und der endothelen Funktion ist als ein moderates Training mit einer Intensität von 60- 70 % der  $Hf_{max}$ . Obwohl dies bedeutet, dass die Fettverbrennung in diesem Intensitätsbereich gehemmt wird, ist der Nachbrenneffekt umso höher, je intensiver die durchgeführte Aktivität war (Schjerve et al., 2008). Laut Chenevière et al. (2009), der anhand eines sinusoidalen mathematischen Modells die maximale Fettoxidationsrate, die Intensität mit der maximalsten Fettverbrennung und die maximale Fettverbrennungszone berechnet hat, liegt die höchste Fettverbrennung bei einer Intensität von 52 % (bei einer stufenförmigen Ausbelastungs-Fahrradergometrie) bzw. bei 56 % (bei einem submaximalen Stufentest) der maximalen Sauerstoffaufnahme. Frühere Studien zeigen die höchste Fettverbrennungsrate zwischen 48 % (untrainiert) (Venables, Achten & Jeukendrup, 2005) und 60 % (trainierte Männer) (Achten, Venables & Jeukendrup, 2003) der maximalen Sauerstoffaufnahme. Im Gegensatz zu Chenevière et al. (2009) finden Achten, Gleeson und Jeukendrup (2002) die maximale Fettoxidation bei einer Intensität von ~ 64 % der  $VO_{2max}$  bzw. ~ 74 % der  $Hf_{max}$ . Laut Achten et al. (2002) liegt die Fettverbrennungszone in einem Bereich von ~ 55- 72 % der  $VO_{2max}$  bzw. ~ 68- 79 % der  $Hf_{max}$ . Der Anteil an der Energiebereitstellung durch die Fettoxidation wird bei einer Intensität über 89 % der  $VO_{2max}$  bzw. 92 % der  $Hf_{max}$  unwesentlich. An dieser Stelle sei angemerkt, dass der sehr breite Bereich von 45- 75 % der  $VO_{2max}$  auf die veränderte Fettoxidation durch die Ernährung (Kohlenhydrataufnahme vor der Belastung), durch Hormone, das Geschlecht (Romijn et al., 2000), die Art der Belastung (Achten, Venables & Jeukendrup, 2003), die Intensität und Dauer sowie durch den Trainingszustand der Probanden/ Probandinnen beeinflusst wird. Ein moderates Training mit einer Intensität zwischen 25- 65 % der  $VO_{2max}$  ist assoziiert mit einem 5- 10- fachen Anstieg der Fettoxidation über den Ruhewert (Krogh & Lindhard, 1920). Weiteres führt Ausdauertraining zu einer gesteigerten Fettoxidationsrate unter submaximalen Belastungen (Holloszy, 1973) und erhöht die Energiebereitstellung durch Fettoxidation unter Belastung wodurch die Energiegewinnung durch Kohlenhydrate gesenkt wird (Wade, 1996). Die Steigerung der Fettverbrennung kann auf mehrere adaptative Faktoren zurückgeführt werden: gesteigerte Dichte der Mitochondrien in den Muskeln (steigert die Kapazität der Fettoxidation) (Holloszy, 1967), Erhöhung der Kapillarenzahl (erhöhen den Fettsäuretransport zum Muskel)

(Saltin & Gollnick, 1983), Steigerung der Karnitin Transferase (erleichtert den Fettsäuretransport durch die Membran der Mitochondrien) (Mole, Oscai und Holloszy, 1971) und auf einen Anstieg der Proteine, die Fettsäuren binden (regulieren den Fettsäuretransport) (Turcotte, Kiens & Richter, 1991).

Neben der Intensität spielt die Dauer einer Tätigkeit eine wichtige Rolle hinsichtlich der Fettverbrennungsrate. Quinn, Vroman & Kertzer (1994) untersuchten trainierte 30-jährige Frauen, die ein Walking- Programm mit konstanter Intensität von 70 % der maximalen Sauerstoffaufnahme mit unterschiedlichen Programmlängen absolviert haben (20, 40 und 60 Minuten). Nach einem Ausdauerprogramm von 60 Minuten war die Sauerstoffaufnahme bis zu 3 Stunden nach dem Training erhöht und der Nachbrenneffekt am wirksamsten. Morio et al. (2000) beobachteten, dass ein 2- 4 monatiges Ausdauertraining bei älteren Personen (durchschnittlich 62,8 Jahre alt) zu einer 10- 30 %- igen Steigerung der  $VO_{2max}$ , zu einer Steigerung der  $W_{max}^{10}$ , und zur Senkung der Fettmasse führt.

Puggaard (2003) untersuchte in seiner Studie Probanden/ Probandinnen zwischen 65- 85 Jahren und bewies ebenso wie Morio et al. (2000), dass ein regelmäßiges Training im Alter zur Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme führt und die Gehgeschwindigkeit zunimmt.

Eine weitere Methode des Ausdauertrainings stellt das Zirkeltraining dar. Es dient der Steigerung der lokalen Muskelausdauer, der aeroben Fitness, der Steigerung der Kraft und der Leistung (Alcaraz, Sanchez- Lorente & Blazeovich, 2008). Laut Alcaraz et al. (2008) zeigt ein schweres Zirkeltraining (5 Sätze mit 6 RM, dazwischen 35 Sek. Pause) die gleiche Wirkung auf die Stimulierung der Hypertrophie wie ein herkömmliches Krafttraining (6 RM, 3 Minuten aktive Pause) und ist hinsichtlich der kardiovaskulären Wirkung effektiver als ein normales Krafttraining (ZT- 71 % der  $Hf_{max}$ , KT- 62 % der  $Hf_{max}$ ).

Zirkeltraining kann als eine Art des Intervalltrainings gesehen werden. Eine Studie von Ahmaidi, Masse- Biron, Adam, Choquet, Freville, Libert und Prefaut (1998) zeigt, dass Intervalltraining von untrainierten älteren Menschen gut toleriert wird. Die Trainingsdauer stieg progressiv innerhalb von 12 Wochen von 30 auf 60 Minuten an und wurde entsprechend der Herzfrequenz an der ventilatorischen Schwelle

---

<sup>10</sup>  $W_{max}$  = maximale Leistung (in Watt)

durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass das Training zu einer Steigerung der  $VO_{2max}$  und zu einer Senkung der maximalen Herzfrequenz führt.

Pollock (1977) veröffentlichte eine Studie, die den Zusammenhang zwischen Intensität, Dauer und Frequenz des Trainings und der Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme darstellt (Pollock, 1977). Er hielt fest, dass ein hoch intensives Intervalltraining (~ 90- 95 %  $Hf_{max}$ ) effektiver zur Steigerung der  $VO_{2max}$  ist als ein moderat konstantes Training (~ 60- 70 %  $Hf_{max}$ ) und dass längere (wie hier: 4x 4 Min.) Trainingsintervalle mehr Wirkung zeigen als kurze (wie hier: 15 Sek.) (Helgerud et al., 2007).

### 3. Leistungsdiagnostik

Die Wirksamkeit eines kardiologischen Trainings ist abhängig von der Trainingsintensität. Im Vordergrund steht eine Überlastung des/ der Probanden/ Probandin und eine zu gering gewählte Trainingsintensität, die ein optimal wirksames Training unmöglich macht, zu vermeiden (Pokan, Bachl, Benzer, Hofmann, Mayr, Schmid, Smekal & Wonisch, 2004, S. 446). Daher ist es notwendig, individuell für jeden einzelnen Menschen eine Ober- und Untergrenze der Belastung festzulegen (Pokan et al., 2004, S. 446).

Es gibt verschiedene Möglichkeiten die körperliche Leistungsfähigkeit, die durch Belastungs- und Beanspruchungsprozesse bestimmt wird, festzustellen. Eine davon stellt die Ergometrie dar, anhand derer die individuelle körperliche Leistungsfähigkeit im Rahmen einer Leistungsdiagnostik per Stufen- oder Dauertest festgestellt werden kann. Laufband- und Fahrradergometer werden darüber hinaus sowohl im Sport wie im gesundheitsorientierten Bereich und der Rehabilitation als Trainingsmittel verwendet (Graf & Höher, 2009, S. 86). Im Leistungssport, in der Sportmedizin und in der Arbeitsmedizin wird die Ergometrie angewandt, um den Leistungsstand des Untersuchten festzustellen. Neben der Einschätzung der individuellen körperlichen Leistungsfähigkeit dienen die Ergebnisse der Planung des weiteren Trainings (Graf & Höher, 2009, S. 87).

Der sportmedizinische Labortest gehört zum Standardrepertoire sportmedizinischer Untersuchungen. Die Messung der maximalen Leistungsfähigkeit, der Atemgaswerte, der Herzfrequenz und des EKG erlauben Rückschlüsse auf die Trainingsgestaltung und ermöglichen die Kontrolle des Verlaufs von Trainingsprozessen, vor allem dann, wenn auf standardisierte und von der jeweiligen Sportart unabhängige sowie auf immer gleiche Belastungsprotokolle und Testbedingungen geachtet wird (Pokan, Förster, Hofmann, Hörtnagl, Ledl- Kurkowski & Wonisch, 2004, S. 27). Zudem erlaubt die so erhobene maximale Leistungsfähigkeit Rückschlüsse auf die Regenerationsfähigkeit (Pokan et al., 2004, S. 27).

Für die Durchführung der Fahrradergometrie hat es im Laufe der Jahre in der Sport- und Arbeitsmedizin eine Reihe unterschiedlicher Vorschläge gegeben. Es wurden z.B.: die Eingangsbelastung in Watt, die Belastungsdauer pro Belastungsstufe in Minuten sowie die Gesamtbelastungszeit variiert.

Für den Fitnessbereich haben sich aber unter praktischen Gesichtspunkten 2 Testschemata bewährt, da beide Verfahren eine hohe Aussagekraft, geringen Zeitaufwand und eine universelle Einsetzbarkeit erfüllen:

- WHO- Schema (Graf & Höher, 2009, S. 83; Froböse et al., 2010, S. 279): bei einer Fahrradergometrie üblicherweise eine Steigerung um 50 Watt alle 3 Minuten; bei leistungsschwachen Personen wird eine Steigerung um 25 Watt/ Stufe gewählt, Beginn bei 25 Watt (bei sehr leistungsschwachen um 15 Watt)
- BAL- Schema (Graf & Höher, 2009, S. 83; Froböse et al., 2010, S. 280): für leistungsstarke, sportliche Personen (vorwiegend Männer)- Beginn mit 100 Watt bei Frauen bzw. 150 Watt bei Männern, Steigerung um 50 Watt alle 3 Minuten

Grundsätzlich lässt sich ein fahrradergometrischer Test maximal oder submaximal (annähernde Erschöpfung) durchführen. Um die Intensität der Belastung festzustellen betrachtet man die Herzfrequenz. Bei einem submaximalen Test wird die Belastung bis zu einer vorher festgelegten Herzfrequenz allmählich gesteigert (z.B.: PWC<sub>150</sub><sup>11</sup>- Belastung wird solange gesteigert bis eine Herzfrequenz von 150 erreicht wird).

Anhand der Formel von Wonisch, Berent, Klicpera, Laimer, Marko, Pokan, Schmid & Schwann (2008) lassen sich die maximale und submaximale Herzfrequenz wie folgt berechnen:

$$Hf_{\max} = 220 - \text{Lebensalter in Jahren}$$

$$Hf_{\text{submax}} = 170 - \frac{1}{2} \text{ Lebensalter in Jahren}$$

Laut Gellish (2007):

$$Hf_{\max} = 208 - 0,7x \text{ Lebensalter in Jahren}$$

Liegt die maximale Herzfrequenz deutlich unter diesem Wert, kann davon ausgegangen werden, dass keine kardiale Ausbelastung stattgefunden hat (Froböse, Nellesen- Martens & Wilke, 2010).

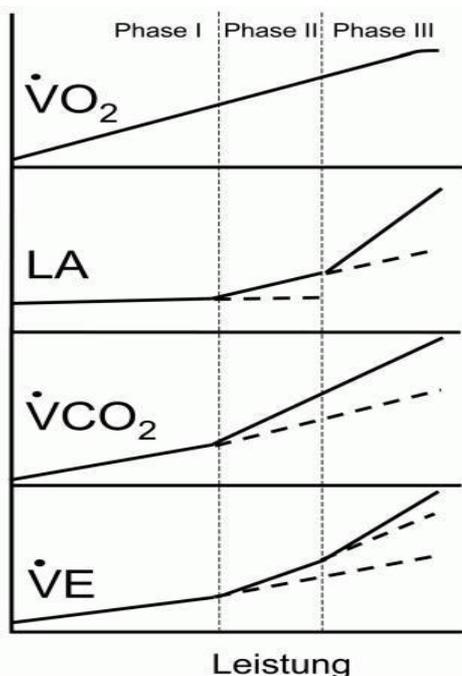
---

<sup>11</sup>PWC= Physical work capacity= körperliche Arbeitskapazität

### 3.1. Spiroergometrie

Bereits in den 1920er Jahren war es möglich, mittels Messung der maximalen Sauerstoffaufnahme exakte Aussagen über das kardiopulmonale Leistungsverhalten zu treffen (Pokan et al., 2004, S. 446). Da die Ausdauerleistungsfähigkeit an die Größe der Sauerstoffmenge gebunden ist, welche pro Zeiteinheit der arbeitenden Muskulatur über Atmung und Herz- Kreislauf- System zugeführt werden kann, hat die unter Arbeit maximal mögliche Sauerstoffaufnahme in der Leistungsbeurteilung besonderes Interesse gefunden (Pokan et al., 2004, S. 446). Nachdem es nicht nur möglich wurde, die Sauerstoffaufnahme, sondern auch die Abgabe von Kohlendioxyd ( $\text{CO}_2$ ) quantitativ zu messen, wurden Verfahren entwickelt, die es ermöglichten, mittels Messungen der Atemgase drei von der Belastungsintensität abhängige Phasen der Energiebereitstellung zu messen (Wassermann et al., 1964). Diese werden im Kapitel 3.1.1. näher beschrieben.

#### 3.1.1. Stoffwechsel



Anhand der im Stufentest gemessenen Daten lässt sich feststellen, wann welche Form von Energiestoffwechsel genutzt wird. Dabei wird zunächst zwischen aerobem und anaerobem Stoffwechsel unterschieden. Bei der aeroben Energiebereitstellung arbeitet der Körper sehr effektiv, da er ausreichend mit Sauerstoff versorgt ist. Bei niedriger Intensität wird anteilmäßig überwiegend Fett verstoffwechselt (Achten, Venables & Jeukendrup, 2003; Romijn, Coyle, Sidossis, Rosenblatt & Wolfe, 2000).

Abbildung 2: Darstellung des Verhaltens der Atemgasparameter sowie der Blutlaktatkonzentration entsprechend der Dreiphasigkeit der Energiebereitstellung (Quelle: Pokan et al., Journal für Kardiologie, 2004)

- Phase I → aerobe Phase: bis zum ersten Laktatanstieg und bis zum Beginn einer überproportionalen Zunahme der Ventilation gegenüber der Sauerstoffaufnahme ohne zusätzliche Steigerung der Kohlendioxydabgabe. Blutlaktatkonzentration- Laktatproduktion und -elimination halten sich die Waage- Blutlaktatkonzentration bleibt konstant (Pokan et al., 2004)  
Aerobe Schwelle: Steigerung der körperlichen Belastung führt zur Vermehrung der anaeroben muskulären Energieproduktion- dadurch kommt es zum Anstieg der Blutlaktatkonzentration und Azidose- durch Pufferung der Azidose entsteht vermehrt CO<sub>2</sub>, das abgeatmet wird (Pokan et al., 2004)- VE<sup>12</sup> steigt an
- Phase II → aerob- anaerobe Übergangsphase: Belastungen über dieser Intensität führen zum zweiten Laktatanstieg
- Phase III → anaerobe Phase/ Schwelle (RCP<sup>13</sup>): Laktatproduktion und -elimination geraten aus dem Gleichgewicht- Blutlaktatkonzentration nimmt rasch zu- obwohl die Ventilation nun nochmals gesteigert wird, kann die Azidose über ein weiteres, vermehrtes Abatmen von CO<sub>2</sub> nicht mehr respiratorisch kompensiert werden (Pokan et al., 2004)

#### 3.1.1.1. VO<sub>2max</sub> beim Kraft- und Zirkeltraining

Laut einer Studie von Vincent, Braith, Feldmann, Kallas & Lowenthal (2002), steigt die maximale Sauerstoffaufnahme bei LEX (low intensity exercise) und HEX (high intensity exercise), um 23,5 % bzw. 20,1 % an. Beide Gruppen trainieren 3 Mal pro Woche für 6 Monate, wobei die HEX- Probanden 8 Wiederholungen mit einer Intensität von 80 % des 1 RM und die LEX- Probanden 13 Wiederholungen mit einer Intensität von 50 % des 1 RM durchführten. Die Ergebnisse zeigen, dass Krafttraining sowohl mit hoher als auch niedriger Intensität zur Steigerung der kardiorespiratorischen Fitness bei älteren Menschen führt.

Frühere Studien kommen zu widersprüchlichen Ergebnissen, die auf die verschiedenen Arten des Krafttrainings und die unterschiedliche Dauer zurückzuführen sind (Vincent et al., 2002). Laut Gettman et al. (1978), Hagberg et al. (1989) und Marcinik et al.

---

<sup>12</sup> VE= Ventilation

<sup>13</sup> RCP= respiratory compensation point= Punkt der respiratorischen Kompensation

(1991) führt ein 12- 26 wöchiges Zirkelkrafttraining zu keinen Veränderungen der relativen  $VO_{2max}$ . Im Vergleich zur Studie von Vincent et al. (2002) könnte das darauf zurückzuführen sein, dass die Probanden jünger waren und geringere Anpassungserscheinungen zeigen. Man kann den Schluss ziehen, dass die aeroben Anpassungen durch Alter und Kondition beeinflusst werden (Vincent et al., 2002). Die Studie von Camargo et al. (2008) bestätigt die Ergebnisse von Vincent et al. (2002), dass ein Zirkelkrafttraining, das 3 Mal pro Woche mit einer Intensität von 60 % des 1 RM über einen Zeitraum von 12 Wochen durchgeführt wird, zu ähnlichen Veränderung der submaximalen und maximalen Sauerstoffaufnahme führt wie ein Ausdauertraining, das mit einer Intensität von 70 % der  $Hf_{max}$  absolviert wird.

Um einen Vergleich zur Studie „Belastungsprofil zweier Generation in einem Kraft- Ausdauer- Zirkel“ herzustellen, sei die Studie von Takeshima et al. (2004) genannt, deren Ziel es war, die physiologischen Effekte eines PACE<sup>14</sup>- Programmes, eine Kombination aus einem Ausdauerprogramm und einem Krafttrainingszirkel, der aus hydraulischen Geräten besteht, herauszufinden. Die Probanden/ Probandinnen trainierten 3 Mal pro Woche für je 30 Minuten (dazu noch 10 Minuten Auf- und Abwärmen) mit einer Intensität von 70 % ihrer maximalen Herzfrequenz über einen Zeitraum von 12 Wochen. Das Training führt zu signifikanten Verbesserungen der kardiorespiratorischen Fitness, der Kraft und der Körperkomposition der älteren Teilnehmer/ Teilnehmerinnen. Die  $VO_{2max}$  steigt um 15 % und die  $VO_{2LT}$ <sup>15</sup> erhöht sich um 29 % (Takeshima et al., 2004).

### 3.1.2. Energieverbrauch

Der Gesamtenergieverbrauch besteht aus dem Ruheenergieverbrauch + dem Energieverbrauch während Belastung (dies sind körperliche Aktivitäten, die zur Steigerung des Energieverbrauchs über den Ruhewert hinaus, führen) (Brown, Miller & Eason, 2006). Die Art des Trainings, die Intensität, Dauer und die Art und Länge der Pausen sind Faktoren, die die Höhe des Energieverbrauchs beeinflussen (Brown et al., 2006).

---

<sup>14</sup> PACE= programmed accommodating circuit exercise= programmiertes entgegenkommendes Zirkel Training

<sup>15</sup>  $VO_{2LT}$ = Sauerstoffaufnahme an der Lactat threshold= Punkt an dem die Laktatproduktion die Laktatelimination übersteigt.

Heutzutage sind Fehlernährung und Bewegungsmangel als wesentliche Ursachen für die meisten der so genannten Zivilisationskrankheiten und die damit verbundenen Fehlfunktionen der verschiedenen Organsysteme anzusehen (Ziegler, Braumann & Reer, 2004). Die chronische körperliche Unterforderung im Alltagsleben in Kombination mit hoher psychischer Belastung führt zu typischen Krankheitsbildern, für deren Behandlung ein Ausdauertraining einen immer größeren Stellenwert einnimmt.

Es müssen keine Aktivitäten von hoher Intensität absolviert werden. Bereits einfache Belastungen, die zu einem erhöhten Energieumsatz des Organismus führen, können sich positiv auswirken. Laut einer Studie von Antero Kesaniemi et al. (2001) sinkt das Mortalitätsrisiko von Männern und Frauen in den USA und Europa durch körperliche Aktivität um 10 % und das Risiko, dass koronaren Herzkrankheiten (KHK) auftreten um 20 %. Eine Steigerung des Energieverbrauchs um ca. 1000 kcal pro Woche senkt das Mortalitätsrisiko um 30 % und ein Mehrumsatz von ca. 2000 kcal pro Woche führt zu einer Senkung des KHK- Risikos um 60 % (Ziegler et al., 2004). Laut Angaben des ACSM (2006, 2000) sind die gesundheitlichen Folgen für die kardiovaskuläre Ausdauer, das Übergewicht, Typ II Diabetes, koronare Herzerkrankungen und Dickdarmkrebs, abhängig von der Menge des Energieverbrauchs. Das ACSM (2006) empfiehlt einen täglichen Energiemehrverbrauch von 150- 400 kcal bzw. 1000- 3000 kcal/ Woche durch körperliche Aktivität im Intensitätsbereich von 64- 94 % der maximalen Herzfrequenz zu erreichen um einen gesundheitlichen Nutzen zu ziehen.

Um das Gewicht erfolgreich zu halten, muss der Leistungsumsatz mindestens 2500- 2800 kcal/ Woche betragen (Saris et al., 2003). Soll dieser wöchentliche Mehrumsatz durch sportliche Betätigung allein erreicht werden, sind beachtliche Trainingsumfänge nötig. Der Leistungsumsatz ist abhängig vom Körpergewicht, der Sportart und der Intensität der Übung (Weineck, 2007, S. 980). So verbraucht man z. B.: beim Laufen mit 9 km/ h ungefähr 9, 5 kcal/ kg/ h (Weineck, 2007, S. 980).

Die Quantifizierung der körperlichen Arbeit bzw. sportlichen Aktivität kann aber auch über das sogenannte Metabolische Äquivalent (MET) erfolgen (Ainsworth, 2002). Das MET repräsentiert dabei das Verhältnis zwischen dem Energieverbrauch während Muskularbeit und dem Ruhe- Energieverbrauch. 1 MET entspricht 1 kcal/ kg/ Stunde bzw. 3,5 ml/ kg/ min Sauerstoffaufnahme und ist äquivalent des Energieverbrauchs während ruhigem sitzen (Ainsworth, 2002).

Laut MET- Intensitätsskala unterscheidet man (Weineck, 2007, S. 998):

- Leichte körperliche Aktivität= weniger als 3 MET
- Moderate körperliche Aktivität= 3- 6 MET
- Schwere körperliche Aktivität= > 6 MET

#### 3.1.2.1. Energiespeicher im Körper

Im Körper ist Energie in Form von Fett, Kohlenhydraten sowie Eiweiß gespeichert. Das Fett wird als subkutanes Fettgewebe und als Fett in der Muskulatur, die Kohlenhydrate als Glykogen in Leber und Muskulatur und das Eiweiß in der Muskulatur selber, in Form von kontraktilen Eiweißen, gespeichert (Knechtle et al., 2005).

Seit den vierziger Jahren ist bekannt, dass der Verbrauch der gespeicherten Energiesubstrate von der Belastungsdauer (Coyle, 1995) sowie der Belastungsintensität abhängig ist (Romijn et al., 2000). Je höher die Intensität, umso mehr Energie wird absolut verbraucht (Romijn et al., 2000). Der erhöhte Energieverbrauch bei intensiver Belastung wird primär durch den Verbrauch der in der Muskulatur gespeicherten Energie abgedeckt. Bei Intensitäten von 40- 50 % der  $VO_{2max}$  können Glukose und Fettsäuren in die Muskelfaser eingeschleust werden, bei höheren Belastungsintensitäten werden primär die intramuskulären Energiedepots genutzt (Hoppeler & Weibel, 2000). Muskelglykogen und intramuskuläre Fette werden in Abhängigkeit der Belastungsintensität unterschiedlich verbraucht. Je höher die Intensität, umso mehr wird das Muskelglykogen verbraucht, während der Verbrauch an intramuskulären Fetten zurückgeht (Romijn et al., 1993).

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

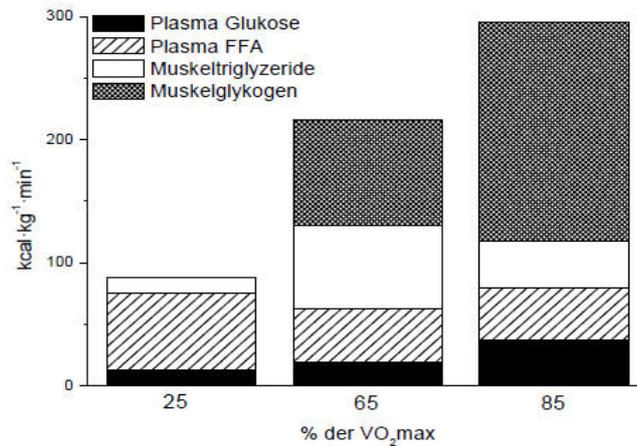


Abbildung 3: Belastungsintensität und Substratverbrauch (Quelle: American Journal of Physiology, Romijn et al., 1993, 265 (S. E380- E391))

Laut dem physiologischen Brennwert, der die Energiemenge, die pro Gramm Energiesubstrat gewonnen werden kann, definiert, stellt Fett den höchsten Energielieferanten dar (Pokan et al., 2004, S. 180):

1 g Kohlenhydrate	= 17 kJ = 4,1 kcal
1 g Fett	= 39 kJ = 9,3 kcal
1 g Eiweiß	= 17 kJ = 4,1 kcal

Betrachtet man jedoch das kalorische Äquivalent, das jene Energiemenge definiert, die pro Liter Sauerstoff freigesetzt wird, stellen die Kohlenhydrate den wichtigsten Energielieferanten dar (Pokan et al., 2004, S. 181). Bei der Kohlenhydratverbrennung wird, um die gleiche Energiemenge zu gewinnen, 8 % weniger Sauerstoff benötigt als bei der Fettverbrennung (Pokan et al., 2004, S. 181). Daraus ist zu schließen, dass bei höheren Belastungsintensitäten die Energie zum Großteil aus den Kohlenhydraten gewonnen wird.

Kohlenhydrate	= 21,3 kJ = 5,05 kcal pro Liter O <sub>2</sub>
Fett	= 19,46 kJ = 4,65 kcal pro Liter O <sub>2</sub>
Eiweiß	= 18,74 kJ = 4,48 kcal pro Liter O <sub>2</sub>

Seit langem ist bekannt, dass die Energie für länger dauernde Ausdauerleistungen aus der Oxidation von Kohlenhydraten und Fetten gewonnen wird (Young, Pelligra & Adachi, 1966), wobei Fett gerade bei Belastungen niedriger Intensität über längere Zeit den größeren Anteil an der Energielieferung stellt (Helge et al., 2003). Die limitierenden Faktoren des Fettstoffwechsels sind die Freisetzungsrates und die Transportrate für Fette, die bei Normalpersonen bei etwa 60 % der  $VO_{2max}$  ihr Maximum erreicht haben (Löllgen et al., 2010, S. 219). Aufgrund der Limitierung des Fettstoffwechsels wird bei intensiven, kurzen Belastungen die Glykolyse (Kohlenhydratstoffwechsel) aktiviert, die eine höhere Energieflussrate<sup>16</sup> bereitstellen kann. Durch die zunehmende Glykolyse- Rate steigt jedoch die Laktatkonzentration an (Löllgen et al., 2010).

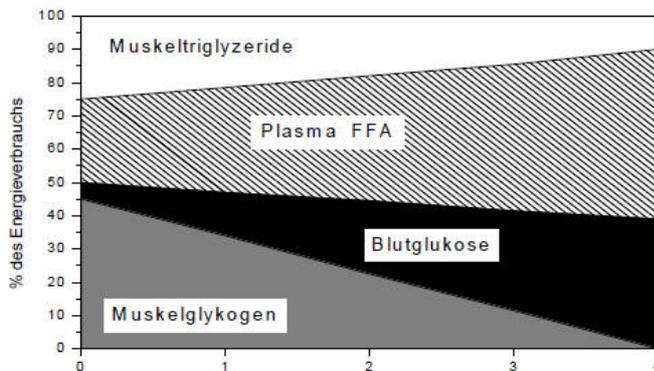


Abbildung 4: Belastungsdauer und Substratverbrauch- in dieser Grafik 4 Stunden bei 65 %  $VO_{2max}$  (Quelle: American Journal of Clinical Nutrition, Coyle, 1995, 61 (S. 968))

### 3.1.3. Indirekte Kalorimetrie

Die indirekte Kalorimetrie ist eine Methode zur Messung des Nährstoffumsatzes über die Sauerstoffaufnahme und die Kohlendioxidabgabe unter Belastung, anhand derer abgeschätzt werden kann welche Anteile an Fetten und Kohlenhydraten man bei einer bestimmten Belastungsintensität verbrennt (Zugriff unter [http://www.zfs-muenster.de/index.php?option=com\\_content&task=view&id=127&Itemid=86#fett](http://www.zfs-muenster.de/index.php?option=com_content&task=view&id=127&Itemid=86#fett), 3.März 2012; Knechtle, 2002, S.41). Im Gegensatz zur indirekten Kalorimetrie wird

<sup>16</sup>Energieflussrate= beschreibt die Geschwindigkeit der Energiefreisetzung

bei der direkten Kalorimetrie keine Atemgasanalyse durchgeführt sondern die vom Lebewesen abgegebene Wärme gemessen (Knechtle, 2002, S.41).

Pro Liter Sauerstoff, der verbraucht wird, gewinnt der Körper 20,2 kJ<sup>17</sup> (kalorisches Äquivalent) (Bartels R. & Bartels H., 2004).

Wenn das kalorische Äquivalent der Nahrung bekannt ist kann der Energieumsatz wie folgt berechnet werden:

Energieumsatz= O<sub>2</sub>- Aufnahme \* kalorisches Äquivalent

Aus dem RQ<sup>18</sup> (= CO<sub>2</sub> Abgabe: O<sub>2</sub> Aufnahme) kann man ablesen, welche Nährstoffe abgebaut werden. Es gelten folgende Richtwerte:

- Kohlenhydrate: RQ= 1
- Mischkost: RQ= 0,85
- Proteine: RQ= 0,8
- Fette: RQ= 0,7

#### 3.1.3.1. Grundumsatz

Der tägliche Energieverbrauch setzt sich aus dem Grundumsatz (GU), dem thermischen Effekt der Nahrungsaufnahme, dem Bedarf für körperliche Aktivität (bewegungsabhängige Thermogenese) sowie der adaptiven Thermogenese (Thermoregulation, Stress) zusammen (Stein & Jauch, 2003, S. 696). Es ist sinnvoll, den Grundumsatz auf das metabolisch aktive Gewebe, nämlich die Fett- freie Körpermasse zu beziehen. Das Fettgewebe leistet nur einen geringfügigen Beitrag zum Grundumsatz. Aufgrund der unterschiedlichen Fettverteilung von Mann und Frau kann man sagen, dass Männer einen höheren Grundumsatz haben als Frauen (Stein & Jauch, 2003, S. 696).

Der Grundumsatz (bzw. Basic Metabolic Rate) ist definiert als diejenige Energiemenge, die der Körper benötigt um in Ruhesituation, nach Abklingen der

---

<sup>17</sup> kJ= Kilojoule

<sup>18</sup> RQ= respiratorischer Quotient

Verdauungs- und Resorptionsvorgänge, alle Zellen des Körpers ausreichend mit Energie zu versorgen (Weineck, 2004, S. 624; Gruyter, 2002). Zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur werden 60 % des Grundumsatzes verbraucht, der Rest wird für lebenswichtige Funktionen benötigt (z. B.: unwillkürliche Aktivität von Herz und Lunge) (Weineck, 2004, S. 625).

Die Höhe des Grundumsatzes unterliegt einigen Einflussfaktoren. Bei gesunden Menschen wird der Grundumsatz vorwiegend von der Muskelmasse und dem Trainingszustand (je besser trainiert, desto ökonomisierter der Stoffwechselablauf) (Weineck, 2004, S. 627) sowie von der Körperhöhe und dem Körpergewicht (Pokan et al., 2004, S. 181) bestimmt. Das Alter, das Geschlecht und die Tageszeit spielen eine weitere wichtige Rolle (Golenhofen, 1997; Wilmore, Costill & Kenney, 2008). Nach einem anfänglichen Anstieg bis zum 20. Lebensjahr, fällt der Wert kontinuierlich ab. In der tageszeitlichen Rhythmik zeigt sich ein Tiefstpunkt in den frühen Morgenstunden (Golenhofen, 1997; Wilmore, Costill & Kenney, 2008). Außerdem liegt der Grundumsatz bei Frauen 10 % niedriger als bei Männern und zeigt zusätzlich vom Menstruationszyklus abhängige Schwankungen (Golenhofen, 1997; Wilmore et al., 2008).

Berechnung nach Harris und Benedict (in kcal) (Stein J. & Jauch W., 2003):

$$\text{GU (Mann)} = 66,5 + (13,75 * \text{kg}) + (5,003 * \text{cm}) - (6,775 * \text{Alter in Jahren})$$

$$\text{GU (Frau)} = 655,1 + (9,563 * \text{kg}) + (1,850 * \text{cm}) - (4,676 * \text{Alter in Jahren})$$

kg                      Körpergewicht in kg

cm                      Körpergröße in cm

Alter                    Alter in Jahren

### 3.1.3.2. Nahrungsinduzierte Thermogenese

Nach der Zufuhr von Energieträgern kommt es im Vergleich zum Nüchtern- Zustand zu einer Steigerung des Energieumsatzes, da auch die Digestion, Absorption, Umwandlung und Speicherung der zugeführten Nährstoffe energieverbrauchende Prozesse sind (Biesalski, Bischoff & Puchstein, 2010, S. 38). Die nahrungsinduzierte

Thermogenese ist geschlechts- und altersunabhängig. Sie hängt nur von der Nahrungsmenge und ihrer Zusammensetzung ab (Speckmann, Hescheler & Köhling, 2008, S. 589; Biesalski et al., 2010, S. 38). Bei Zufuhr einer Mischkost setzt die Steigerung des Energieumsatzes sehr schnell ein und erreicht nach 60 Minuten ein Plateau, das in einem Bereich von 10- 20 % liegt und ca. 3 Stunden anhält (Biesalski et al., 2010, S. 38). Die Körpertemperatur und die Wärmeabgabe an die Umgebung steigen nach der Nahrungsaufnahme. Proteine haben im Vergleich zu Kohlenhydraten und Fetten die höchste thermogene Wirkung. Sie liegt in einem Bereich von 25- 30 % der zugeführten Energie (Biesalski et al., 2010, S. 38). Die nahrungsinduzierte Thermogenese wird sowohl durch den Stoffwechsel der Substrate als auch durch eine gleichzeitige Aktivierung des sympathischen Nervensystems erklärt (Speckmann et al., 2008, S. 589).

### 3.1.3.3. Bewegungsabhängige Thermogenese

Der aktivitätsabhängige Energieverbrauch wird vom Ausmaß und der Dauer der körperlichen Belastung bestimmt. Er lässt sich unterteilen in spontane Alltagsaktivitäten, formale Bewegungen oder sportliche Aktivitäten (Speckmann et al., 2008, S. 589). Die bewegungsabhängige Thermogenese kann bei schwerer körperlicher Arbeit bis zu 40 % des täglichen Energieverbrauchs ausmachen. Das Ausmaß körperlicher Aktivität wird in der Regel durch ein Vielfaches des GU angegeben, eine Größe, die im Englischen auch als PAL<sup>19</sup> (= Quotient aus dem 24 Stunden-Energieverbrauch und dem Ruheenergieverbrauch) bezeichnet wird (Speckmann et al., 2008, S. 589; Biesalski et al., 2010, S. 38).

Man kann nehmen:

- Sitzende Tätigkeiten: GU \* 1,25
- Leichte körperliche Aktivität: GU \* 1,6 (PAL= 1,6 – 1,7)
- Stehende Arbeit: GU \* 1,8 (PAL= 1,8- 1,9)
- schwere körperliche Aktivität: GU \* 2 (PAL=2- 2,4)

---

<sup>19</sup> PAL- Wert= physical activity level= Level der körperlichen Aktivität

Für die Berechnung des Energieumsatzes der letzten Belastungsminute ergibt sich folgende Formel (McArdle, Katch & Katch, 2001):

$$\text{kcal pro Minute} = \text{VO}_2 \text{ (Sauerstoffaufnahme in Liter pro Minute)} * 5$$

(Faktor 5= Umrechnung von Liter O<sub>2</sub> in kcal)

$$\text{kcal pro Stunde} = \text{VO}_2 \text{ (Sauerstoffaufnahme in Liter pro Minute)} * 5 * 60$$

wobei man für jede Belastungsstufe entsprechend der jeweiligen O<sub>2</sub>- Aufnahme den Kalorienverbrauch errechnen kann, oder, wenn man nur die maximale Sauerstoffaufnahme kennt, den Energieverbrauch prozentuell davon ermitteln kann:

$$\text{z. B.: bei 70 \% der VO}_{2\text{max}} \rightarrow \text{kcal/ Stunde} = \text{VO}_{2\text{max}} * 0,7 * 5 * 60$$

Um Rückschlüsse auf die Oxidationsrate von Kohlenhydraten und Fetten zu schließen, wird die Kohlendioxidabgabe in die Berechnung mit eingeschlossen. Anhand der Formel von Jeukendrup und Wallis (2005) können der Energieverbrauch und die Oxidationsraten der Substrate berechnet werden.

$$\text{kcal pro Minute} = (3,869 * \text{VO}_2 / 1000) + (1,195 * \text{VCO}_2 / 1000)$$

VO<sub>2</sub>.....ml/ min

VCO<sub>2</sub>.....ml/ min

$$\text{Kohlenhydrate (kcal/ min)} = (4,21 * \text{VCO}_2 / 1000 - 2,962 * \text{VO}_2 / 1000) * 4,07$$

$$\text{Fette (kcal/ min)} = 1,695 * (\text{VO}_2 / 1000 - 1,701 * \text{VCO}_2 / 1000) * 9,75$$

#### 3.1.3.4. Adaptive Thermogenese

Laut einem Artikel auf der Internetseite [www.de.fitness.com/exercise/articles/energieumsatz](http://www.de.fitness.com/exercise/articles/energieumsatz) (überarbeitet 2008, Zugriff am 10.6.2011) versteht man unter der adaptiven Thermogenese: „Die Energiebereitstellung für die Anpassung an veränderte Bedingungen wie z. B.: Stress, intensive geistige Arbeit oder Temperaturveränderungen. Zur Thermoregulation sei gesagt, dass unter

thermoneutralen Bedingungen (27- 31° C) keine zusätzliche Wärmeproduktion zur Erhaltung der Körpertemperatur notwendig ist. Bei Erhöhung der Körpertemperatur, die mit einem Einsetzen der Transpiration einhergeht, kommt es zu einem höheren Energieumsatz (pro Grad Körpertemperatur um ca. 13 %). Ebenso bedingen Temperaturen unterhalb der thermoneutralen Zone eine Zunahme des Energieumsatzes, zunächst durch zitterfreie Thermogenese, bei stärkerem Absinken der Körpertemperatur durch muskuläre Kontraktionen, die den Energieumsatz vorübergehend auf das doppelte des Grundumsatzes ansteigen lassen können.“

#### 3.1.4. Normwerte für maximale Leistung bei Fahrradergometrie

Die relative maximale Leistung bei einer Fahrradergometrie erreicht bei untrainierten Männern im Alter zwischen 20- 30 Jahren einen Wert von 3 W/ kg (Rost & Hollmann, 1982 zitiert nach Härtel, 2007) und nimmt ab dem 30. Lebensjahr pro Dekade um 10 % ab.

Frauen im Alter zwischen 20- 30 Jahren erreichen eine relative maximale Leistung von 2, 5 W/ kg. Diese nimmt ab dem 30. Lebensjahr pro Dekade um 8 % ab (Rost, 2001).

#### 3.1.5. Maximale Sauerstoffaufnahme

In allen 3 Formen der allgemeinen aeroben Ausdauer ist auf die Bedeutung der maximalen Sauerstoffaufnahme, die 1924 von Hill eingeführt wurde, hingewiesen worden (Hollmann & Strüder, 2009, S. 320). Die maximale Sauerstoffaufnahme ist die Standard- Messgröße der aeroben Leistungsfähigkeit (Pokan et al., 2004, S. 137) und stellt das Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit dar (Weineck, 2009, S. 260). Sie erfasst alle an der Leistungserbringung beteiligten Mechanismen, darunter die äußere Atmung, der Gasaustausch in der Lunge, das Herzminutenvolumen (HMV), die belastungsgerechte Verteilung des HMV sowie die Sauerstoffaufnahme in die Arbeitsmuskulatur (Weineck, 2009, S. 260).

Die individuelle  $VO_{2max}$  ist grundsätzlich abhängig von der Art der Ergometrie, die im Wesentlichen die aktive Muskelmasse bestimmt (Hollmann & Strüder, 2009, S. 320). So ist die  $VO_{2max}$  bei Skilangläufern in der Rollskiergometrie mit Stockeinsatz um 5- 15 % höher als beim Laufen am Laufband und bei einer Fahrradergometrie um 10- 20

% niedriger (Jakob, Steuer, Schneider, Höltke & Jöns, 2009). Je nach Art der gewählten Belastung wird sie in Litern pro Minute (absolute maximale Sauerstoffaufnahme) oder bezogen auf das Körpergewicht (relative maximale Sauerstoffaufnahme) der untersuchten Person angegeben (Hollmann & Strüder, 2009, S. 320). Um die wirklichen Maximalwerte erhalten zu können, ist der dynamische Einsatz größtmöglicher Muskelmassen erforderlich, unter weitgehender Vermeidung statischer Arbeitsanteile, wie in der Diagnostik während einer Fahrrad- oder Laufbandergometrie (Hollmann & Strüder, 2009, S. 320). Im Spitzensport werden zusätzlich sportartspezifische Belastungen bevorzugt.

#### 3.1.5.1. Normwerte für die $VO_{2max}$

Die absolute maximale Sauerstoffaufnahme im 3. Lebensjahrzehnt bei untrainierten Männern beträgt ca. 3300 ml, bei vergleichbaren Frauen etwa 2000 ml (Hollmann & Strüder, 2009, S. 321) und bei Ausdauertrainierten rund 6- 8 bzw. 4- 4,5 l/ min (Weineck, 2004, S. 261). Zum individuellen Vergleich der Ausdauerleistungsfähigkeit ist sie, aufgrund der unterschiedlichen anthropometrischen Daten (Körpergröße, Gewicht) nur bedingt geeignet. Zur besseren Vergleichbarkeit erfolgt eine Normierung auf das Körpergewicht. Man spricht von der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (ml/ min/ kg) (Pokan et al., 2004, S. 137). Sie liegt beim weiblichen Geschlecht postpubertär um 10- 20 % niedriger als beim männlichen und nimmt bei beiden Geschlechtern physiologisch zu, erreicht ihren Höhepunkt bei untrainierten Normalpersonen im Alter zwischen 25- 30 Jahren (nach dem 30. Lebensjahr beginnt die  $VO_{2max}$  zunehmend abzufallen, kann jedoch durch regelmäßiges Training bis etwa zum 50. Lebensjahrzehnt konstant gehalten werden) und beträgt bei Männern 40- 55 ml/ min/ kg und bei Frauen 32- 38 ml/ min/ kg (Weineck J., 2004, S. 261). Die entsprechenden Spitzenwerte hochausdauertrainierter Sportler/ Sportlerinnen liegen bei 80- 90 ml/ min/ kg bzw. bei 60- 70 ml/ min/ kg. Ab dem 3. Lebensjahrzehnt nimmt die maximale Sauerstoffaufnahme pro Lebensdekade um 10 % ab (Prampero, 1973, S. 1).

### 3.1.5.2. Schwellenkonzept

Betrachtet man die unterschiedlichen Schwellenkonzepte, kommt man zu dem Ergebnis, dass es sich nahezu ausschließlich um zwei verschiedene Punkte handelt: die aerobe Schwelle sowie die individuelle anaerobe Schwelle (IAS). Das Wissen um die Form der Energiebereitstellung spielt bei der Trainingsgestaltung eine bedeutende Rolle (Schurr, 2002, S. 32).

Veränderungen in der Beziehung zwischen der Leistung und %-  $VO_{2max}$  liegen sowohl trainingsbedingten Adaptationen als auch dem biologischen Alter zugrunde (Hüter-Becker, 2005, S. 259). Die Intensitätsbereiche der Belastung können verlässlich abgeleitet und kontrolliert werden. Diese Verlässlichkeit verändert sich offensichtlich mit dem Alter, wenn die aerobe Schwelle in %-  $VO_{2max}$  ausgedrückt wird (Hüter-Becker, 2005, S. 259). Systematische Untersuchungen über einen Zeitraum von 5- 8 Jahren bei 45- bis 75- jährigen Frauen und Männern belegen, dass die Angabe der aeroben Schwelle als %-  $VO_{2max}$  im Alter gegenüber der Angabe als  $VO_{2max}$  ungenauer ist, da aufgrund der Abnahme der  $VO_{2max}$  fälschlicherweise eine Steigerung der prozentuellen Leistung der  $VO_{2max}$  angenommen wird (Marcell et al., 2003). Verlässlich bleiben die absoluten Angaben der Leistung oder der Geschwindigkeit an den Schwellen (Hüter- Becker A., 2005, S. 259).

### 3.1.5.3. Aerobe Schwelle

Die aerobe Schwelle bildet den Übergang von Phase I zu Phase II und ist durch den ersten deutlichen Anstieg der Blutlaktatkonzentration über den Ruhewert gekennzeichnet (Pokan et al., 2004, S. 41) und liegt bei einem Laktatwert von 2 mmol/l (Weineck, 2004, S. 267). Für die Beurteilung der aeroben Leistungsfähigkeit sind jedoch nicht nur die absoluten bzw. relativen Werte der maximalen Sauerstoffaufnahme entscheidend, sondern auch die Fähigkeit des Organismus, die vorhandenen Kapazitäten entsprechend ausnützen zu können. Durch entsprechendes Ausdauertraining vergrößert sich nicht nur die maximale Sauerstoffaufnahme, sondern auch die Fähigkeit, einen höheren Prozentsatz der individuellen maximalen Sauerstoffaufnahme über einen längeren Zeitraum durchzuhalten (Weineck, 2004, S. 262).

Bis zur aeroben Schwelle kann das anfallende Laktat von der Muskulatur noch selbst beseitigt werden (Schurr, 2002, S. 32). Die aerobe Schwelle liegt je nach Trainingszustand zwischen 45- 65 % der  $VO_{2max}$  (Schurr, 2002, S. 33). Bei Untrainierten liegt die aerobe Schwelle bei 45- 50 % und bei Leistungssportlern bei 60- 65 % der  $VO_{2max}$  (Schurr, 2002, S. 33).

### 3.1.5.4. Anaerobe Schwelle

Die anaerobe Schwelle liegt bei etwa 4 mmol/ l und gibt Auskunft über die Auswirkungen des Trainings auf die Fähigkeit der möglichst hohen Ausschöpfung der maximalen Sauerstoffaufnahme (Gaisl, 1979). Dies ist insofern für die Praxis wichtig, als die maximale Sauerstoffaufnahme durch Training nur bis zu ~ 20 % gesteigert werden kann, die Fähigkeit zur Ausnutzung eines hohen Prozentsatzes dieser maximalen Sauerstoffaufnahme jedoch bis zu 45 % (Gaisl, 1979). In Abhängigkeit vom Trainingszustand liegt die anaerobe Schwelle bei 50- 95 % der  $VO_{2max}$  (Schurr, 2002, S. 33). Bei untrainierten Personen liegt sie bei 50- 65 % und bei Leistungssportlern bei 85- 95 % der  $VO_{2max}$  (Schurr, 2002, S. 33).

Fettleibige Personen besitzen, absolut gesehen, eine höhere  $VO_{2max}$  als Personen mit niedrigerem Gewicht. Allerdings stehen von dieser erhöhten  $VO_{2max}$  nur etwa 55 % dem aktiven Gewebe zur Verfügung. Die restlichen 45 % gehen für die Versorgung des überschüssigen Fettanteils verloren (Miller & Blyth, 1955).

### 3.1.6. Laktat

Aschwer (2008) führt an: „Bei hohen und sehr hohen (anaeroben) Belastungen bildet sich aus dem unzureichenden Abbau von Glukose im Muskel Milchsäure. Das Salz dieser Milchsäure wird als Laktat bezeichnet. Bei zu großer Anhäufung führt dies zur Übersäuerung, welche die sportliche Leistung stark beeinträchtigt.“

Die im Blut befindliche Laktatkonzentration ist das Resultat aus Laktatbildung und –abbau. Die maximale Laktatkonzentration hängt überwiegend vom Ausbelastungsgrad, den vorhandenen Stoffwechselkapazitäten und der Masse der eingesetzten Muskulatur ab (Löllgen, Erdmann & Gitt, 2010, S. 220). Für Ausdauersportarten ist die Bildung des Laktats unerwünscht, da es die Muskelarbeit behindert und damit auch die sportliche Leistung beeinträchtigt (Aschwer, 2008). Je besser ein Athlet trainiert ist, desto besser funktioniert die Sauerstoffversorgung der Muskulatur und der Abtransport von Laktat bei niedrigen und mittleren Belastungen (Aschwer, 2008).

Die Messung der Laktatkonzentration im Blut eines Sportlers ist eine effektive Maßnahme, um die Belastungsgestaltung und die Belastbarkeit im Ausdauertraining zu beurteilen. Knecht (2008, S. 8) gibt an, dass: „Die Laktatmessung kann die Wirkungsrichtung des Trainings, die anaerobe Mobilisationsfähigkeit und den Entwicklungsstand der aeroben Leistungsgrundlagen veranschaulichen sowie die Belastung in die verschiedenen Trainingsbereiche einordnen.“

Die Trainingsbelastung bewirkt nach Dauer,- Intensität- und Sportart unterschiedliche Stoffwechselwirkungen. Die Höhe der Laktatbildung gibt darüber Aufschluss ob eine aerobe, aerob- anaerobe oder anaerobe Belastung vorliegt (= *Wirkungsrichtung*) (Knecht, 2008, S. 8). Die *anaerobe Mobilisationsfähigkeit* wird in Training und Wettkampfsituationen beurteilt und benötigt eine Laktatkonzentration von 12- 20 mmol/ l Blut, die von der sportartspezifischen Geschwindigkeit abhängig ist (Knecht, 2008, S. 8). Beim *Entwicklungsstand der aeroben Leistungsgrundlagen* werden die individuellen Schwellen im Trainingsverlauf beobachtet. Um die Entwicklung der Ausdauerleistung zu beobachten, kommt es zur *Einordnung der Belastung in verschiedene Trainingsbereiche* wie den Kompensationsbereich, Grundlagenausdauerbereich, den Entwicklungsbereich und den Spitzenbereich (Knecht, 2008, S. 8). In den Trainingsbereichen vollziehen sich die grundlegenden leistungsphysiologischen Anpassungen, die zur Leistungsentwicklung notwendig sind

(Knecht, 2008, S. 8). Die im Labortest ermittelten Herzfrequenzen bei bestimmten Laktatkonzentrationen bilden die Grundlage zur Bestimmung der Herzfrequenzvorgaben für die entsprechenden Trainingsbereiche (Knecht, 2008, S. 8).

#### 3.1.6.1. Ruhelaktat

Die Laktatwerte in Ruhe sind von verschiedenen Merkmalen abhängig. Die Ernährung in Kombination mit dem Trainingszustand spielen den größten Einfluss (Pokan et al., 2004, S. 104). Die Normwerte bei Gesunden liegen zwischen 0,4 und 1,5 mmol/ l, im Mittel bei 0,9 mmol/ l (Pokan et al., 2009, S. 227).

#### 3.1.6.2. Laktatverlauf während Belastung

Laktat wird unter Ergometer-, Trainings- und Wettkampfbelastungen gemessen. Während eines Stufentests erfolgt am Ende jeder Belastungsstufe die Bestimmung der Herzfrequenz und die Entnahme eines Tropfen Blutes zur Ermittlung der Laktatkonzentration (Schmidt- Trucksäss et al., 2008, S. 29) bzw. zur Bestimmung der aeroben Leistungsfähigkeit über die Schwellenwerte (Pokan et al., 2004, S. 104). Die Laktat- Leistungskurve stellt die Beziehung zwischen der Herzfrequenz und der Laktatkonzentration pro Belastungsstufe dar (Schmidt- Trucksäss et al., 2008, S. 30).

Diese Kurve verfolgt auf niedrigen Belastungsstufen zunächst einen flachen Verlauf, da das entstehende Laktat im Muskel selbst verstoffwechselt werden kann und daher im System nicht messbar ist (Schmidt- Trucksäss et al., 2008, S. 30; Pokan et al., 2004, S. 105). Mit steigender Belastung überwiegt die Laktatbildung und es kommt zum ersten Anstieg der Blut- Laktatkonzentration über den Ruhewert hinaus ( $LTP_1$ = Laktat Turn Point).  $LTP_1$  kennzeichnet das Ende der aeroben Phase (Pokan et al., 2004, S. 105). Bei fortlaufender Belastungssteigerung kommt es zum zweiten Anstieg der Laktatkonzentration, die exponentiell verläuft und  $LTP_2$  genannt wird (Schmidt- Trucksäss et al., 2008, S. 30). Die Belastung wird durch den starken Abfall des pH-Wertes limitiert und abgebrochen (Pokan et al., 2004, S. 106).

### 3.1.6.3. Laktatverlauf bei Erholung

Nach dem Ende einer Belastung ist zu berücksichtigen, dass die Blutlaktatkonzentration erst nach 7- 12 Minuten ihr Maximum erreicht (Rost et al., 2001, S. 37). Bei niedrigen Laktatkonzentrationen beträgt die Halbwertszeit etwa 10 Minuten wohingegen bei hohen Konzentrationen die Halbwertszeit bis zu 25 Minuten betragen kann (Rost et al., 2001, S. 37). Im Mittel liegt sie jedoch bei etwa 15 Minuten. Durch aktive Erholung kann der Prozess beschleunigt und die Erholung auf fast die Hälfte der Zeit verkürzt werden (Rost et al., 2001, S. 37).

### 3.1.7. Herzfrequenz

#### 3.1.7.1. Ruheherzfrequenz

Wie oft das Herz bei völliger körperlicher Ruhe, ohne psychische und emotionale Belastung und störende Einflüsse schlägt, wird als Ruhe- Herzfrequenz bezeichnet (Bachl, Schwarz & Zeibig, 2006, S. 206). Bei Erwachsenen beträgt die Ruheherzfrequenz etwa 72 Schläge pro Minute. Eine niedrigere Ruheherzfrequenz lässt bei Gesunden auf eine gute Ausdauerleistungsfähigkeit und eine ökonomische Herzarbeit schließen (Bachl, Schwarz & Zeibig, 2006, S. 206).

#### 3.1.7.2. Maximale Herzfrequenz

Wie oft das Herz bei Spitzenbelastungen schlagen kann, ist in hohem Maß abhängig vom Lebensalter, vom Geschlecht, von der Leistungsbereitschaft und von der muskulären Mobilisationsfähigkeit (Bachl, Schwarz & Zeibig, 2006, S. 207). Als grobe Richtlinie zur Berechnung der maximalen Herzfrequenz wird für Männer die Formel:  $Hf_{\max} = 220 - \text{Lebensalter}$  angegeben. Für Frauen wird von Schweizer Experten die Formel:  $Hf_{\max} = 226 - \text{Lebensalter}$  empfohlen (vgl. Gerig, 2000, S. 35) da sie im Vergleich zu Männern bei gleicher Sportart und gleicher Beanspruchung 5- 10 Schläge pro Minute höhere Hf- Werte haben (vgl. Hottenrott, 1994).

### 3.1.7.3. Erholungsherzfrequenz

Im Verhalten der Herzfrequenz nach Belastungsende können grobe Aussagen über die Ausdauerleistungsfähigkeit gemacht werden (Bachl, Schwarz & Zeibig, 2006, S. 207). Hierzu wird meistens die ein-, zwei- oder drei Minuten Erholungsherzfrequenz angegeben und von der Herzfrequenz bei Testende subtrahiert (Kaya et al., 2009). Ein beschleunigter Rückgang der Herzfrequenz ist assoziiert mit einer ausgeprägten Ausdauerleistungsfähigkeit von trainierten Personen (Bachl, Schwarz & Zeibig, 2006, S. 207; Darr et al., 1988; Du et al., 2005). Bei gut- Ausdauertrainierten sinkt die Frequenz nach einer Maximalbelastung in der ersten Erholungsminute um ca. 35 Schläge/ Minute. Nach 3 Minuten sollte die Frequenz unter 110 Schläge/ Minute sinken. Das Absinken bis zum Ausgangswert kann Stunden dauern (Bachl, Schwarz & Zeibig, 2006, S. 207).

### 3.1.8. Blutdruckverhalten

Der systolische Blutdruck steigt unter zunehmender Belastung kontinuierlich an wohingegen sich die diastolischen Werte nur gering erhöhen (Hollmann, Hettinger & Strueder, 2000). Unter physiologischen Bedingungen sollte der systolische Blutdruck um 5–10 mmHg pro MET (ca. 20– 30 W) ansteigen (Foster & Porcari, 2006). Der Blutdruck sollte bei untrainierten gesunden Personen unter maximaler Belastung systolisch nicht über 250 mmHg oder nicht mehr als 140 mmHg über den Ausgangswert erreichen (Foster et al., 2006). Werte von bis zu 190- 220 mmHg gelten als normal (Tzemos, Lim & MacDonald, 2002). Allerdings sind bei ausdauertrainierten, leistungsfähigeren Personen in Abhängigkeit der Maximalleistung auch deutlich höhere systolische Blutdruckwerte durchaus physiologisch. Eine Belastungshypertonie oder unzureichend medikamentös behandelte arterielle Hypertonie liegt daher dann vor, wenn der Blutdruck, gemessen bei der Fahrradergometrie, auf einer gegebenen Wattstufe, den nach der Formel:  $RR_{syst} = 120 + 0,4 \times (Watt + \text{Lebensalter in Jahren})$  errechneten Wert übersteigt (Heck, Rost & Hollmann, 1984, S. 243).

### 3.2. Trainingsbereiche

Zur besseren Strukturierung des Trainings teilt man das Training in unterschiedliche Bereiche ein, die sich in der Intensität und in der Art der Belastung unterscheiden (Schmidt, 2010, S. 56).

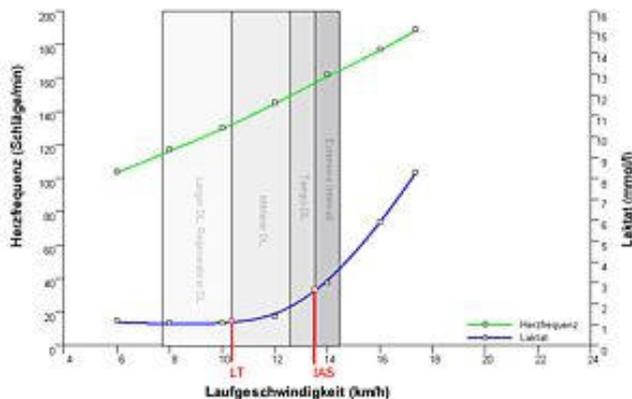


Abbildung 5: Laktatleistungskurve- Trainingsbereiche (Quelle: [http://www.medizin.uni-tuebingen.de/sportmedizin/pics/misc/laktatkurve\\_gross.jpg](http://www.medizin.uni-tuebingen.de/sportmedizin/pics/misc/laktatkurve_gross.jpg), Zugriff 16. Juni 2011)

#### 3.2.1. Kompensationsbereich (KB)

Das Training im Kompensationsbereich dient der aktiven Erholung und der Wiederherstellung nach Wettkämpfen oder hartem Training (Schmidt, 2010, S. 56). Ziel ist die aktive, sportartspezifische Erholung (Schmidt, 2010, S. 56).

Die Intensität ist sehr niedrig, aerob und liegt bei einem Laktatwert von 0- 2 mmol/ l. Aufgrund des regenerativen Charakters beträgt die Belastungsdauer zwischen 30- 40 Minuten, die in Form der Dauerform trainiert wird (Schurr, 2002, S. 124).

#### 3.2.2. Grundlagenausdauerbereich (GA)

Ein großer Teil des Wintertrainings für Radsportler findet in diesem Bereich statt. GA-Trainingseinheiten sind durch große bis sehr große Umfänge mit geringer Intensität gekennzeichnet (Schmidt, 2010, S. 57). Der Grundlagenausdauerbereich wird

nochmals in zwei Intensitätsstufen eingeteilt: Grundlagenausdauer 1 und Grundlagenausdauer 2 (Schmidt, 2010, S. 57).

#### 3.2.2.1. Grundlagenausdauerbereich 1

Das Training im ökonomisierenden GA1 führt zur Entwicklung und Stabilisierung der Grundlagenausdauer (Schurr, 2002, S. 124). GA1- Training verbessert und ökonomisiert das Herz- Kreislauf- Atmungssystem und bildet die Grundlage für intensivere Belastungen.

Das GA1- Training wird mit niedriger bis mittlerer Intensität, aerob und im Laktatbereich von 0- 3 mmol/ l durchgeführt. Die Dauerperiode kommt hier für 30- 120 Minuten zum Einsatz (Schurr, 2002, S. 124).

#### 3.2.2.2. Grundlagenausdauerbereich 2

Das Training im erweiterten Grundlagenausdauerbereich dient ebenfalls zur Entwicklung der Grundlagenausdauerfähigkeit im aerob/ anaeroben Bereich (Schurr, 2002, S. 125). Die Intensitäten sind mittel bis hoch, aerob/ anaerob in einem Laktatbereich von 3- 6 mmol/ l. Das Training erfolgt vorwiegend mittels der Dauerperiode sowie der Intervall- und Wiederholungsmethode. Das Training wird über eine Dauer von 20- 60 Minuten durchgeführt (Schurr, 2002, S. 125).

#### 3.2.3. Entwicklungsbereich (EB)

Der Entwicklungsbereich ist laut Lindner (1993) der Trainingsbereich, der auf die Entwicklung wettkampfspezifischer Ausdauer zielt. Er dient der Ausbildung und der Optimierung des aerob- anaeroben Übergangsbereichs, der sogenannten Schwellenleistung. Der Organismus soll auf Wettkampfsituationen vorbereitet und die Laktatelemination verbessert werden (Lindner, 1993).

#### 3.2.4. Spitzenbereich

Im Spitzenbereich wird die wettkampfspezifische Ausdauer im anaeroben Bereich entwickelt. Das Training wird mit maximaler, anaerober Intensität in Form der Intervallmethode über eine Dauer von 10- 20 Minuten durchgeführt. Der Laktatbereich beträgt 5- 20 mmol/ l (Schurr, 2002, S. 125).

#### 4. Forschungsfragen und Hypothesen

Das Konzept von Mrs. Sporty (<http://www.mrssporty.de/trainieren-bei-mrssporty-wenig-aufwand-viel-effekt-und-jede-menge-spas>, Zugriff am 23.11. 2011): „Bei Mrs.Sporty können Frauen in angenehmer Atmosphäre Körperfett reduzieren, Muskeln aufbauen und ihre Haltung verbessern. Dabei kommt es weder auf das Alter noch auf die bisherige persönliche Fitness an. Schon zwei bis drei halbstündige Trainingseinheiten pro Woche wirken sich nachweislich positiv auf Figur und Gesundheit aus.“

Nach Bearbeitung der Literatur bezüglich des Kraft- und Ausdauertrainings hinsichtlich der Faktoren: maximale Sauerstoffaufnahme, Fettverbrennung, Energieverbrauch und Intensität, haben sich für mich einige Fragen aufgetan.

Aus früheren Studien geht hervor, dass die höchste Fettverbrennungsrate in einem Intensitätsbereich von 48- 72 % der  $VO_{2max}$  (Venables, Achten & Jeukendrup, 2005; Achten et al., 2002) bzw. 68- 79 % der  $Hf_{max}$  (Achten et al., 2002) liegt. Erreichen sowohl die jungen als auch älteren untrainierten Probandinnen mit dem Easy- Line- Zirkel den trainingswirksamen Bereich zur Fettverbrennung oder ist die Intensität zu gering oder zu hoch? Welche Stoffwechselbereiche (aerob, anaerob) werden von den Probandinnen in der langsamen bzw. der schnellen Runde erreicht?

Des Weiteren hat sich gezeigt, dass der Energieverbrauch und die maximale Sauerstoffaufnahme signifikant von der Muskelmasse (Kalb & Hunter, 1991), der Bewegungsgeschwindigkeit (Ballor, Becque & Katch, 1987; Mazzeti, Douglass, Yocum & Harber, 2007), der Anzahl an Sätzen (Haddock & Wilkin, 2006; Phillips & Ziuraitis, 2003) und der Wiederholungszahl (Ratamess et al., 2007) abhängen. Das ACSM empfiehlt einen Energieverbrauch von 150- 400 kcal/ Tag bzw. 1000- 3000 kcal/ Woche bei einer Intensität zwischen 64- 94 % der  $Hf_{max}$  zu erreichen um gesundheitliche Erfolge zu erzielen (ACSM, 2006). Um das Gewicht zu reduzieren soll laut Lakka und Bouchard (2005) ein wöchentlicher Mehrverbrauch von 2500 kcal erreicht werden. Das entspräche einer moderat körperlichen Aktivität von 80- 90 Minuten um die neuerliche Gewichtszunahme bei Übergewichtigen zu vermeiden (Lakka & Bouchard, 2005). Aufgrund dieser Informationen stellt sich die Frage ob die Belastung im Easy- Line- Zirkel hoch genug ist, um einen Mehrumsatz von 2500 kcal/ Woche mittels 2 Zirkelrunden an 3 Tagen pro Woche zu erreichen? Wenn nicht, wie

viele Runden müssten die Probandinnen durchführen? Gibt es einen Unterschied zwischen der langsamen bzw. schnellen Runde hinsichtlich des Energieverbrauches (kcal) zwischen den 2 Gruppen (Jung/ Alt)?

Daraus lassen sich folgende Hypothesen formulieren:

H<sub>0</sub>: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen Jung und Alt.

H<sub>1</sub>: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen Jung und Alt.

H<sub>0</sub>: Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen schneller und langsamer Zirkelrunde.

H<sub>1</sub>: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen schneller und langsamer Zirkelrunde.

## **5. Methode und Ziel der Studie**

### **5.1. Hintergrund**

Das Ziel dieser Studie ist es, herauszufinden ob diese Kraftausdauertrainingsform zu einem signifikanten Anstieg des Energieverbrauches führt, und ob es Unterschiede zwischen unterschiedlichen Altersklassen, Trainingszuständen und Ausführungsgeschwindigkeiten gibt.

Diese Studie soll, basierend auf einer systematischen Literatursuche in der wissenschaftlichen online Datenbank „PubMed“, ergänzt durch Handsuche, den aktuellen Datenstand über die Wirkung des Zirkeltrainings Auskunft geben.

### **5.2. Ziel**

Im Rahmen der Masterarbeit wird eine Pilotstudie durchgeführt, welche untersucht, ob dieses Kraftausdauer- Zirkeltraining für untrainierte Damen unterschiedlicher Altersklassen zu den gleichen Erfolgen führt.

Einige oben angeführte Studien belegen die positiven Effekte des verwendeten Trainingsprinzips (Sperstad- McElyea, 2009), (Takeshima et al., 2004), (Frontera W., Meredith C., O`Reilly K. & Evans W., 1990).

Das primäre Ziel der Studie läuft darauf hinaus, die Wirksamkeit dieses Zirkeltrainings mittels mobiler Ergospirometrie (Oxycon Mobile, VIASYS Healthcare, Hoechberg, Germany) zu testen. Nachdem die Kunden aus Gründen der Zeitersparnis kommen und das Ziel der Gewichtsreduktion verfolgen, stellt sich die Frage ob dieses Training innerhalb von 30 Minuten zu einer signifikanten Steigerung des Energieverbrauches bei Trainierten und Untrainierten bzw. bei alten und jungen Probandinnen führt.

### **5.3. Testmethode: „LIFE“- Trainingsprinzip mittels Easy Line Zirkel**

„LIFE“ bietet wie viele andere Fitnessstudios ein modernes Zirkeltraining („Easy Line“ von Technogym), das sich stark von dem bekannten Zirkeltraining unterscheidet. An modernen Kraftgeräten wird ein Ganzkörpertraining an verschiedenen Stationen im Kreis durchlaufen und wiederholt durchgeführt. Aufgrund der Pausen, die durch den

ständigen Wechsel zwischen Gerät und Stepper auftreten, kann dieses Zirkeltraining als eine Form des Intervalltrainings verwendet werden. Bei anderen Trainingsformen wird die maximale Sauerstoffaufnahme durch die Pumpleistung des Herzens limitiert. Die Pausen bei einem Intervalltraining erlauben höhere Intensitäten während der Trainingsphase, die zu einer größeren Steigerung der Pumpleistung des Herzens führen als niedrigere Intensitäten (Tjonna et al., 2008).

Bei einem Zirkeltraining wird bei jedem Wechsel der Übungsstation eine andere Muskelgruppe belastet. Dadurch benötigen die Muskeln während des Trainings nur eine geringe Regenerationszeit, weil das angefallene Laktat abgebaut während eine andere Muskelgruppe trainiert wird. Mit einem Zirkeltraining kann man in kurzer Zeit einen hohen Trainingsumfang absolvieren (Sperstad- McElyea, 2009). Die normalerweise 8- 10 Geräte werden 2- 3 Mal durchlaufen. Fitnessstudios bieten dieses Kreistraining meist neben den herkömmlichen Geräteparks an oder man geht in die kleinen Fitnessstudios, die ausschließlich dieses Training anbieten. Entwickelt wurden die Studios mit Zirkeltraining speziell für Frauen in den USA. Unter dem Namen „Curves“ gibt es seit 1992 dort diese Studios. Weltweit sind es bisher über 10.000 Studios (Vitafeel Figurstudio für Frauen, 2010). Die Curves- Studios sind bei uns eher selten vertreten. Es gibt aber einige andere Ketten, die sich etabliert haben. Die bekanntesten sind Mrs. Sporty, Calorie Coach, bellissima, Moves (Vitafeel Figurstudio für Frauen, 2010) und einige Einzelbetreiber, wie „LIFE“. „LIFE“ ist ein Fitnessstudio, in dem die Mitglieder in einem Zirkel, bestehend aus 9 hydraulischen Kraftgeräten und 9 Steps, trainieren. Aufgrund der „Push and Pull- Bewegungen“ am Gerät, trainiert man sowohl Agonist als auch Antagonist (Wilser, 2007). Die Übungen auf dem Step können sowohl zur Steigerung der Ausdauer, Koordination oder Kräftigung sein. Der Großteil der Trainierenden absolviert zwei Zirkelrunden, bei dem abwechselnd 30 Sekunden an einem Kraftgerät und 30 Sekunden am Step trainiert wird. Die Bewegungsgeschwindigkeit wird vom/ von der Trainer/ Trainerin vorgegeben und sollte, soweit es die körperliche und psychische Verfassung der Probandinnen zulässt, eingehalten werden.

Einige Studien untersuchten die Effekte von Zirkeltraining hinsichtlich der Kraftsteigerung, der kardiovaskulären Verbesserung, des erhöhten Energieverbrauches und des Nachbrenn- Effektes und kamen zu folgenden Ergebnissen:

### 5.3.1. kardiovaskuläre Veränderungen und Steigerung der Kraft

Zirkeltraining kombiniert Ausdauer- mit Kraftelementen, die über einen bestimmten Zeitraum mit ungefähr 10- 15 Wiederholungen und meist mehreren Durchgängen ausgeführt werden (Fleck & Kraemer, 1997). Dazwischen werden Pausen von 15- 30 Sekunden eingehalten. Fleck et al. (1997) zeigt, dass ein Zirkeltraining zur Steigerung der Kraft, der kardiovaskulären- und der Muskelausdauer führt.

Es sind viele Faktoren bekannt, die die Beziehung von Hf und  $VO_2$  beeinflussen (Verrill, Shoup, McElveen, Witt & Bergey, 1992). Hierbei spielt zum Beispiel die Art des Trainings, das Gewicht, die Satzpausen, der Trainingszustand und die Einnahme von Medikamenten eine wichtige Rolle (Verrill et al., 1992).

Einige Studien (Collins, Cureton, Hill & Ray, 1991; Garbutt, Boocock, Reilly & Troup, 1994) behaupten, dass ein Zirkeltraining mit einer Intensität von 40 % des 1RM keine Stimulierung der maximalen Sauerstoffaufnahme hervorruft obwohl mit einer Herzfrequenz von 60 % der  $Hf_{max}$ , wie laut ACSM empfohlen, trainiert wird. Die Studie von Mosher, Underwood, Ferguson und Arnold (1994) widerlegt diese Annahme. Es wurde ein 45- minütiges Zirkeltraining mit einer Intensität von 40- 50 % des 1RM und darin 5 inkludierten 3 minütigen Aerobic- Stationen mit einer Intensität von 75- 85 % der maximalen Herzfrequenz, getestet. Die Ergebnisse zeigten eine Steigerung der Kraft und der maximalen Sauerstoffaufnahme und eine Senkung des subkutanen Fettes. Dieses Training ist laut Autoren nur als Ausdauersteigerung und nicht als Krafttraining gedacht. Eine andere Studie, die mit einer viel geringeren Intensität trainierte, führte ebenfalls positive Ergebnisse an. Kaikkonen, Yrjämä, Siljander, Byman und Laukkanen (1999) untersuchten die Effekte eines hydraulischen Zirkel- Krafttrainings auf ältere Menschen. Die Probanden und Probandinnen trainierten 12 Wochen an 10 hydraulischen Geräten mit einer Intensität von 20 % des 1RM bei einer Herzfrequenz zwischen 70- 80 % der  $Hf_{max}$ . Das Trainings- Pausenverhältnis betrug 40 Sekunden Training zu 20 Sekunden Pause. Das Training führte bei den Probanden und Probandinnen der Zirkeltrainingsgruppe zur Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme. Die Studie von Jürimäe T., Jürimäe J. und Pihl (2000) anhand übergewichtiger Frauen untersuchte ein Zirkeltraining, bestehend aus den Geräten: Beinstreckung, Bankdrücken, Beinpresse und Sit- ups. Der Energieverbrauch wurde konstant auf 270 kcal gehalten. Die Übungen wurden 4 Mal

mit 75 % des 1RM<sup>20</sup> und einer Wiederholungszahl von 8- 12 Wh durchlaufen. Es zeigte sich, dass das Training bei 30- 40 jährigen, übergewichtigen Damen zu einer Steigerung der kardiovaskulären Ausdauer führte. Bei postmenopausalen Frauen führt Zirkeltraining zur Verbesserung der neuromuskulären und kardiorespiratorischen Ausdauer (Brentano et al., 2008). Zur Steigerung oder zum Erhalt der Knochendichte wird ein hoch- intensives Krafttraining empfohlen (Brentano et al., 2008). Die Studie von Hazley, Ingle, Tsakirides, Carroll und Nagi (2010) zeigt, dass ein 8- wöchiges Zirkeltraining (bestehend aus annähernd den selben Geräten wie im Easyline- Zirkel) mit einer Intensität von 50- 60 % des 1RM, das 2 Mal/ Woche durchgeführt wird zur Senkung des Gesamtabdominal- Fettes und zur Senkung des Hüftumfangs führt, jedoch keine Auswirkungen auf den Typ 2 Diabetes Risikofaktor ausübt. Die fehlende Wirkung auf Typ 2 Diabetes kann auf die Dauer und das Volumen zurückgeführt werden (Hazley et al., 2010). Eine Studie, bei der die Probanden und Probandinnen an ähnlichen Geräten wie in dieser Magisterarbeit für 10 Wochen mit einer Intensität von 40- 50 % des 1RM in Form eines Zirkeltrainings (Arbeit: 20- 30 Sekunden, Pause: 10- 30 Sekunden) trainierten, zeigte, dass das Training bei Männern und Frauen zur Hypertrophie der Typ II- a- Fasern (Harber, Fry, Rubin, Smith & Weiss, 2004) führte. Frühere Studien aus den 80er Jahren zeigten, dass nach einem Zirkeltraining, das mit einer Intensität von 40- 50 % des 1RM durchgeführt und mit kurzen Pausen gestaltet wurde (1:1 bzw. 2:1 Arbeit zu Pause Verhältnis), eine Steigerung der Kraft bei Männern und Frauen, sowie signifikante Veränderungen der Körperkomposition (Gettman, Cutler & Stratham, 1980; Gettman, Ward & Hagan, 1982; Haennel, Teo, Quinney & Kappagoda, 1989), die sich in einer Abnahme des Körperfettes äußerte (Gettman & Pollock, 1981) auftreten.

In der Studie von Takeshima, Rogers, Islam, Yamauchi, Watanabe und Okada (2004) wurde das sogenannte PACE- Programm untersucht. Dies bestand aus einem 30 minütigem Ausdauertraining (Rad oder Laufband), das vor dem Zirkeltraining (an 8 hydraulischen Geräten) absolviert wurde. Der Zirkel umfasste Geräte, die dieselben Muskelgruppen wie der Easy- Line- Zirkel beanspruchten. Die Teilnehmerinnen trainierten 30 Sekunden an einem Gerät und wechselten dann zu einem Step auf das 30 Sekunden hinauf und hinunter gestiegen wurde. Die Probandinnen absolvierten einen Durchgang mit 8- 12 Wiederholungen an 3 Tagen pro Woche über einen Zeitraum von

---

<sup>20</sup>1RM= 1 repetition maximum= Intensität mit der gerade noch 1 Wiederholung geschafft wird

12 Wochen. Das PACE- Training führte zu einer Steigerung der kardiorespiratorischen Ausdauer, zu einer Steigerung der Muskelkraft und zu einer Senkung des subkutanen Fettes. In der Studie von Grier, Lloyd, Walker und Murray (2002) wurden erfahrene, aktive, moderat trainierte Frauen (2x/ Woche Sport in den letzten 2 Monaten) im Alter von 19- 47 Jahren bei der Durchführung von „Aerobic Dance Bench Stepping“<sup>21</sup> mit unterschiedlichen Stephöhen (6 bzw. 8 Inch= 15,24 bzw. 20,32 Zentimeter) und Geschwindigkeiten (125 vs. 130 Schläge/ Minute) hinsichtlich des Kalorienverbrauches, der maximalen Sauerstoffaufnahme und der Herzfrequenz untersucht. Die Ergebnisse zeigten signifikante Unterschiede zwischen den 2 verschiedenen Stephöhen hinsichtlich der Herzfrequenz,  $VO_{2max}$  und des Kalorienverbrauchs. Beim höheren Step sind alle Werte signifikant höher. Laut Studie scheint die Stephöhe für den Energieverbrauch eine wichtigere Rolle zu spielen als die Geschwindigkeit.

Um Verletzungen beim ADBS vorzubeugen und effektive Verbesserungen der kardiorespiratorischen Ausdauer herbeizuführen, empfiehlt die „Aerobic and Fitness Association of America“ (AFAA) eine Herzfrequenz von 118- 128 Schlägen/ Minute bei einer Stephöhe zwischen 15,24- 20,32 Zentimeter (bei  $Hf > 120$  kommt es zu koordinativen Schwierigkeiten bei Anfängern).

In der Studie von Dalleck, Borresen, Wallenta, Zahler und Boyd (2008) wurde ein Walkingprogramm, das an 3- 4 Tagen/ Woche absolviert wurde, über eine Dauer von 10 Wochen getestet. Das Training, das durchschnittlich mit rund 70 % der  $Hf_{max}$  ausgeführt wurde und in einem wöchentlichen Energieverbrauch von rund 1000 kcal/ Woche resultierte, steigerte die kardiovaskuläre Ausdauer, verbesserte die HDL-Konzentration und senkte den Ruheblutdruck von sedentären premenopausalen Frauen. Das ACSM empfiehlt einen Energieverbrauch von 150- 400 kcal/ Tag bzw. 1000- 3000 kcal/ Woche bei einer Intensität zwischen 64- 94% der  $Hf_{max}$  zu erreichen um gesundheitliche Erfolge zu erzielen (ACSM, 2006). In der oben beschriebenen Studie wurde die Untergrenze des von ACSM empfohlenen Energieverbrauchs pro Woche erreicht.

---

<sup>21</sup>Aerobic dance bench stepping= ADBS= choreografierte Arm und Bein- Tanzbewegung während des Hinauf- und hinuntersteigens eines Steps

### 5.3.2. Energieverbrauch und EPOC

Der Energieverbrauch im Ausdauersport wurde schon ausführlich beschrieben. Über den Kalorienverbrauch beim Krafttraining sind dagegen nur limitierte Informationen erhältlich (Kuehl, Elliot & Goldberg, 1990). Frühere Studien untersuchten lediglich den Energieverbrauch beim Gewichtheben mit nur einem Satz (Byrd, Hopkins- Price, Boatwright & Kinley, 1988; Hunter, Blackman, Dunnam & Flemming, 1988; Scala, McMillan, Blessing, Rozenek & Stone, 1987) bzw. bei verschiedenen Kraftübungen (Hempel & Wells, 1985; Hickson, Bouno, Wilmore & Constable, 1984).

Die Ergebnisse der Studie von Kuehl et al. (1990) zeigen, dass der Energieverbrauch in Zusammenhang mit der totalen Arbeit (kg Gewicht x Wiederholungen) und dem Gewicht steht. Je höher die Intensität des Krafttrainings desto höher der Energieverbrauch. Wird eine Veränderung der Körperkomposition angestrebt, sollte mit 80 % des 1RM trainiert werden (Kuehl et al., 1990). Scala et al. (1987) führen in ihrer Studie an, dass ein Training an großen Muskelgruppen und mit höherem Volumen die metabolische Rate erhöht und hilft die Ausdauerleistung und die Körperzusammensetzung zu verbessern. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass der Energieverbrauch und die maximale Sauerstoffaufnahme signifikant von der Muskelmasse (Kalb & Hunter, 1991), der Bewegungsgeschwindigkeit (Ballor, Becque & Katch, 1987; Mazzeti, Douglass, Yocum & Harber, 2007), der Anzahl an Sätzen (Haddock & Wilkin, 2006; Phillips & Ziuraitis, 2003), der Wiederholungszahl (Ratamess et al., 2007), der Pausenintervalle (Degroot, Quinn, Jertzer, Vroman & Olney, 1998; Ratamess et al., 2007), dem Gewicht (Thornton & Potteiger, 2002) und dem Volumen (Kang et al., 2005) abhängen.

Der Nachbrenneffekt spielt eine größere Rolle bei der Gewichtsreduktion als bisher angenommen (Maehlum, Grandmantage, Newsholme & Sefersted, 1986; Sedlock, Fissinger & Melby, 1989). Neben der Kalorienaufnahme durch Nahrung spielt die Intensität, Dauer und die Art des Trainings eine wichtige Rolle bei der Reduzierung von Körperfett (Maehlum et al., 1986; Sedlock et al., 1989). Etliche Studien (Binzen, Swan & Manore, 2001; Crommett & Kinzey, 2004; Haddock & Wilkin, 2006; Hunter, Seelhorst & Snyder, 2003; Jamurtas et al., 2004; Melanson et al., 2002; Thornton & Potteiger, 2002) untersuchten den Energieverbrauch während und nach einem bestimmten Krafttraining, bei denen die Werte zwischen 64- 362 kcal bzw. zwischen 6- 52 kcal liegen, die je nach Intensität, Art der Übung und Dauer der Messung in der

Erholungsphase variieren. Diese Studien bestätigen die Annahmen von Maehlum et al. (1986) und Sedlock et al. (1989), dass die Intensität, die Pausendauer zwischen den Sätzen, die Bewegungsgeschwindigkeit, die Wiederholungszahl und die Anzahl an Sätzen die Höhe von EPOC<sup>22</sup> beeinflussen. Die Studie von Scott (2006) führt an, dass Krafttraining zur Steigerung des Energieverbrauches beiträgt. Wenn das Training auf Kraftausdauer zielt (60 % des 1RM), dann erhöht sich laut Scott der Energieverbrauch und das Gewicht wird reduziert. Außer der Studie von Da Silva, Brentano und Kruehl (2010) ist keine Studie bekannt, die sich mit der Variable der Trainingsart beschäftigt hat. Da Silva et al. (2010) testeten an 8 jungen (~ 23 Jahre), aktiven Frauen das Verhalten von EPOC nach zwei unterschiedlichen Trainingsformen. Zu den Trainingsformen gehörte das PE<sup>23</sup>- Training und ein Zirkeltraining. Diese zwei Methoden bestanden aus 7 Kraftübungen, die die großen Muskelgruppen (Brust, Rücken, Beine) beanspruchten und mit einer Intensität von 50- 55 % des 1RM ausgeführt wurden. Die Reihenfolge der Übungen variierte bei den zwei Formen. Zwischen den Sätzen wurde keine bzw. eine kurze Pause (15- 30 Sekunden) eingelegt. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Trainingsformen zu ähnlichen EPOC- Werten führen wie ein Krafttraining mit höherer Intensität und dass untereinander keine Unterschiede auftreten. Zu dem gleichen Ergebnis kamen auch Olds und Abernethy (1993), die die Höhe und Dauer von EPOC nach leichtem bzw. hartem Krafttraining untersuchten. Beide Trainingsformen führen zu einer Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme nach dem Training bzw. zu einer Steigerung der Höhe und Dauer von EPOC, die keine signifikanten Unterschiede zwischen den Formen erkennen ließen. Die Ergebnisse waren jedoch starken individuellen Unterschieden unterworfen. Des Weiteren kamen Elliot, Goldberg und Kuehl (1992) zu dem Ergebnis, dass sowohl Zirkeltraining als auch hoch intensives Krafttraining die gleiche Wirkung auf EPOC haben wie ein Aerobic- Training. Eine Studie aus dem Jahr 2002 bestätigt, dass bei Männern keine Unterschiede des EPOC (24 Stunden nach dem Training) und der Substratutilisation zwischen einem Ausdauer- bzw. einem Krafttraining ersichtlich sind (Melanson et al., 2002). Crommet und Kinzey (2004) kamen selbst bei übergewichtigen Frauen zu dem Ergebnis, dass keine Unterschiede des EPOC nach einem Kraft- bzw. eines Ausdauertrainings mit demselben Kalorienverbrauch erkennbar sind. Gillette, Bullough

---

<sup>22</sup>EPOC= excess postexercise oxygen consumption= Sauerstoffverbrauch nach Belastung= „Nachbrenneffekt“

<sup>23</sup> PE= pre- exhaustion= vor- Ermüdung

und Melby (1994) kamen jedoch zu dem Ergebnis, dass nach einem Krafttraining der „Nachbrenneffekt“ länger andauert als nach einem moderaten Ausdauertraining. Ebenso führen Laforgia, Withers, Shipp und Gore (1997) in ihrer Studie an, dass die Sauerstoffaufnahme nach einem Ausdauertraining für 9 Stunden erhöht war und der Kalorienverbrauch zwischen 35- 70 kcal lag. Einige andere Studien an normalgewichtigen Personen zeigen Unterschiede des EPOC nach einem Ausdauer- bzw. Krafttraining (Bahr, Gronnerod & Sejersted, 1992; Bahr et al., 1987; Gillette, Bullough & Melby, 1994; Haltom et al., 1999). Wenn Ausdauer- und Krafttraining in einer Trainingseinheit kombiniert werden, dann sollte laut Drummond, Vehrs, Schaalje und Parcell (2005) darauf geachtet werden, dass zuerst das Ausdauer- und dann das Krafttraining absolviert wird, da der EPOC in dieser Reihenfolge höher ist. Des Weiteren vermuten Elliot et al. (1992), dass der Nachbrenneffekt von der betätigten Muskelmasse abhängt. Nach dem Training sollten die oberen und unteren Muskelgruppen bewegt werden um den Energieverbrauch noch zu erhöhen (Elliot et al., 1992). Bei Frauen spielt die Phase des Menstruationszyklus eine weitere entscheidende Rolle wie die Studie von Braun, Hawthorne und Markofski (2005) zeigt. Sie untersuchten Frauen in der frühen bis mittleren Follikel Phase, die ein Ausdauer- bzw. ein Zirkel- Kraft- Training mit gleichwertigem Energieverbrauch absolvierten. Die Ergebnisse beweisen, dass ein Zirkeltraining während des Menstruationszyklus 30 und 60 Minuten nach Trainingsende zu einem höheren Energieverbrauch führt als ein Ausdauertraining. Der signifikant niedrigere RER<sup>24</sup> nach dem Krafttraining deutet die erhöhte Fettverbrennung an (Braun et al., 2005).

---

<sup>24</sup> RER= respiratory exchange ratio= Verhältnis zwischen Kohlendioxidabgabe und Sauerstoffaufnahme

## 6. Methodische Durchführung

### 6.1. Studiendesign

Bei dieser Untersuchung handelte es sich um eine offene, kontrollierte Pilotstudie bei der jeweils 5 freiwillige Teilnehmerinnen einer Gruppe der 20- 30 jährigen bzw. der 50- 60 jährigen zugeteilt wurden.

### 6.2. Ein- und Ausschlusskriterien

In dieser Studie wurde der „Vergleich der Wirksamkeit eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings zwischen zwei Generationen“ anhand der mobilen Ergospirometrie (Oxycon Mobile, VIASYS Healthcare, Hoechberg, Germany) bei Damen im Alter zwischen 20- 30 sowie 50- 60 Jahren untersucht. Die Teilnehmerinnen mussten weiblich, gesund, untrainiert und im Alter zwischen 20- 30 bzw. 50- 60 Jahren sein um in die Studie eingeschlossen zu werden. Als Ausschlusskriterien galten: Über- bzw. Unterschreitung der Altersgrenzen, Vorliegen gesundheitlicher Ausschlusskriterien laut PAR- Q (Physical Activity Readiness Questionnaire), Herz- Kreislauferkrankungen, nicht behandelter Bluthochdruck, Diabetes, Dauermedikation, chronische Beschwerden, Karditis<sup>25</sup>, Herzinsuffizienz<sup>26</sup>, schwere Herzklappenfehler, gefährliche Herzrhythmusstörungen in Ruhe oder Aortenaneurysma<sup>27</sup>, gleichzeitige Teilnahme an anderen Studie, Schwangerschaft, akute Verletzungen und Abnormalitäten im Ruhe- sowie im Belastungs- EKG. In dieser Studie erfüllten alle Probandinnen die Voraussetzungen. Keine wurde von der Untersuchung ausgeschlossen.

---

<sup>25</sup>Karditis= Sammelbegriff für entzündliche Erkrankungen des Herzens (Kardia)

<sup>26</sup>Herzinsuffizienz= krankhafte Unfähigkeit des Herzens, die vom Körper benötigte Blutmenge ohne Druckanstieg in den Herzvorhöfen zu fördern

<sup>27</sup>Aortenaneurysma= Aussackung der Aorta

### 6.3. Teilnehmerinnen

An dieser Studie nahmen 10 gesunde, untrainierte, weibliche Teilnehmerinnen teil, die in zwei Gruppen (5 untrainierte 20- 30 jährige [Jung] und 5 untrainierte 50- 60 jährige [Alt]) eingeteilt wurden. Das Durchschnittsalter der „jungen“ Gruppe mit 25 (SD  $\pm$  3,63) und der „alten“ Gruppe mit 56 (SD  $\pm$  3,4) Jahren unterschied sich signifikant ( $p < 0,001$ ) um 31 Lebensjahre. Die Größe und das Gewicht der Probandinnen, sowohl der älteren als auch der jüngeren Damen, zeigten keine signifikanten Unterschiede. Die Charakteristiken Alter, Größe und Gewicht sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Eigenschaften der Gruppen

Gruppenzugehörigkeit		N	Mittelwert	Sd
Alter	Jung	5	25,36 *	3,63
	Alt	5	55,7 *	3,40
Größe	Jung	5	159,3	6
	Alt	5	159,6	7,96
Gewicht	Jung	5	65,5	14,46
	Alt	5	59,9	10,94

N= Anzahl der Probandinnen; sd= Standardabweichung

\*signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ )

## 6.4. Protokoll

### 6.4.1. Laboruntersuchung

Die Untersuchung wurde am Österreichischen Institut für Sportmedizin (ÖISM) am Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport durchgeführt. Die Probandinnen wurden vorab angewiesen nicht mit leerem Magen zur Testung zu erscheinen. Es wurde für alle Probandinnen dasselbe Testprotokoll verwendet.

#### 6.4.1.1. Aufklärung und Anamnese

Jede Teilnehmerin wurde über das Ziel und den Ablauf dieser Studie informiert. Die Möglichkeit auftretender Risiken wurde den Probandinnen erläutert und diesbezüglich auftretende Fragen beantwortet.

Nach der Anamnese zur Erhebung des Risikoprofils mittels PAR- Q (Balady et al., 1998), bei dem Herz- Kreislauf- Störungen, Probleme am Bewegungsapparat und die Einnahme von Medikamenten überprüft werden (siehe Anhang), und der klinischen Basisuntersuchung zur Ermittlung vorhandener Kontraindikationen startete für alle Probandinnen die ergometrische Ausbelastung zur Ermittlung der individuellen  $VO_{2max}$ . Ausserdem wurde von allen Teilnehmerinnen eine schriftliche Einverständniserklärung unterzeichnet, in der sie sich bereit erklärt haben, an der Studie teilzunehmen und sich eventuellen, ihnen durch die Erklärung bekannten Risiken, auszusetzen. Im Fragebogen zur „Erhebung der Gesundheitsrisikofaktoren bei körperlicher Aktivität“ (siehe Anhang) wurden die wichtigsten Risikofaktoren ausgeschlossen.

#### 6.4.1.2. Ergometrische Ausbelastung



Vor der Teilnahme an dem Kraftausdauer- Zirkeltraining mussten sich die Probandinnen einer Ausbelastungs- Fahrrad- Ergometrie unterziehen um ihre maximale Sauerstoffaufnahme und ihre maximale Herzfrequenz zu eruieren, damit gesundheitliche Probleme ausgeschlossen und die individuelle Belastung für den Kraftausdauer- Zirkeltraining festgestellt werden konnten.

Abbildung 6: Spiroergometrie (Quelle: [www.herzpraxis-birseck.ch/index.php?id=29](http://www.herzpraxis-birseck.ch/index.php?id=29), Zugriff am 6.6.2011)

Zu Beginn wurde 1 Minute lang das Gasmischung individuell kalibriert. Nach einem 3-minütigen Aufwärmprogramm bei 30 Watt wurde die Leistung jede Minute um 10 Watt bis zur Erschöpfung gesteigert. Der stufenförmige Ausbelastungstest fand auf einem elektromagnetisch gebremsten Fahrrad (Lode Excalibur, Groningen, The Netherlands) zwischen 8- 11 Uhr in der Früh statt. Das Fahrradergometer war mit einem Rennsattel, höhenunterschiedlichen Griffen und Pedalen zum Festgurten ausgestattet. Die Probandinnen wurden angewiesen eine Umdrehungszahl zwischen 70- 80 einzuhalten. Wurde die letzte Stufe nicht komplett beendet, berechnete man die maximale Leistung anhand folgender Formel (Kuipers et al., 1985):

$$P_{\max} = P_L + (t / 60 * P_I)$$

wobei gilt:

$P_L$  letzte komplett beendetet Leistungsstufe (W)

$t$  Zeit innerhalb der unvollendeten Stufe (sec.)

$P_I$  Stufenhöhe um die gesteigert wird (W)

Die maximale Sauerstoffaufnahme wurde kontinuierlich während des Tests via „breath- by- breath“ (Master Screen CPX, VIASYS Healthcare, Hoechst, Deutschland) gemessen. Vor jeder Testung wurde der Fluss und das Volumen mittels des integrierten Systems laut den Richtlinien der Hersteller kalibriert. Die Gas-Analysatoren wurden auf bekannte Gaskonzentrationen kalibriert (4,99 Vol<sup>28</sup> % CO<sub>2</sub><sup>29</sup>, 15,99 Vol % O<sub>2</sub><sup>30</sup>). Die Herzfrequenz wurde kontinuierlich durch einen Elektrokardiograph (Cardiovit AT 104 PC, Schiller, Baar, Schweiz) aufgezeichnet.

### 6.4.2. Feldtest

#### 6.4.2.1. Testeinweisung

Vor der Untersuchung im „Fitness- und Gesundheitszentrum Berndorf“ wurde mit allen Probandinnen ein Treffen vor Ort vereinbart um einen Probedurchlauf zu absolvieren. In diesem wurden 2 Zirkelrunden unter Testbedingungen durchlaufen. Der Testlauf diente dazu den Teilnehmerinnen den genauen Ablauf zu beschreiben, eventuell auftretende Fragen zu beantworten und sie an den Geräten einzuschulen. Da die meisten Probandinnen den Easy- Line- Zirkel nicht kannten bzw. keine Erfahrungen mit Krafttraining hatten, sollte ein Gefühl für die Geräte und deren Handhabung vermittelt werden. Dadurch sollte ein reibungsloser Ablauf bei der Untersuchung ermöglicht werden.

Der Abstand zwischen der Ergometrie und der Testung betrug maximal 10 Tage um Anpassungserscheinungen auf jegliche Trainingsformen zu vermeiden. Sobald die Laboruntersuchung und die Einschulung wahrgenommen wurden, fand die Testung im „Fitness- und Gesundheitszentrum Berndorf“ statt.

---

<sup>28</sup>Vol= Volum: Insbesondere ist unter dem Normvolum eines Gases das Volum zu verstehen, dass das Gas als solches (ohne etwa beigemengten Wasserdampf) im physikalischen Normzustand einnehmen würde

<sup>29</sup> CO<sub>2</sub>= Kohlenstoffdioxid

<sup>30</sup> O<sub>2</sub>= Sauerstoff

#### 6.4.2.2. Easy- Line- Zirkel

Die Trainingsintervention wurde, sofern aus gesundheitlicher Sicht möglich, in einem Zeitraum von 10 Tagen, nach Beendigung des Pre- Test, durchgeführt. Von den untersuchten 10 Probandinnen konnten alle am Zirkeltraining teilnehmen. Die Probandinnen trainierten im „FGZ Centrelaxx“ (Fitness- und Gesundheitszentrum, Berndorf), das denselben Easy- Line Zirkel mit hydraulischen Geräten verwendet, wie „LIFE“. Vor Ort wurden die hydraulischen Geräte für jede Probandin, unabhängig der Altersklasse, auf dieselbe Schwierigkeitsstufe (Stufe: +1) eingestellt.

Des Weiteren wurde die Bewegungsfrequenz durch ein akustisches Signal für alle im gleichen Rhythmus vorgegeben.



Abbildung 7: tragbare Spiroergometrie

Während den Vorbereitungen der Messgeräte erfolgte das selbstständige Aufwärmen der Probandinnen (Dauer: 10- 15 Minuten) auf dem Fahrrad, Laufband oder Cross Trainer bei geringer Belastungsintensität. Nach diesen 10- 15 Minuten sollten die Probandinnen den Test absolvieren. Vor dem Start der Messung bekam jede Probandin einen „Polar- Brustgurt“ in Brusthöhe angelegt und ein tragbares Spiroergometrie Gerät (Oxycon Mobile, VIASYS Healthcare, Hoechberg, Germany) auf den Rücken geschnallt.

An 9 hydraulischen Kraftgeräten und 9 Steps wurde ein Ganzkörpertraining an verschiedenen Stationen im Kreis durchlaufen und wiederholt durchgeführt.

Alle Trainierenden absolvierten zwei Zirkelrunden, bei denen abwechselnd 30 Sekunden an einem Kraftgerät und 30 Sekunden am Step trainiert wurde. Dazwischen hatten die Teilnehmerinnen 10 Sekunden Pause bzw. Zeit um zum nächsten Gerät zu wechseln. In dieser Studie wurde die Bewegungsgeschwindigkeit durch akustische Signale, mittels eines Metronoms, für alle Probandinnen konstant verwendet um Vergleiche zwischen den Altersklassen anstellen zu können.

Ein Bewegungszyklus in der ersten Zirkelrunde sollte in 2,5 Sekunden (12 Wiederholungen) vollendet sein. Nach einer ~ 10 minütigen Pause startete die zweite



Zirkelrunde. In dieser Pause wurde 3 Mal jede Minute eine Blutprobe (4,40 ml) vom hyperämischen Ohrläppchen entnommen um die Blutlaktatkonzentration anhand der enzymatischen amperometrischen Prozedur (Biosen S – line, EKF Diagnostic, Barleben, Germany) zu messen. Der Analysator wurde mit einer Standardlösung von 12 mmol/ L kalibriert. Die Genauigkeit wurde mit Kontrolllösungen mit bekannter Konzentration überprüft.

*Abbildung 8: Blutabnahme am Ohr*



*Abbildung 9: Laktatmessung*



Abbildung 10: 1. Zirkelrunde- 1 Step

In der 2ten Runde sollte ein Zyklus innerhalb von 1,5 Sekunden (20 Wiederholungen) beendet werden. Die Dauer eines Zyklus auf dem Step betrug 2 Sekunden und blieb in beiden Runden konstant. Stattdessen veränderte sich die Stephöhe. In Runde 1 stiegen die Probandinnen auf nur einen Step wohingegen sie in der zweiten Runde auf zwei übereinandergestellte Steps steigen sollten.

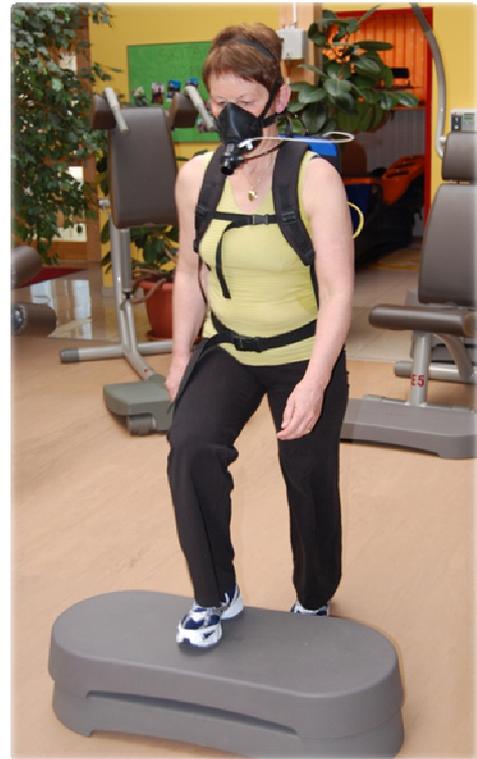


Abbildung 11: 2. Zirkelrunde- 2 Steps

Diese Form des Zirkeltrainings erforderte eine halbe Stunde der Zeit. Nach Beendigung der 30 Minuten hatten die Teilnehmerinnen 2 Sätze an jedem Gerät hinter sich.

Der Zirkel umfasste: eine Beinpresse (Oberschenkel), Biceps- Curl (Biceps und Triceps), Leg- Curl (Oberschenkelvorder- und Rückseite), Squat (Oberschenkel und Gesäß), Schulterpresse (Schulter- und Rückenmuskeln), Abdominal- Crunch (Bauch- und Rückenmuskulatur), Bankdrücken (Brust, Arm- und Rückenmuskulatur), Abduktoren- Maschine (Oberschenkel Außen- und Innenseite) und Butterfly (Brust- und Rückenmuskulatur), die in dieser Studie in angeführter Reihenfolge verwendet wurden.

## **7. Datenverarbeitung und Auswertung**

### **7.1. Datenaufzeichnung**

Alle Daten wurden von der Diplomandin erhoben. Die Datenerfassung und Datenbearbeitung erfolgte mittels kommerzieller Software. Die bei den Tests erhobenen Daten wurden in den Computer übertragen, wobei die Daten der Probandinnen nicht an Dritte weitergegeben wurden. Die Daten wurden an einem für Fremde nicht zugänglichen Ort aufbewahrt.

### **7.2. Auswertungsmethode**

Die gesammelten Daten wurden mittels des statistischen Auswertverfahrens IBM Statistics SPSS 19.0 geprüft und ausgewertet. Die Laborergebnisse wurden mittels eines T- Tests für unabhängige Stichproben ausgewertet. Die Voraussetzungen für diesen Test sind die Normalverteilung der Daten aller Stichproben, Intervallskalierung und die Varianzhomogenität. Sollte eine dieser Voraussetzungen verletzt werden, kommt der Mann- Whitney- U- Test zur Anwendung.

Für die Auswertung der anderen Daten wurde eine einfache Varianzanalyse für abhängige Stichproben verwendet (Messwiederholung). Die Voraussetzungen der Intervallskalierung, der Normalverteilung der Differenzwerte, die Homogenität der Varianzen der Differenzwerte (= Sphärizität) ( $p < 0,05$ ) sollten erfüllt werden.

## 7.3. Ergebnisse

### 7.3.1. Labor

#### 7.3.1.1. Unterschiede zwischen Jung und Alt

##### 7.3.1.1.1. Ergebnisse an der aeroben Schwelle (AT)

Die Auswertung der Laborergebnisse an der aeroben Schwelle (siehe Tabelle 2) hat ergeben, dass es einen signifikanten Unterschied ( $F_{1, 8} = 0,167$ ;  $p = 0,02$ ) der Herzfrequenz an der aeroben Schwelle ( $H_f$ ) zwischen den Gruppen gibt. Die durchschnittliche  $H_f$  liegt bei den jungen Probandinnen bei 154 ( $SD \pm 12,75$ ) und bei den älteren Damen bei 129 ( $SD \pm 13,55$ ) Schlägen pro Minute. Die 25-jährigen haben eine um 25 ( $SD \pm 8,32$ ) Schläge höhere Herzfrequenz an der aeroben Schwelle als die 56-jährigen. Die restlichen ausgewerteten Variablen wie: Leistung an der aeroben Schwelle ( $P_{ab}$ ), relative Leistung an der aeroben Schwelle ( $P_{rel}$ ), % der individuellen maximalen Leistung an der aeroben Schwelle ( $\%P_{max}$ ), % der individuellen maximalen Herzfrequenz an der aeroben Schwelle ( $\%H_{fmax}$ ), absolute Sauerstoffaufnahme an der aeroben Schwelle ( $VO_2$ ), % der individuellen maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme an der aeroben Schwelle ( $\%VO_{2max}$ ) unterscheiden sich nicht signifikant zwischen Jung und Alt.

Tabelle 2: Laborergebnisse- aerobe Schwelle (AS)

Maß	Gruppe	N	Mittelwert	sd	Differenz	Signifikanz
Pab	Jung	5	66,5	11,02	,3	,951
	Alt	5	66,2	6,05		
Prel	Jung	5	1,04	,19	-,11	,514
	Alt	5	1,15	,29		
% Pmax	Jung	5	41,6	5,14	-3,2	,318
	Alt	5	44,8	4,44		
Hf	Jung	5	154	12,75	24	,020 *
	Alt	5	130	13,55		
% Hfmax	Jung	5	80,1	5,56	5,5	,254
	Alt	5	74,6	8,45		
VO2	Jung	5	16,4	1,90	-1	,450
	Alt	5	17,4	2,21		
% VO2max	Jung	5	52,3	5,05	-8,6	,104
	Alt	5	60,9	9,23		

Pab= absolute Leistung; Prel= relative Leistung; % Pmax= Prozentsatz der maximalen individuellen Leistung; Hf= Herzfrequenz; % Hfmax= Prozentsatz der maximalen individuellen Herzfrequenz; VO2= Sauerstoffaufnahme; % VO2max= Prozentsatz der maximalen individuellen Sauerstoffaufnahme; sd= Standardabweichung; N= Anzahl der Probandinnen; Sd= Standardabweichung; N= Anzahl der Probandinnen

\*signifikant ( $p < 0,05$ )

#### 7.3.1.1.2. Ergebnisse an der anaeroben Schwelle (AnS)

Die Auswertung der Laborergebnisse an der anaeroben Schwelle (siehe Tabelle 3) hat ergeben, dass es einen signifikanten Unterschied der % der individuellen maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme an der anaeroben Schwelle (%VO2max) ( $SD \pm 2,63$ ;  $p = 0,04$ ) sowie der Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle (Hf) ( $SD \pm 7,28$ ;  $p = 0,02$ ) zwischen den Gruppen gibt. Der Prozentsatz der Sauerstoffaufnahme an der anaeroben Schwelle beträgt bei den jüngeren Probandinnen 73,9 % ( $SD \pm 4,08$ ) und bei den älteren Teilnehmerinnen 80,5 % ( $SD \pm 4,23$ ) und liegt somit bei den jüngeren Damen signifikant um 6,6 % ( $SD \pm 2,63$ ) niedriger. Die Herzfrequenz an der anaeroben

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

Schwelle beträgt bei den 25- jährigen 176 (SD  $\pm$  14,35) und bei den 56- jährigen 155 (SD  $\pm$  7,66) Schläge/ Minute und ist bei den jüngeren Damen somit um 21 (SD  $\pm$  7,28) Schläge höher als bei den älteren. Die restlichen Variablen wie: Leistung an der anaeroben Schwelle (Pab), relative Leistung an der anaeroben Schwelle (Prel), % der individuellen maximalen Leistung an der anaeroben Schwelle (%Pmax), % der individuellen maximalen Herzfrequenz an der anaeroben Schwelle (%Hfmax), absolute Sauerstoffaufnahme an der anaeroben Schwelle (VO2) unterscheiden sich nicht signifikant zwischen Jung und Alt.

*Tabelle 3: Laborergebnisse- anaerobe Schwelle (AnS)*

Maß	Gruppe	N	Mittelwert	sd	Differenz	Signifikanz
Pab	Jung	5	116,5	18,99	8	,434
	Alt	5	108,5	10,68		
Prel	Jung	5	1,8	,28	-,1	,801
	Alt	5	1,9	,45		
% Pmax	Jung	5	72,60	4,98	-,64	,801
	Alt	5	73,23	2,22		
Hf	Jung	5	176	14,35	21	,021 *
	Alt	5	155	7,66		
% Hfmax	Jung	5	91,5	3,96	2,4	,387
	Alt	5	89,1	4,28		
VO2	Jung	5	23,30	3,36	,05	,982
	Alt	5	23,25	3,40		
% VO2max	Jung	5	73,9	4,08	-6,6	,037 *
	Alt	5	80,5	4,23		

Pab= absolute Leistung; Prel= relative Leistung; % Pmax= Prozentsatz der maximalen individuellen Leistung; Hf= Herzfrequenz; % Hfmax= Prozentsatz der maximalen individuellen Herzfrequenz; VO2= Sauerstoffaufnahme; % VO2max= Prozentsatz der maximalen individuellen Sauerstoffaufnahme; sd= Standardabweichung; N= Anzahl der Probandinnen

\*signifikant (p< 0,05)

## 7.3.1.1.3. Maximale Ergebnisse

Die Auswertung der individuellen, maximal erreichten Werte (siehe Tabelle 4) hat ergeben, dass es einen signifikanten Unterschied ( $p= 0,007$ ) der maximalen Herzfrequenz (Hfmax) zwischen den 25- und 56- jährigen Probandinnen gibt. Die durchschnittliche maximale Herzfrequenz beträgt bei den 25- jährigen 192 (SD  $\pm$  10,21) und bei den 56- jährigen 174 (SD  $\pm$  4,82) Schläge pro Minute. Die Hfmax liegt bei den jüngeren Teilnehmerinnen signifikant um 18 (SD  $\pm$  5,05) Schläge höher als bei den älteren Damen. Die Werte der maximalen absoluten Leistung (Pmax), der maximalen relativen Leistung (Pmaxrel) und die maximale Sauerstoffaufnahme (VO2) unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den Gruppen.

Tabelle 4: Laborergebnisse- maximal

Maß	Gruppe	N	Mittelwert	sd	Differenz	Signifikanz
Pmax	Jung	5	162	36,32	14	,424
	Alt	5	148	11,92		
Pmaxrel	Jung	5	2,51	,47	-,03	,917
	Alt	5	2,55	,54		
Hfmax	Jung	5	192	10,21	18	,007 *
	Alt	5	174	4,82		
VO2max	Jung	5	31,6	4,88	2,7	,395
	Alt	5	29	4,44		

Pmax= maximale Leistung; Pmaxrel= relative maximale Leistung; Hfmax= maximale Herzfrequenz; VO2max= maximale Sauerstoffaufnahme; Sd= Standardabweichung; N= Anzahl der Probandinnen

\*signifikant ( $p < 0,05$ )

## 7.3.2. Easy- Line- Zirkel

## 7.3.2.1. Unterschied zwischen Jung und Alt

## 7.3.2.1.1. Kardiologische Faktoren

Die Auswertung der kardiologischen Werte (siehe Tabelle 5) beim Zirkel hat ergeben, dass es einen signifikanten Unterschied der maximalen Herzfrequenz (Hfmax) ( $F_{1,8} = 12,3$ ;  $p = 0,008$ ) und der durchschnittlichen Herzfrequenz (Hfds) ( $F_{1,8} = 25,2$ ;  $p = 0,001$ ) zwischen den 25- und 56- jährigen Probandinnen gibt. Die maximale Herzfrequenz beträgt bei den 25- jährigen  $165 (SD \pm 5,09)$  und bei den 56- jährigen  $140 (SD \pm 5,09)$  Schläge pro Minute. Die Hfmax liegt bei den jüngeren Teilnehmerinnen signifikant um 25 Schläge höher als bei den älteren Damen. Die durchschnittliche Herzfrequenz (Hfds) unterscheidet sich mit einem Mittelwert von  $148 (SD \pm 3,72)$  und  $121 (SD \pm 3,72)$  signifikant zwischen beiden Gruppen. Die Hfds liegt bei den 25- jährigen um 27 Schläge höher als bei den 56- jährigen. Der Prozentanteil der maximalen Herzfrequenz (% Hfmax) unterscheidet sich nicht ( $F_{1,8} = 3,8$ ;  $p = 0,088$ ).

Tabelle 5: Kardiologische Werte- Unterschied zwischen Jung &amp; Alt

Maß	N	Gruppe	Mittelwert	Sd	Differenz	Signifikanz
Hfmax	5	Jung	165	5,09	25	,008 *
	5	Alt	140	5,09		
Hfds	5	Jung	148	3,72	27	,001 *
	5	Alt	121	3,72		
% Hfmax	5	Jung	86	2,08	6	,088
	5	Alt	80	2,08		

Hfmax= maximale Herzfrequenz; Hfds= durchschnittliche Herzfrequenz; % Hfmax= Prozentsatz der Herzfrequenz von der maximalen individuellen Herzfrequenz; sd= Standardabweichung

\*signifikant ( $p = 0,05$ ); \*\* hoch signifikant ( $p < 0,001$ )

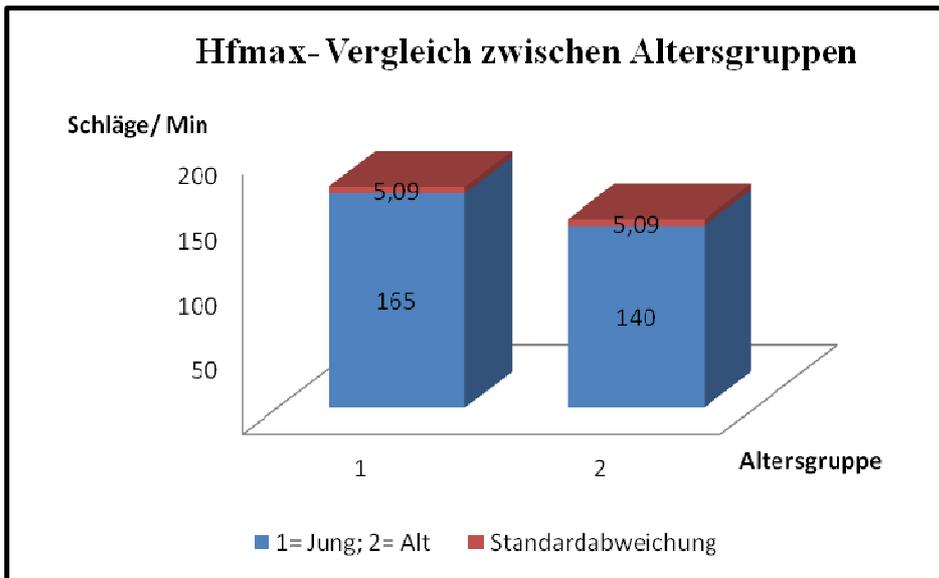


Abbildung 12: Vergleich der Hfmax zwischen Jung & Alt

#### 7.3.2.1.2. Respiratorische Faktoren

Die respiratorischen Faktoren wie die maximale absolute Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2maxab}$ ), die durchschnittliche absolute Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2dsab}$ ), der Prozentsatz der individuellen maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme ( $\%VO_{2maxab}$ ) die maximale relative Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2maxre}$ ) und die durchschnittliche relative Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2dsre}$ ) unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen.

#### 7.3.2.1.3. Energieverbrauch

Die Variablen des Energieverbrauchs wie der maximale MET- Verbrauch ( $MET_{max}$ ), der durchschnittliche MET- Verbrauch ( $MET_{ds}$ ), der maximale Energieverbrauch in kcal ( $EV_{calma}$ ), der durchschnittliche Energieverbrauch ( $EV_{calds}$ ) und der gesamte Energieverbrauch ( $EV_{calge}$ ) unterscheiden sich nicht signifikant ( $p= 0,58$ ) zwischen den jungen und älteren Probandinnen.

#### 7.3.2.1.4. Aufteilung des Energieverbrauchs

Die einzelnen Variablen des Energieverbrauchanteils (siehe Tabelle 6) wie die durchschnittliche Kohlenhydratoxidation (KHds), die gesamte Kohlenhydratoxidation (KHges), der Prozentsatz des Kohlenhydratverbrauchs vom gesamten Energieverbrauch (% KHges), die maximale Fettoxidation (Femax), die durchschnittliche Fettoxidation (Feds), die gesamte Fettoxidation (Feges) und der Prozentsatz des Fettverbrauchs vom gesamten Energieverbrauch (% Feges) während den zwei Runden unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen. Einzig die maximale Kohlenhydratoxidation (KHmax) unterscheidet sich signifikant ( $F_{1, 8} = 9,6; p = 0,015$ ) zwischen den 25- und 56- jährigen. Die KHmax beträgt bei den jungen Probandinnen durchschnittlich 7 kcal/ min (SD  $\pm 0,45$ ) und bei den älteren Damen 5 kcal/ min (SD  $\pm 0,45$ ). Die Differenz beträgt bei den 25- jährigen + 2 kcal/ min (SD  $\pm 0,64$ ).

Tabelle 6: Aufteilung des Energieverbrauchs- Vergleich Jung & Alt

Maß	Gruppe	Mittelwert	sd	Differenz	Signifikanz
KHmax	Jung	7	0,45	2	,015 *
	Alt	5	0,45		
KHds	Jung	3,5	0,32	0,9	,08
	Alt	2,6	0,32		
KHges	Jung	42,1	3,8	10,8	,079
	Alt	31,3	3,8		
% KHges	Jung	60,1	4,56	9,3	,188
	Alt	50,8	4,56		
Fettmax	Jung	6,1	0,64	-0,03	,974
	Alt	6,13	0,64		
Fetts	Jung	2,2	0,32	-0,2	,722
	Alt	2,4	0,32		
Fettges	Jung	26,5	3,87	-2	,72
	Alt	28,5	3,87		
% Fettges	Jung	39,9	4,56	-9,3	,188
	Alt	49,2	4,56		

KHmax= maximale Kohlenhydratoxidation; KHds= durchschnittliche Kohlenhydratoxidation; KHges= gesamte KH- Oxidation; % KHges= Prozentsatz der Kohlenhydratverbrennung vom gesamten Energieverbrauch; Fettmax= maximale Fettoxidation; Fetts= durchschnittliche Fettoxidation; Fettges= gesamte Fett- Oxidation; % Fettges= Prozentsatz der Fettverbrennung vom gesamten Energieverbrauch; sd= Standardabweichung

\*signifikant (p= 0,05); \*\* hoch signifikant (p< 0,001)

#### 7.3.2.1.5. Laktat

Es gibt keinen signifikanten (p= 0,497) Unterschied der Laktatwerte zwischen der Gruppe „Jung“ und der Gruppe „Alt“.

## 7.3.2.2. Unterschiede zwischen Langsam und Schnell

## 7.3.2.2.1. Kardiologische Faktoren

Die Auswertung der kardiologischen Werte (siehe Tabelle 7) des Zirkels hat ergeben, dass es einen signifikanten Unterschied der maximalen Herzfrequenz (Hfmax) ( $F_{1,8} = 420,9$ ;  $p < 0,001$ ), der durchschnittlichen Herzfrequenz (Hfds) ( $F_{1,8} = 113,6$ ;  $p < 0,001$ ) und dem Prozentsatz der maximalen Herzfrequenz ( $F_{1,8} = 529,3$ ;  $p < 0,001$ ) zwischen der langsamen und der schnellen Runde gibt. Die maximale Herzfrequenz beträgt in der langsamen Runde 142 ( $SD \pm 3,52$ ) und in der schnellen 164 ( $SD \pm 3,75$ ) Schläge pro Minute. Der Unterschied beträgt 22 Schläge pro Minute zwischen den Runden. Die durchschnittliche Herzfrequenz unterscheidet sich um 21 Schläge pro Minute bei Werten von 124 ( $SD \pm 2,01$ ) Schlägen pro Minute in der langsamen und 145 ( $SD \pm 3,42$ ) Schlägen pro Minute in der schnellen Runde. Der Prozentanteil der maximalen Herzfrequenz (%Hfm) unterscheidet sich mit 77,24 % ( $SD \pm 1,55$ ) und 89,31 % ( $SD \pm 1,44$ ) signifikant zwischen langsam und schnell. In der langsamen Runde wird mit einem um 12,07 % niedrigeren Prozentanteil der maximalen Herzfrequenz trainiert.

Tabelle 7: Kardiologische Werte- Unterschied zwischen langsam &amp; schnell

Maß	N	Intensität	Mittelwert	sd	Differenz	Signifikanz
Hfmax	10	1	142	3,52	-22	,000 **
	10	2	164	3,75		
Hfds	10	1	124	2,01	-21	,000 **
	10	2	145	3,42		
% Hfmax	10	1	77	1,55	-12	,000 **
	10	2	89	1,44		

Hfmax= maximale Herzfrequenz, Hfds= durchschnittliche Herzfrequenz, % Hfmax= Prozentsatz der individuellen maximalen Herzfrequenz, Intensität (1)= langsam; Intensität (2)= schnell; sd= Standardabweichung; N= Anzahl der Teilnehmerinnen

\*signifikant ( $p = 0,05$ ); \*\* hoch signifikant ( $p < 0,001$ )

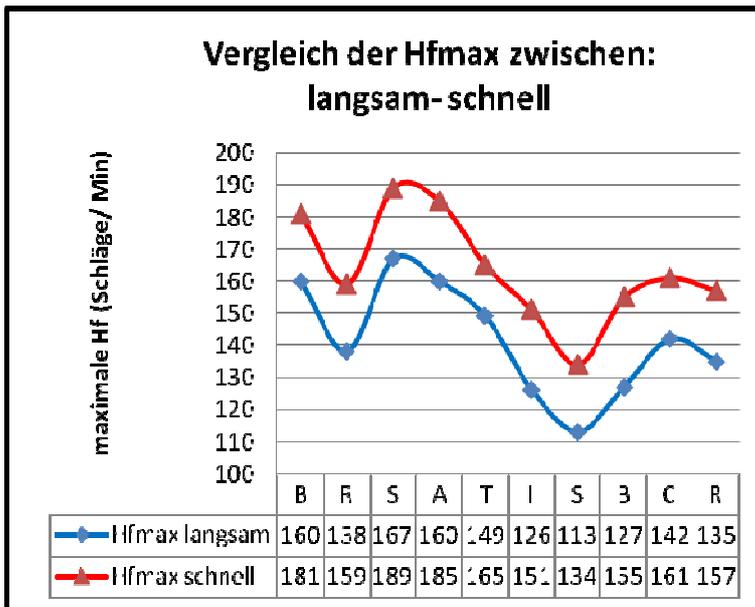


Abbildung 13: Vergleich der Hfmax zwischen langsam & schnell

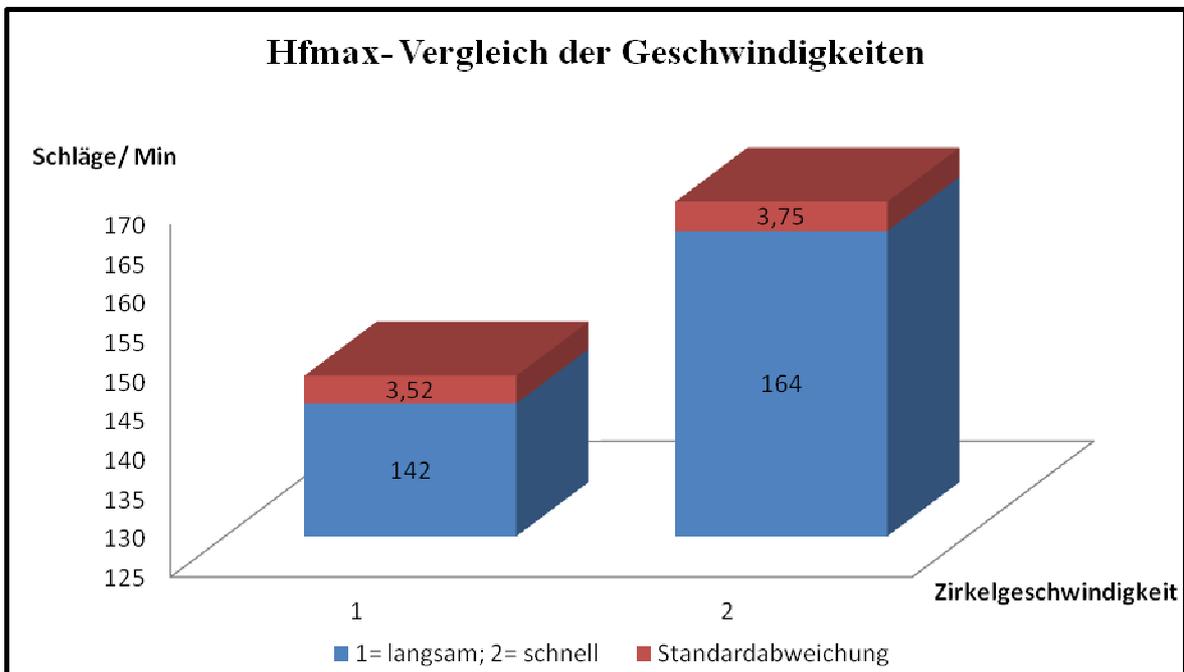


Abbildung 14: Vergleich der Hfmax zwischen langsam & schnell

#### 7.3.2.2.2. Respiratorische Faktoren

Es gibt einen signifikanten Unterschied der maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme ( $F1, 8 = 22,6; p = 0,001$ ), der durchschnittlichen absoluten Sauerstoffaufnahme ( $F1, 8 = 511,2; p < 0,001$ ), dem Prozentsatz der individuellen maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme ( $F1, 8 = 24,1; p = 0,001$ ), der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme ( $F1, 8 = 17,1; p = 0,003$ ) und der durchschnittlichen relativen Sauerstoffaufnahme ( $F1, 8 = 116,2; p < 0,001$ ) zwischen der langsamen und der schnellen Runde.

Die maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) unterscheidet sich mit einem Mittelwert von 1483,9 ( $SD \pm 90,41$ ) und 1797,3 ( $SD \pm 79,14$ ) signifikant zwischen den unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Das heißt, dass die  $VO_{2max}$  in der langsamen Runde signifikant um 313,4 ml/ min ( $SD \pm 65,97$ ) niedriger war als in der schnellen Runde. Die durchschnittliche absolute Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2ds}$ ) unterscheidet sich mit einem Mittelwert von 926,8 ( $SD \pm 50,42$ ) und 1235,7 ( $SD \pm 51,47$ ) signifikant zwischen langsam und schnell. Das bedeutet, dass die durchschnittliche Sauerstoffaufnahme in der langsamen Runde signifikant um 308,9 ml/ min ( $SD \pm 13,66$ ) niedriger war als in der schnellen Runde. Die Mittelwerte des Prozentsatzes der individuellen maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme (%  $VO_{2maxab}$ ) mit Werten von 80,13 ( $SD \pm 4,91$ ) und 97,19 ( $SD \pm 3,12$ ) unterscheiden sich ebenfalls signifikant. Somit ist der Prozentsatz der individuellen maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme in der langsamen Runde signifikant um 17,1 % ( $SD \pm 3,47$ ) niedriger als in der schnellen Runde. Die Auswertung der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2maxre}$ ) hat ergeben, dass sich der Mittelwert von 23,86 ( $SD \pm 0,69$ ) in der langsamen und 29,19 ( $SD \pm 1,33$ ) in der schnellen Runde signifikant unterscheiden. Sprich die maximale relative Sauerstoffaufnahme ist in der langsamen Runde signifikant um 5,3 ml/ min/ kg ( $SD \pm 1,29$ ) niedriger als in der schnellen Runde. Die durchschnittliche relative Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2dsre}$ ) unterscheidet sich mit einem Mittelwert von 14,9 ( $SD \pm 0,42$ ) und 19,98 ( $SD \pm 0,8$ ) signifikant zwischen langsam und schnell. Sie ist in der langsamen Runde signifikant um 5,1 ml/ min/ kg ( $SD \pm 0,471$ ) niedriger als in der schnellen Runde. Die Ergebnisse der respiratorischen Variablen befinden sich in Tabelle 8.

Tabelle 8: Respiratorische Werte- Unterschied zwischen langsam & schnell

Maß	N	Intensität	Mittelwert	sd	Differenz	Signifikanz
VO2max	10	1	1483,9	90,4	-313,4	,001 *
	10	2	1797,3	79,1		
VO2ds	10	1	926,8	50,4	-308,9	,000 **
	10	2	1235,7	51,5		
%VO2max	10	1	80,1	4,9	-17,1	,001 *
	10	2	97,2	3,1		
VO2maxrel	10	1	23,9	,7	-5,3	,003 *
	10	2	29,2	1,3		
VO2dsrel	10	1	14,9	,4	-5,1	,000 **
	10	2	20,0	,8		

VO2max= maximale Sauerstoffaufnahme, VO2ds= durchschnittliche Sauerstoffaufnahme, % VO2max= Prozentsatz der individuellen maximalen Sauerstoffaufnahme, VO2maxrel= relative maximale Sauerstoffaufnahme, VO2dsrel= durchschnittliche relative Sauerstoffaufnahme, Intensität (1)= langsam; Intensität (2)= schnell; sd= Standardabweichung; N= Anzahl der Teilnehmerinnen

\* signifikant (p= 0,05); \*\* hoch signifikant (p< 0,001)

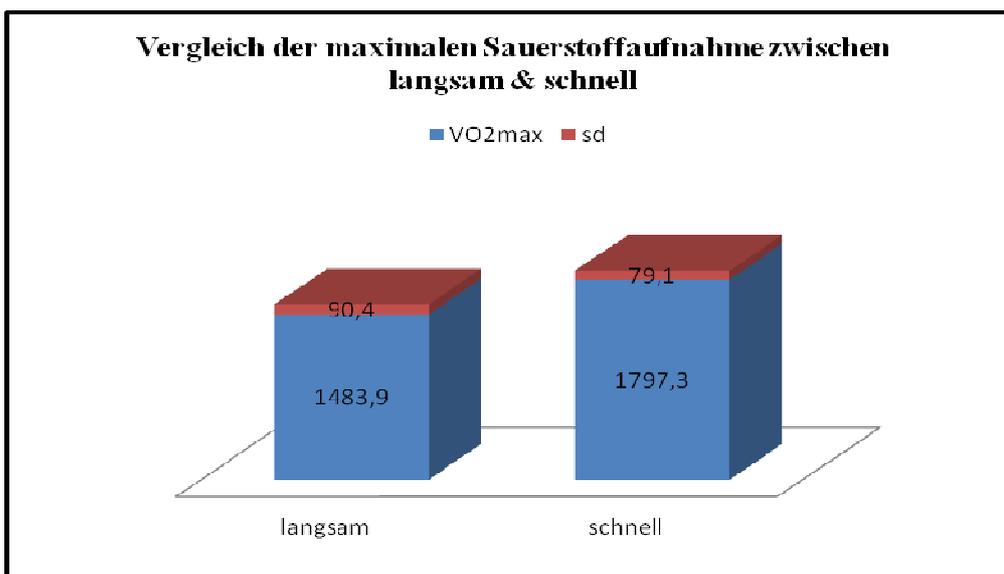


Abbildung 15: Absolute Sauerstoffaufnahme- Vergleich zwischen langsamer & schneller Runde

#### 7.3.2.2.3. Energieverbrauch

Die Auswertung des Energieverbrauchs (siehe Tabelle 9) hat ergeben, dass es einen signifikanten Unterschied des maximalen MET- Verbrauchs ( $F_{1, 8} = 16,3$ ;  $p = 0,004$ ), des durchschnittlichen MET- Verbrauchs ( $F_{1, 8} = 117,1$ ;  $p < 0,001$ ), des maximalen Energieverbrauchs in kcal ( $F_{1, 8} = 51,4$ ;  $p < 0,001$ ), des durchschnittlichen Energieverbrauchs in kcal ( $F_{1, 8} = 429,9$ ;  $p < 0,001$ ) und des gesamten Energieverbrauchs in kcal ( $F_{1, 8} = 436,3$ ;  $p < 0,001$ ) zwischen den zwei Runden gibt.

Der maximale MET- Verbrauch (METmax) unterscheidet sich mit einem Mittelwert von 6,9 ( $SD \pm 0,22$ ) und 8,4 ( $SD \pm 0,37$ ) signifikant. Die Differenz zur schnellen Runde beträgt +1,5 MET ( $SD \pm 0,36$ ). Der durchschnittliche MET- Verbrauch (METds) unterscheidet sich mit einem Mittelwert von 4,3 ( $SD \pm 0,12$ ) und 5,7 ( $SD \pm 0,23$ ) zwischen den zwei Runden. Das bedeutet, dass der durchschnittliche MET Verbrauch in der langsamen Runde signifikant um 1,4 ( $SD \pm 0,13$ ) niedriger war als in der schnellen Runde. Die Mittelwerte des maximalen Energieverbrauchs (EVcalma) von 7,3 ( $SD \pm 0,44$ ) und 9,4 ( $SD \pm 0,41$ ) unterscheiden sich signifikant. Die Differenz des Energieverbrauchs zwischen der langsamen und der schnellen Runde beträgt +2,1 kcal/ min ( $SD \pm 0,29$ ). Der durchschnittliche Energieverbrauch (EVcalds) beträgt 4,6 kcal/ min ( $SD \pm 0,24$ ) und 6,4 kcal/ min ( $SD \pm 0,27$ ) in der langsamen bzw. schnellen Runde. Das bedeutet, dass der durchschnittliche Energieverbrauch (in kcal) in der langsamen Runde signifikant um 1,8 kcal/ min ( $SD \pm 0,09$ ) niedriger war als in der schnellen Runde. Der gesamte Energieverbrauch (EVcalge) beläuft sich in der langsamen Runde auf 55,2 kcal/ min ( $SD \pm 2,93$ ). In der schnellen Runde wird ein Energieverbrauch von 76,9 kcal/ min ( $SD \pm 3,26$ ) erreicht, der im Vergleich zur langsamen Runde um 21,7 kcal/ min ( $SD \pm 1,04$ ) höher ist.

Tabelle 9: Energieverbrauch- Unterschied zwischen langsam & schnell

Maß	Intensität	Mittelwert	sd	Differenz	Signifikanz
METmax	1	6,9	,22	-1,5	,004 *
	2	8,4	,37		
METds	1	4,3	,12	-1,5	,000 **
	2	5,7	,23		
EVmax	1	7,3	,44	-2,1	,000 **
	2	9,4	,41		
EVds	1	4,6	,24	-1,8	,000 **
	2	6,4	,27		
EVges	1	55,2	2,93	-21,7	,000 **
	2	76,9	3,26		

METmax= maximale MET, METds= durchschnittliche MET, EVmax= maximaler Energieverbrauch, EVds= durchschnittlicher Energieverbrauch, EVges= gesamter Energieverbrauch, Intensität (1)= langsam; Intensität (2)= schnell; sd= Standardabweichung

\*signifikant (p= 0,05); \*\*hoch signifikant (p< 0,001)

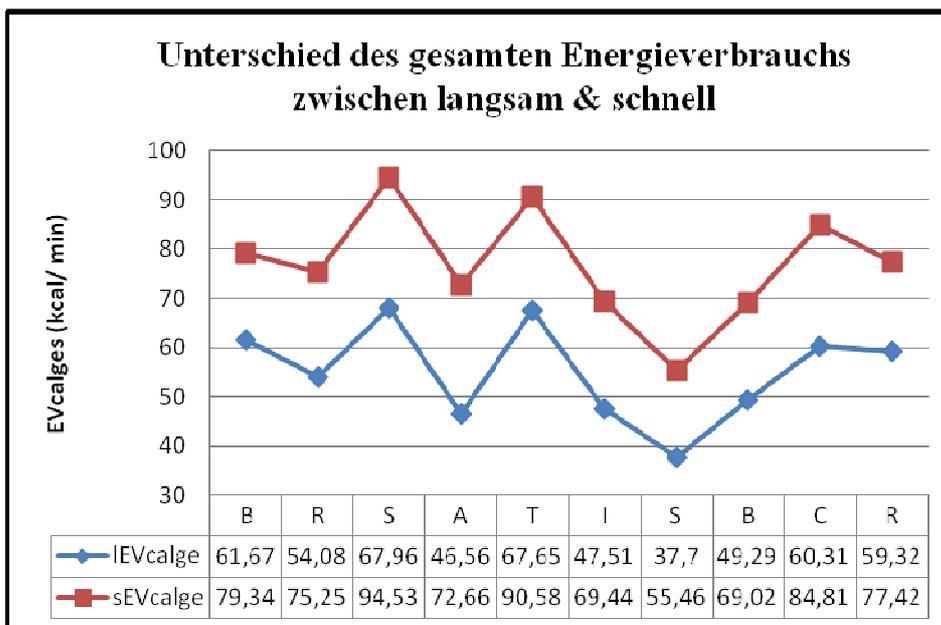


Abbildung 16: Energieverbrauch- Unterschied zwischen langsam & schnell

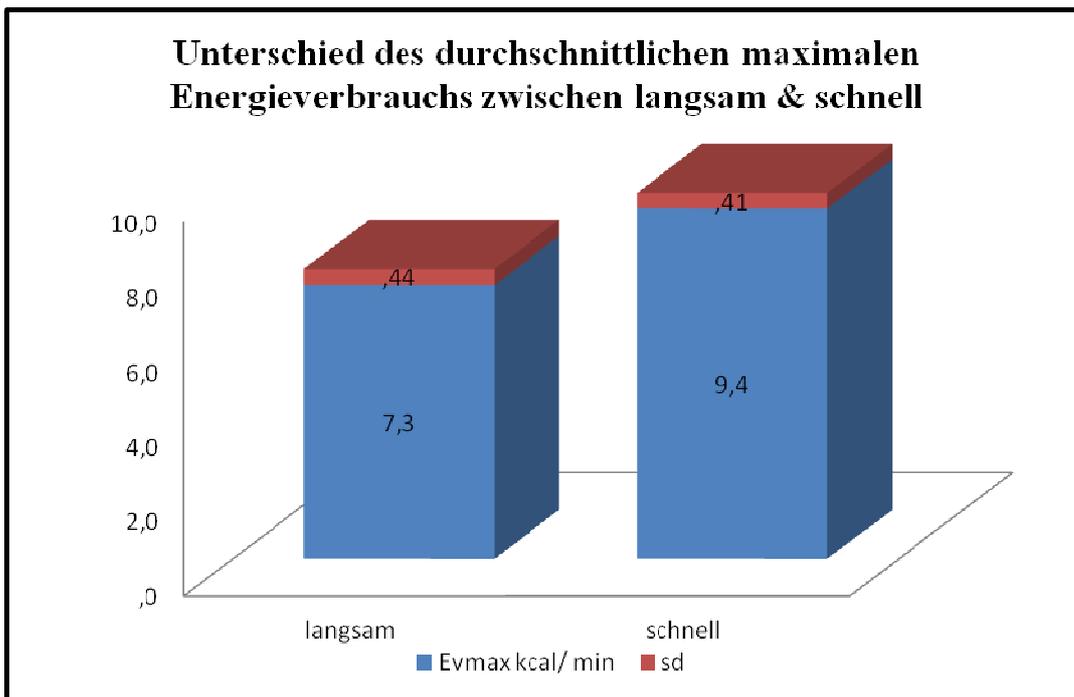


Abbildung 17: Durchschnittlicher maximaler Energieverbrauch- Vergleich zwischen langsam & schnell

#### 7.3.2.2.4. Aufteilung des Energieverbrauchs

Die Auswertung der Daten hinsichtlich der Aufteilung des Energieverbrauchs (siehe Tabelle 10) hat ergeben, dass es einen signifikanten Unterschied aller Variablen, ausschließlich des maximalen Fettverbrauchs ( $F_{1, 8} = 2,41$ ;  $p = 0,159$ ), gibt. Dazu zählen die Variablen: maximaler Kohlenhydratverbrauch ( $F_{1, 8} = 108,26$ ;  $p < 0,001$ ), durchschnittlicher Kohlenhydratverbrauch ( $F_{1, 8} = 165,77$ ;  $p < 0,001$ ), gesamter Kohlenhydratverbrauch ( $F_{1, 8} = 166,27$ ;  $p < 0,001$ ), Prozentsatz des Kohlenhydratverbrauchs vom gesamten Energieverbrauch ( $F_{1, 8} = 135,38$ ;  $p < 0,001$ ), durchschnittlicher Fettverbrauch ( $F_{1, 8} = 15,89$ ;  $p = 0,04$ ), gesamter Fettverbrauch ( $F_{1, 8} = 15,94$ ;  $p = 0,004$ ), Prozentsatz des Fettverbrauchs vom gesamten Energieverbrauch ( $F_{1, 8} = 135,38$ ;  $p < 0,001$ ).

Die maximale Kohlenhydratverbrennung (KHmax) beträgt in der langsamen Runde 4,5 kcal/ min (SD  $\pm$  0,31) und in der schnellen 7,6 kcal/ min (SD  $\pm$  0,39). Die Differenz von -3,1 kcal/ min (SD  $\pm$  0,295) in der langsamen Runde ist signifikant. Die durchschnittliche Kohlenhydratoxidation (KHds) unterscheidet sich mit einem Mittelwert von 2 (SD  $\pm$  0,19) und 4,1 (SD  $\pm$  0,28) signifikant zwischen den beiden Bewegungsgeschwindigkeiten. Das heißt, dass der durchschnittliche Kohlenhydratverbrauch in der langsamen Runde signifikant um 2,1 kcal/ min (SD  $\pm$  0,16) niedriger war als in der schnellen Runde. Die Auswertung bezüglich der gesamt-oxidierten Kohlenhydrat- Menge hat ergeben, dass bei niedriger Bewegungsgeschwindigkeit 24,5 kcal/ min (SD  $\pm$  2,21) und bei hoher Geschwindigkeit 49 kcal/ min (SD  $\pm$  3,37) verbraucht werden. Diese Differenz ist in der langsamen Runde um 24,5 kcal/ min (SD  $\pm$  1,899) niedriger als in der schnellen. Der Prozentanteil der Kohlenhydratoxidation vom gesamten Energieverbrauch (% KHges) beträgt in der langsamen Runde 44,5 % (SD  $\pm$  3,35) und 66,5 % (SD  $\pm$  3,37) in der schnellen Runde. Der Unterschied von -22 % (SD  $\pm$  1,89) in der langsamen Runde ist signifikant. Hinsichtlich des durchschnittlichen Fettverbrauchs (Fettds) mit einem Mittelwert von 2,5 kcal/ min (SD  $\pm$  0,24) bei langsamer und 2,1 kcal/ min (SD  $\pm$  0,23) bei schneller Bewegungsgeschwindigkeit zeigt sich, dass eine signifikante Differenz von +0,4 kcal/ min (SD  $\pm$  0,12) in der langsamen Runde auftritt. In der langsamen Runde wird eine höhere Fettverbrennung erreicht. Dies wird auch durch den gesamten Fettverbrauch (Fettges) bestätigt. Dieser unterscheidet sich mit einem Mittelwert von 30,3 (SD  $\pm$  2,9) und 24,7 (SD  $\pm$  2,72) signifikant zwischen langsam und schnell. Die gesamte Fettoxidation ist in der langsamen Runde signifikant um 5,6 kcal/ min (SD  $\pm$  1,43) höher als in der schnellen Runde. Der Prozentsatz der Fettverbrennung vom gesamten Energieverbrauch liegt bei langsamer Ausführung bei 55,5 % (SD  $\pm$  3,35) bzw. bei 33,6 % (SD  $\pm$  3,37) bei schneller Ausführung. Die Fettoxidation liegt somit in der langsamen Runde signifikant um 21,9 % (SD  $\pm$  1,89) höher als in der schnellen Runde.

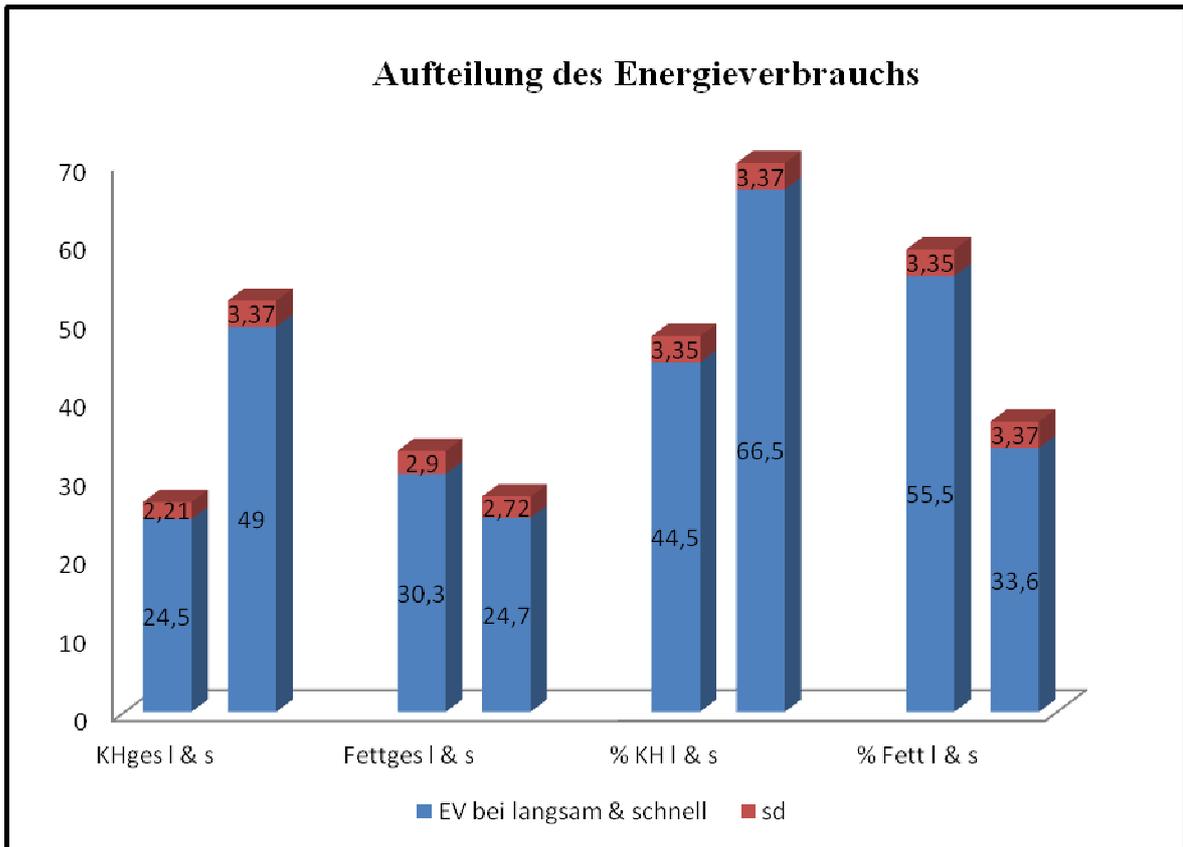


Abbildung 18: Aufteilung des Energieverbrauchs- Unterschied zwischen langsam & schnell

Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

Tabelle 10: Aufteilung des Energieverbrauchs- Vergleich langsam & schnell bei „Gruppen zusammen“

Maß	Gruppe	Intensität	Mittelwert	sd	Differenz	Signifikanz	N
<b>Gruppen zusammen</b>							
KHmax		1	4,5	0,31	-3,1	,000 **	10
		2	7,6	0,39			
KHds		1	2	0,19	-2,1	,000 **	10
		2	4,1	0,28			
KHges		1	24,5	2,21	-24,5	,000 **	10
		2	49	3,37			
% KH		1	44,5	3,35	-22	,000 **	10
		2	66,5	3,37			
Fettmax		1	5,9	0,41	-0,4	0,159	10
		2	6,3	0,51			
Fetts		1	2,5	0,24	0,4	,004 *	10
		2	2,1	0,23			
Fettges		1	30,3	2,9	5,6	,004 *	10
		2	24,7	2,72			
% Fett		1	55,5	3,35	21,9	,000 **	10
		2	33,6	3,37			

KHmax= maximale Kohlenhydratoxidation, KHds= durchschnittliche KH- Oxidation, KHges= gesamte KH- Oxidation, % KH= Prozentanteil der KH- Oxidation vom gesamten Energieverbrauch, Fettmax= maximale Fettoxidation, Fetts= durchschnittliche Fettoxidation, Fettges= gesamte Fettoxidation, % Fett= Prozentanteil der Fettoxidation vom gesamten Energieverbrauch, Intensität (1)= langsam; Intensität (2)= schnell; sd= Standardabweichung; N= Anzahl der Testpersonen

\*signifikant (p= 0,05); \*\*hoch signifikant (p< 0,001)

#### 7.3.2.2.5. Laktat

Es gibt einen signifikanten ( $F_{1, 8} = 588,942$ ;  $p < 0,001$ ) Unterschied der Laktatwerte zwischen der langsamen und der schnellen Runde.

Der durchschnittliche maximale Laktatwert (Lakmax) erreicht in der langsamen Runde einen Wert von  $2,2 \text{ mmol/l}$  ( $SD \pm 0,147$ ) und in der schnellen Runde einen Wert von  $5,73 \text{ mmol/l}$  ( $SD \pm 0,236$ ). Der Laktatwert liegt in der langsamen Runde um  $3,5 \text{ mmol/l}$  ( $SD \pm 0,144$ ) niedriger.

7.3.2.3. Unterschiede zwischen „Jung langsam“ und „Jung schnell“ bzw. zwischen „Alt langsam“ und „Alt schnell“

Die Auswertung der Daten hat ergeben, dass sich der Prozentsatz des Kohlenhydratverbrauchs vom gesamten Energieverbrauch ( $F_{1, 8} = 14,9$ ;  $p = 0,005$ ), der gesamte Fettverbrauch ( $F_{1, 8} = 6,34$ ;  $p = 0,036$ ), der Prozentsatz des Fettverbrauchs vom gesamten Energieverbrauch ( $F_{1, 8} = 14,9$ ;  $p = 0,005$ ) und der durchschnittliche Fettverbrauch ( $F_{1, 8} = 6,31$ ;  $p = 0,036$ ) innerhalb der Gruppe signifikant unterscheiden (siehe Tabelle 11). Bei den 25- Jährigen unterscheidet sich der Prozentsatz des Kohlenhydratverbrauchs vom gesamten Energieverbrauch (% KHges) mit einem Mittelwert von 52,8 % ( $SD \pm 4,74$ ) und 67,4 % ( $SD \pm 4,77$ ) bzw. bei den 56- Jährigen mit einem Mittelwert von 36,2 % ( $SD \pm 4,74$ ) und 65,5 % ( $SD \pm 4,77$ ) zwischen der langsamen und schnellen Runde. Das bedeutet, dass der Prozentsatz des Kohlenhydratverbrauchs vom gesamten Energieverbrauch bei den jungen Probandinnen in der langsamen Runde signifikant um 14,6 % niedriger ist als in der schnellen Runde. Bei den 56- Jährigen liegt dieser in der langsamen Runde signifikant um 29,3 % niedriger. Der gesamte Fettverbrauch (Fettges) beträgt bei den 25- Jährigen 27,5 kcal/ min ( $SD \pm 4,15$ ) in der langsamen und 25,4 kcal/ min ( $SD \pm 3,84$ ) in der schnellen Runde bzw. bei den 56- Jährigen 33,2 kcal/ min ( $SD \pm 4,15$ ) in der langsamen und 23,9 kcal/ min ( $SD \pm 3,84$ ) in der schnellen Runde. Das bedeutet, dass der gesamte Fettverbrauch bei den jungen Probandinnen in der langsamen Runde signifikant um 2,1 kcal/ min höher war als in der schnellen Runde und bei den älteren Probandinnen in der langsamen Runde signifikant um 9,3 kcal/ min höher war als in der schnellen Runde. Der Prozentsatz der Fettverbrennung vom gesamten Energieverbrauch (% Fettges) beträgt bei den 25- Jährigen 47,2 % ( $SD \pm 4,74$ ) in der langsamen und 32,6 % ( $SD \pm 4,77$ ) in der schnellen Runde bzw. bei den 56- Jährigen 63,8 % ( $SD \pm 4,74$ ) bei langsamer und 34,6 % ( $SD \pm 4,77$ ) bei schneller Ausführung. Das bedeutet, dass der Prozentsatz der Fettverbrennung vom gesamten Energieverbrauch bei den jungen Probandinnen in der langsamen Runde signifikant um 14,6 % höher war als in der schnellen Runde und bei den 56- Jährigen in der langsamen Runde um 29,2 % höher liegt. Der durchschnittliche Fettverbrauch (Fett<sub>ds</sub>) liegt bei den 25- Jährigen in der langsamen Runde bei 2,3 kcal/ min ( $SD \pm 0,35$ ) und in der schnellen bei 2,1 kcal/ min ( $SD \pm 0,32$ ). In der langsamen Runde ist der Fettverbrauch signifikant um 0,2 kcal/ min höher. Bei den 56- Jährigen liegt der

Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

durchschnittliche Fettverbrauch bei 2,8 kcal/ min (SD  $\pm$  0,35) in der langsamen bzw. bei 2 kcal/ min (SD  $\pm$  0,32) in der schnellen Runde. Die Fettoxidation liegt in der langsamen Runde signifikant um 0,8 kcal/ min höher.

Tabelle 11: Aufteilung des Energieverbrauchs- Vergleich langsam & schnell bei „Gruppen getrennt“

Maß	Gruppe	Intensität	Mittelwert	sd	Differenz	Signifikanz	N
<b>Gruppen getrennt</b>							
% KHges	Jung	1	52,8	4,74	-14,6	,005 *	5
		2	67,4	4,77			
	Alt	1	36,2	4,74	-29,3	,005 *	
		2	65,5	4,77			
% Fettges	Jung	1	47,2	4,74	14,6	,005 *	5
		2	32,6	4,77			
	Alt	1	63,8	4,74	29,2	,005 *	
		2	34,6	4,77			
Fettges	Jung	1	27,5	4,15	2,1	,036 *	5
		2	25,4	3,84			
	Alt	1	33,2	4,15	9,3	,036 *	
		2	23,9	3,84			
Fetts	Jung	1	2,3	,35	0,2	,035 *	5
		2	2,1	,32			
	Alt	1	2,8	,35	0,8	,035 *	
		2	2,0	,32			

% KHges= Prozentsatz der KH- Oxidation vom gesamten Energieverbrauch, % Fettges= Prozentsatz der Fettoxidation vom gesamten Energieverbrauch, Fettges= gesamte Fettverbrennung, Fettds= durchschnittliche Fettverbrennung, Intensität (1)= langsam; Intensität (2)= schnell; sd= Standardabweichung; N= Anzahl der Testpersonen

\*signifikant (p= 0,05); \*\*hoch signifikant (p< 0,001)

## 8. Bearbeitung der Forschungsfragen

*Erreichen sowohl die jungen als auch älteren untrainierten Probandinnen mit dem Easy-Line- Zirkel den trainingswirksamen Bereich zur Fettverbrennung oder ist die Intensität zu gering oder zu hoch? Welche Stoffwechselbereiche (aerob, anaerob) werden von den Probandinnen in der langsamen bzw. der schnellen Runde erreicht?*

In der langsamen Runde erreichen nur 3 (1 aus Gruppe „Jung“, 2 aus Gruppe „Alt“) Damen die optimale Fettverbrennungszone von 48- 72 % der  $VO_{2max}$  nach Venables et al. (2005). Die Intensität in der langsamen Runde (12 Wiederholungen) ist für einige Damen anscheinend zu hoch um in der Fettverbrennungszone zu trainieren.

Während der Stoffwechsel in der schnellen Runde (20 Wiederholungen) bei allen Probandinnen ausschließlich anaerob ist, treten in der langsamen Runde aerobe (1 aus Gruppe „Alt“), aerob- anaerobe (4- 2 aus Gruppe „Jung“, 2 aus Gruppe „Alt“) und anaerobe Stoffwechselvorgänge (5- 3 aus Gruppe „Jung“, 2 aus Gruppe „Alt“) auf.

*Es stellt sich die Frage ob die Belastung im Easy- Line- Zirkel hoch genug ist, um einen Mehrumsatz von 2500 kcal/ Woche (entspricht einem täglichen Verbrauch von ~ 357 kcal) mittels 2 Zirkelrunden an 3 Tagen pro Woche zu erreichen um das Körpergewicht zu reduzieren? Wenn nicht, wie viele Runden müssten die Probandinnen durchführen um den täglichen Verbrauch zu decken? Gibt es einen Unterschied zwischen der langsamen und der schnellen Runde bzw. zwischen den 2 Gruppen (Jung/ Alt) hinsichtlich des gesamten Energieverbrauches (kcal)?*

Man kann mit 2 Zirkelrunden, egal ob langsam oder schnell ausgeführt, den täglichen Mehrverbrauch von 357 kcal nicht erreichen. Die „junge“ Gruppe erreicht in einer langsamen Runde im Durchschnitt einen Energieverbrauch von 59,6 kcal und in einer schnellen 82,5 kcal. Um den täglichen Mehrverbrauch von 357 kcal zu erreichen, müssten sie ~ 6 langsame Runden bzw. ~ 4 schnelle Runden absolvieren. Die „alte“ Gruppe erreicht bei einer langsamen Runde einen durchschnittlichen Energieverbrauch von 50,8 kcal und in einer schnellen 71,2 kcal. Sie müssten ~ 7 langsame bzw. ~ 5 schnelle Runden ausführen. Der Unterschied hinsichtlich des gesamten Energieverbrauchs zwischen den beiden Bewegungsgeschwindigkeiten ist signifikant wohingegen es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen gibt.

## 9. Diskussion

Der Vergleich der Belastungsprofile der jungen und der älteren Probandinnen zeigt, dass es bei den älteren Damen zu signifikant niedrigeren maximalen Herzfrequenzen und zu einer niedrigeren maximalen Kohlenhydratverbrennung kommt. Diese Ergebnisse stimmen mit denen von Mazzeo et al. (1998) und Manetta et al. (2005) überein, die in ihrer Studie zeigten, dass die maximale Herzfrequenz im Alter sinkt und sich die Körperzusammensetzung und der Energie- Metabolismus mit fortschreitendem Alter ändern. Durch die Veränderung des Energie- Metabolismus sinkt die Aktivität des Kohlenhydratstoffwechsels.

Bei einem Vergleich zwischen den beiden Geschwindigkeiten innerhalb der Gruppen fällt auf, dass der prozentuelle Anteil der Kohlenhydratverbrennung vom gesamten Energieverbrauch in der langsamen Runde signifikant niedriger ist als in der schnellen, wohingegen der prozentuelle Anteil der Fettverbrennung vom gesamten Energieverbrauch und die gesamte Fettverbrennung in der langsamen Runde höher sind. Beim Vergleich zwischen den Geschwindigkeiten aller Probandinnen zeigt sich, dass zusätzlich zu den Unterschieden innerhalb der Gruppen, der gesamte Energieverbrauch, die maximale Herzfrequenz, die maximale absolute Sauerstoffaufnahme und die maximale relative Sauerstoffaufnahme in der langsamen Runde signifikant niedriger sind als in der schnellen. Diese Ergebnisse stimmen mit denen von Kuehl et al. (1990) überein. Kuehl et al. (1990) fanden heraus, dass die Intensität des Krafttrainings die Höhe des Energieverbrauchs beeinflusst. Zu diesem Schluss kamen auch Ballor et al. (1987) und Mazzetti et al. (2007) die bestätigen, dass der Energieverbrauch und die maximale Sauerstoffaufnahme von der Bewegungsgeschwindigkeit und der Anzahl an Sätzen (Haddock & Wilkin, 2006; Phillips & Ziuraitis, 2003) abhängig sind.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass in der langsamen Runde weniger Kohlenhydrate als Fette verbrannt werden wohingegen die Kohlenhydratoxidation in der schnellen Runde ansteigt und signifikant höher ist als die Fettoxidation. Dieses Resultat wird von Holloszy et al. (1998) belegt. Ihre Studienergebnisse legen dar, dass bei einer moderaten Intensität (55- 75 % der  $VO_{2max}$ ) die Energiegewinnung durch Fettoxidation zunimmt und die Kohlenhydratverbrennung progressive sinkt. Fett und Kohlenhydrate sind die zwei wichtigsten Energielieferanten während körperlicher Betätigung (Askew, 1984). Abhängig von der Kondition, der Ernährung sowie der

Dauer und Intensität der körperlichen Belastung, dominiert der Fett- oder Kohlenhydratverbrauch (Askew, 1984). Während bei leichten Intensitäten über eine lange Dauer rund 50- 60 % der Energie aus der Fettoxidation kommt, liefert sie nur noch rund 10- 45 % bei submaximaler Intensität von 65- 80 % der  $VO_{2max}$  (Askew, 1984). Eine Studie von Bassami et al. (2007) untersuchte den Energieverbrauch von älteren Herren (~ 63 Jahre) bei verschiedenen Intensitäten (50, 60 und 70 % der  $VO_{2max}$ ) beim Fahrradfahren. Die Ergebnisse bestätigen, dass die Kohlenhydrat- und Fettoxidation signifikant von der Intensität abhängig ist. Laut Chenevière et al. (2009), liegt die höchste Fettverbrennung bei einer Intensität von 52 % der maximalen Sauerstoffaufnahme. Frühere Studien von Achten, Gleeson und Jeukendrup (2002) finden die maximale Fettoxidation bei einer Intensität von ~ 64 % der  $VO_{2max}$  und die Fettverbrennungszone in einem Bereich von ~ 55- 72 % der  $VO_{2max}$ . In dieser Magisterarbeit erreichen nur drei Probandinnen eine Intensität zwischen 64,1- 69,6 % der  $VO_{2max}$  und somit die Zone der höchsten Fettoxidation.

Die Wirkung des Trainingsprinzips von „LIFE“ wurde in einer Studie von Trunz-Carlisi, Böhm und Lompa (2007) untersucht. An der Studie von Trunz- Carlisi et al. (2007) nahmen 100 Sport Wiedereinsteigerinnen oder Neulinge mit einem Body-Mass-Index über 30, das entspricht Adipositas- Stufe 1, und einem durchschnittlichen Alter von 48,8 Jahren teil. Über einen Zeitraum von 3 Monaten verfolgten sie das Ziel, gesundheitlich relevante Verbesserungen in den Bereichen der aeroben Ausdauer, des allgemeinen und abdominalen Körperfettanteils, der Rumpfmuskelkraft, der Beweglichkeit im Bereich ausgewählter Gelenke und der Gleichgewichts- und Stabilisationsfähigkeit durch die Teilnahme am Mrs. Sporty Zirkeltraining zu erreichen. Die Probandinnen trainierten durchschnittlich 2- 3 Mal die Woche für eine Dauer von ca. 30 Minuten. Gestützt wurde die sportliche Betätigung durch eine freiwillige gesundheitsfördernde Ernährungsumstellung. Anhand eines Bewertungs-Scores, der sämtliche erhobenen Parameter misst, wurde geprüft, ob tatsächlich eine Verbesserung der Gesamtleistungsfähigkeit eingetreten war (Trunz- Carlisi, Böhm & Lompa, 2007).

Die Studie ergab, dass die Teilnehmerinnen 5,2 cm Taillenumfang, 4 kg Körperfett und 3,6 kg Gewicht verloren haben und, dass die Kraft der Bauch- und Rückenmuskulatur um 33,8 % bzw. um 12,2 % zugenommen hat. Das Gesamt- Fitness- Niveau konnte um 20,5 % gesteigert werden (Trunz- Carlisi, Böhm & Lompa, 2007). Die

Ausdauerleistungsfähigkeit steigerte sich von 0,95 auf 1,08 Watt/ kg. Dies ist eine Verbesserung von 13,6 % (Trunz- Carlisi, Böhm & Lompa, 2007).

Elmar Trunz- Carlisi (2007) schreibt, dass: „das Zirkeltraining von Mrs. Sporty beim Abnehmen und der Gewichtskontrolle dreifach positiv wirkt: Durch den Muskelaufbau kommt es zu einem größeren Energieverbrauch, rund um die Uhr. Während des Trainings wird viel Energie verbraucht und auch nach dem Training ist der Energieverbrauch über Stunden erhöht, was als Nachbrenn- Effekt bezeichnet wird.“

In Anbetracht der Ergebnisse von Trunz- Carlisi (2007) bezüglich der Gewichtsreduktion stellt sich die Frage ob dies auf das Zirkeltraining oder auf die Ernährungsumstellung zurückzuführen ist. Laut Saris et al. (2003) ist ein Leistungsumsatz von mindestens 2500- 2800 kcal/ Woche notwendig um das Gewicht erfolgreich zu halten. In unserer Studie zeigte sich jedoch, dass der durchschnittliche Gesamt- Energieverbrauch in einer langsamen Runde 59,6 (jung) bzw. 50,8 (alt) kcal und in einer schnellen Runde 82,5 bzw. 71,2 kcal beträgt. In der Studie von Trunz- Carlisi (2007) wurde über eine Dauer von ca. 30 Minuten, dies entspricht 2 Zirkelrunden, an 2- 3 Tagen/ Woche trainiert. Betrachtet man die Werte in unserer Studie, müssten die jungen Probandinnen 3 langsame bzw. ~ 2 schnelle Runden und die älteren Damen 3,5 langsame bzw. 2,5 schnelle Runden täglich absolvieren um die wöchentliche Mindestgrenze von 2500 kcal zu erreichen.

In der Studie von Takeshima et al. (2004) wurde das PACE- Programm untersucht, das aus einem 30- minütigen Ausdauertraining (Rad oder Laufband), das vor dem Zirkeltraining (an 8 hydraulischen Geräten) absolviert wurde, bestand. Der Zirkel beanspruchte dieselben Muskelgruppen wie der Easy- Line- Zirkel. Die Teilnehmerinnen trainierten 30 Sekunden an einem Gerät und wechselten dann zu einem Step auf das 30 Sekunden hinauf und hinunter gestiegen wurde. Die Probandinnen absolvierten einen Durchgang mit 8- 12 Wiederholungen an 3 Tagen pro Woche über einen Zeitraum von 12 Wochen. Das PACE- Training führte zu einer Steigerung der kardiorespiratorischen Ausdauer, zu einer Steigerung der Muskelkraft und zu einer Senkung des subkutanen Fettes. Vergleicht man die Ergebnisse mit dieser Studie, dann stellt sich auch hier die Frage ob die Verbesserungen der Ausdauer und der Kraft und die Abnahme des subkutanen Fettes auf das Zirkel- oder das Ausdauertraining zurückzuführen sind.

Um offene Fragen bezüglich der Gewichtsreduktion und des Energieverbrauchs unterschiedlicher Generationen und Geschlechter im Easy- Line- Zirkeltraining zu beantworten, sollte eine Trainingsstudie über einen Zeitraum von ca. 2 Monaten ohne Ernährungsumstellung und ohne zusätzlichem Training durchgeführt werden.

## 10. Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Belastung im Easy- Line- Zirkel für die jüngeren Probandinnen in einem Bereich von 64,1- 98,6 % der  $VO_{2max}$  in der langsamen bzw. zwischen 80,4- 103 % der  $VO_{2max}$  in der schnellen Runde lag. Die älteren Damen trainierten in einem Bereich von 65- 105,1 % der  $VO_{2max}$  in der langsamen bzw. 89,5- 115,5 % der  $VO_{2max}$  in der schnellen Runde. Aufgrund der Belastung einiger Probandinnen von über 100 % der maximalen Sauerstoffaufnahme ist anzunehmen, dass bei ihnen keine Ausbelastung bei der Spiroergometrie stattgefunden hat.

Laut ACSM sollen ältere Menschen rhythmische, aerobe Tätigkeiten, die große Muskelgruppen beanspruchen, im Intensitätsbereich zwischen 50- 85 % der  $VO_{2max}$  (Pollock et al., 1994) an 3- 5 Tagen pro Woche über eine Dauer von ca. 20 Minuten ausführen um die kardiovaskuläre Gesundheit zu erhalten (Williams et al., 2006). Diese Anforderungen werden im Easy- Line- Zirkel erfüllt und stellen ein passendes Training für Jung und Alt dar. Es sollte jedoch nach ein paar Monaten des Trainings untersucht werden ob sich die Beanspruchung im Zirkel, durch die Steigerung der kardiovaskulären Fitness, verringert. Um eine neuerliche Steigerung der Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit hervorzurufen, sollte die Intensität im Zirkel erhöht bzw. auf Kraft- und Ausdauergeräte umgestiegen werden.

Es ist fraglich ob diese Form des Zirkeltrainings, das 2- 3 Mal/ Woche für eine Dauer von 30 Minuten absolviert wird, zu einer Gewichtsreduktion führt, da der Energieverbrauch für diese 30 Minuten nicht annähernd dem täglichen Energiemehrverbrauch von 357- 400 kcal entspricht.

## **11. Erklärung**

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht noch von anderen Personen vorgelegt.“

**Anhang**

*PAR- Q*

<b>PAR- Q</b>		
	<b>Ja</b>	<b>Nein</b>
<p><b>1.)</b> Hat Ihnen jemals ein Arzt gesagt, Sie hätten «etwas am Herzen» und Ihnen Bewegung und Sport nur unter medizinischer Kontrolle empfohlen?</p> <p><b>2.)</b> Haben Sie Brustschmerzen bei körperlicher Belastung?</p> <p><b>3.)</b> Haben Sie im letzten Monat Brustschmerzen gehabt?</p> <p><b>4.)</b> Haben Sie schon ein- oder mehrmals das Bewusstsein verloren oder sind Sie ein- oder mehrmals wegen Schwindel gestürzt?</p> <p><b>5.)</b> Haben Sie ein Knochen- oder Gelenkproblem, das sich unter körperlicher Aktivität verschlechtern könnte?</p> <p><b>6.)</b> Hat Ihnen jemals ein Arzt ein Medikament gegen hohen Blutdruck oder für ein Herzproblem verschrieben?</p> <p><b>7.)</b> Ist Ihnen, aufgrund persönlicher Erfahrung oder ärztlichen Rats, ein weiterer Grund bekannt, der Sie davon abhalten könnte, ohne medizinische Kontrolle Sport zu betreiben?</p>		

*Fragebogen*

Interpretation des Risikofaktoren Gesamtscores:

- Als Personen mit geringem Risiko werden asymptotische Männer bis zum 45. Lebensjahr und Frauen bis zum 55. Lebensjahr eingestuft, deren Gesamtscore nicht mehr als 1 beträgt. Solche Personen können einem maximalen Belastungstest ausgesetzt werden und ein regelmäßiges und intensives Training durchführen.
- Als Personen mit moderatem Risiko werden asymptotische Männer ab dem 45. Lebensjahr und Frauen ab dem 55. Lebensjahr eingestuft und, unabhängig vom Alter solche Personen deren Gesamtscore 2 oder mehr beträgt. Solche Personen können einem submaximalen Belastungstest ausgesetzt werden und ein Training mit moderater Intensität durchführen. Vor dem Beginn eines intensiven Trainings oder einer maximalen Belastung sollte eine medizinische Untersuchung erfolgen.
- Als Personen mit hohem Risiko gelten solche, die Symptome von akuten oder chronischen Krankheiten aufweisen („Ja“ Fragen 2- 15). Solche Personen sollten einen Arzt aufsuchen bevor sie einem Belastungstest ausgesetzt werden oder mit einem regelmäßigen Training beginnen.

# Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

## Erhebung der Gesundheitsrisikofaktoren bei körperlicher Aktivität

Studientitel: \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_ Geschlecht: \_\_\_\_\_ Größe (cm): \_\_\_\_\_ BMI (kg/m<sup>2</sup>): #####  
 Geb.Datum: \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_ Gewicht (kg): \_\_\_\_\_

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen nach bestem Wissen. Sollten Sie Schwierigkeiten bei der Beantwortung einer Frage haben, kontaktieren Sie bitte die für die Untersuchung verantwortliche Person. Die Fragen sind ausschließlich dazu bestimmt, um Ihre Eignung für die geplanten körperlichen Aktivitäten festzustellen. Ihre Daten werden strikt geheim behandelt und nicht an dritte Personen weitergegeben.

	Ja	Nein
1. Mußten Sie während der letzten 6 Monate einen Arzt aufsuchen?		
2. Wurden bei Ihnen jemals Herzbeschwerden festgestellt?		
3. Nehmen Sie regelmäßig Medikamente gegen Herzbeschwerden ein?		
4. Haben Sie während körperlicher Belastung Beschwerden im Brustkorb?		
5. Wurde bei Ihnen jemals Bluthochdruck diagnostiziert?		
6. Hatten Sie jemals unbegründete Atemnot?		
7. Hatten Sie jemals Schwindel - oder Ohnmachtsanfälle?		
8. Wurde bei Ihnen jemals Epilepsie diagnostiziert?		
9. Wurde bei Ihnen jemals Diabetes (Zuckerkrankheit) diagnostiziert?		
10. Wurde bei Ihnen jemals Asthma oder eine andere Lungenkrankheit diagnostiziert?		
11. Nehmen Sie im Moment Medikamente ein?		
12. Haben Sie im Moment Muskel - oder Gelenksbeschwerden die durch körperliche Aktivität verschlimmert werden könnten?		
13. Haben Sie im Moment akute Verletzungen?		
14. Nur für Frauen: Sind Sie Schwanger?		
15. Besteht Ihrer Meinung nach ein Grund warum Sie nicht körperlich aktiv sein sollten?		

Wenn Sie eine der Fragen 2-15 mit "Ja" beantwortet haben, sollte vor Beginn einer körperlichen Belastung eine ärztliche Untersuchung erfolgen.

### Kardiovaskuläre Risikofaktoren

	1 für Ja oder 0 für Nein
16. Aktueller Blutdruck Systolisch > 140 oder Diastolisch > 90 mm Hg Wenn Systolisch > 160 oder Diastolisch > 100 mm Hg <b>nicht testen!</b>	<input type="text"/>
17. BMI > 30 oder Taillenumfang > 102 cm (Männer) oder > 88 cm (Frauen)	<input type="text"/>
18. Hatte Ihr Vater oder Bruder vor dem 55, oder Ihre Mutter oder Schwester vor dem 65 Lebensjahr einen Herzinfarkt?	<input type="text"/>
19. Rauchen Sie oder haben Sie innerhalb der letzten 6 Monate zu Rauchen aufgehört?	<input type="text"/>
20. Sind Sie an <b>weniger</b> als 3 Tagen pro Woche 30 Minuten körperlich aktiv?	<input type="text"/>

Summe der Kardiovaskulären Risikofaktoren (16-20 sowie Geschlecht und Alter): **Summe A**

Wenn die Summe der Risikofaktoren **null** ist, kann ohne weitere Untersuchung getestet werden.

Wenn die Summe der Risikofaktoren **1 oder größer** ist, müssen die folgenden Blutparameter erhoben werden.

	1 für Ja oder 0 für Nein
21. Gesamt Cholesterin > 200 mg/dl (5,2 mmol/l)	<input type="text"/>
22. Blutzucker nüchtern > 110 mg/dl (6,1 mmol/l) oder 2h nach einer Mahlzeit > 200 mg/dl (11,1 mmol/l)	<input type="text"/>
23. HDL Cholesterin > 55 mg/dl (1,5 mmol/l)	<input type="text"/>
<b>Gesamtscore der Risikofaktoren (A+B-C)</b>	<input style="background-color: yellow;" type="text"/>

Ich habe die vorliegenden Fragen nach bestem Wissen beantwortet. Es ist mir klar, daß unrichtige Angaben ein Gesundheitsrisiko darstellen können.

Datum: \_\_\_\_\_

Unterschrift: \_\_\_\_\_

## Literaturverzeichnis

Nachname	Vorname	Erscheinungsjahr	Titel	Name d. Zeitschrift	Heft
Achten J., Gleeson M., Jeukendrup A.		(2002)	„Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation“	Medicine and Science in Sports and Exercise	34 (92- 97)
Achten J., Jeukendrup A.		(2003)	„Maximal fat oxidation during exercise in trained men“	International Journal of Sports Medicine	24 (603- 608)
Achten J., Jeukendrup A.		(2004)	„Relation between plasma lactate concentration and fat oxidation rates over a wide range of exercise intensities“	International Journal of Sports Medicine	25 (32- 37)
Achten J., Venables M., Jeukendrup A.		(2003)	„Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities“	Metabolism	52 (747- 752)
Ahmaidi S., Masse- Biron J., Adam B., Choquet D., Freville M., Libert J.- P., Prefaut C.		(1998)	“Effects of interval training at the ventilatory threshold on clinical and cardiorespiratory responses in elderly humans”	European Journal of applied physiology	78 (170- 176)
Ainsworth B.		(2002)	„The Compendium of Physical Activities Tracking Guide“	Prevention Research Center	
Alcaraz P., Sanchez- Lorente J., Blazeovich A.		(2008)	“Physical performance and cardiovascular responses to an acute bout of heavy resistance circuit training versus traditional strength training”	Journal of Strength and Conditioning research	22 (667- 671)
American College of Sports Medicine		(2002)	“Position stand: progression models in resistance training for healthy adults”	Medicine and Science in sports and exercise	34 (364- 380)
American College of Sports Medicine		(2009)	“Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults”	Medicine and Science in sports and exercise	41 (459- 471)
Antero Kesaniemi Y., Danforth E., Jensen M., Kopelman P., Lefèbvre P., Reeder B.		(2001)	„Dose response issues concerning physical activity and health: an evidence based symposium“	MSSE	33 (351- 358)
Asikainen Tuula- M., Kukkonen- Harjula K., Miilunpalo S.		(2004)	„Exercise for Health for early postmenopausal women: a systematic review of randomised controlled trials“	Sports Medicine	34 (753- 778)
Asikainen Tuula- M., Suni J. H., Pasanen M. E., Oja P., Rinne M. B., Miilunpalo S. I., Nygard Clas- Hakan, Vuori I. M.		(2006)	„Effect of brisk walking in 1 or 2 daily bouts and moderate resistance training on lower- extremity muscle strength, balance, and walking performance in women who recently went through menopause: A randomized, controlled trial“	Physical Therapy	86 (912- 923)
Askew E.		(1984)	“Role of fat metabolism in exercise”	Clinics in sports medicine	3 (605- 621)
Bahr R., Gronnerod O., Sejersted O.		(1992)	“Effect of supramaximal exercise on excess postexercise oxygen consumption”	Medicine and science in sports and exercise	24 (66- 71)
Bahr R., Ingnes I., Vaage O., Sejersted O., Newsholme E.		(1987)	“Effect of duration of exercise on excess postexercise oxygen consumption”	Journal of applied physiology	62 (485- 490)
Baker Michael K., Atlantis E., Fiatarone Singh Maria A.		(2007)	„Systematic review: Multi- modal exercise programs for older adults“	Age and Ageing	36 (375- 381)
Balady G., Chaitman B., Driscoll D., Foster C., Froelicher E., Gordon N., Pate R., Rippe J., Bazzarre T.		(1998)	“Recommendations for cardiovascular screening, staffing, and emergency policies at health/ fitness facilities”	Circulation	97 (2283- 2293)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Ballor D., Becque M., Katch V.- (1987)- "Metabolic responses during hydraulic resistance exercise"- *Medicine and Science in Sports and Exercise*- 19 (363- 367)
- Baquet G., Van Praagh E., Berthoin S.- (2003)- "Endurance training and aerobic fitness in young people"- *Sports Medicine*- 33 (1127- 1143)
- Bassami M., Ahmadizad S., Doran D., MacLaren D.- (2007)- "Effects of exercise intensity and duration on fat metabolism in trained and untrained older males"- *European journal of applied physiology*- 101 (525- 532)
- Bassuk S., Manson J.- (2003)- "Physical activity and cardiovascular disease prevention in women: how much is good enough?"- *Exercise and Sports Sciences reviews*- 31 (176- 181)
- Bastille J. V., Gill- Body K. M.- (2004)- „A Yoga- based exercise program for people with chronic poststroke hemiparesis“- *Physical Therapy*- 84 (33- 48)
- Beaver W., Wassermann K., Whip B.- (1986)- "A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange"- *Journals of applied physiology*- 60 (2020- 2027)
- Beling J., Roller M.- (2009)- „Multifactorial intervention with balance training as a core component among fall- prone older adults“- *Journal of Geriatric Physical Therapy*- 32 (125- 132)
- Bellew J. W., Click Fenter P., Chelette B., Moore R., Loreno D.- (2005)- „Effects of a short- term dynamic balance training program in healthy older women“- *Journal of Geriatric Physical Therapy*- 28 (4- 8)
- Billat V., Flechet B., Petit B., Muriaux G., Koralsztein J.- P.- (1999)- "Interval training at  $VO_{2max}$ : effects on aerobic performance and overtraining markers"- *Medicine and Science in sports and exercise*- 31 (156- 163)
- Binzen C., Swan P., Manore M.- (2001)- "Postexercise oxygen consumption and substrate use after resistance exercise in woman"- *Medicine and Science in sports and exercise*- 33 (932- 938)
- Bogaerts A., Delecluse C., Claessens A. L., Coudyzer W., Boonen S., Verschueren S. M. P.- (2007)- "Impact of Whole- body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: A 1- year randomized controlled trial"- *Journal of Gerontology: Medical Science*- 62 A (630- 635)
- Bogaerts A. C. G., Delecluse C., Claessens A. L., Troosters T., Boonen S., Verschueren S. M. P.- (2009 )- "Effects of whole body vibration training on cardiorespiratory fitness and muscle strength in older individuals (a 1- year randomized controlled trial)"- *Age Aging* - 38 (448- 454)
- Borsheim E., Bahr R.- (2003)- "Effect of exercise intensity, duration and mode on post- exercise oxygen consumption"- *Sports Medicine*- 33 (1037- 1060)
- Braun W., Hawthorne W., Markofski M.- (2005)- "Acute EPOC response in women to circuit training and treadmill exercise of matched oxygen consumption"- *European Journal of applied physiology*- 94 (500- 504)
- Brentano M., Cadore E., Da Silva E., Ambrosini A., Coertjens M., Petkowicz R., Viero I., Kruel L.- (2008)- „Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women with bone loss“- *Journal of strength and conditioning research*- 22 (1816- 1825)
- Broglio S., Tomporowski P., Ferrara M. - (2005)- „Balance performance with a cognitive task: a dual-task testing paradigm“- *Medicine and Science in Sports and Exercise*- 37 (689- 695)
- Brown G., Cook C., Krueger R., Heelan K.- (2010)- "Comparison of energy expenditure on a treadmill vs. an elliptical device at a self- selected exercise intensity"- *Journal of strength and conditioning research*- 24 (1643- 1649)
- Bruhn S., Kullmann N., Gollhofer A.- (2004)- „The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance“- *International Journal of Sports Medicine*- 25 (56- 60)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Buchner D.- (1997)- "Preserving mobility in older adults"- The Western Journal of Medicine- 167 (258- 264)
- Byrd R., Hopkins- Price P., Boatwright J., Kinley K.- (1988)- "Prediction of the caloric cost of the bench press"- Journal of applied Sports Sciences research- 2 (7- 8)
- Cakar E., Dincer U., Kiralp M. Z., Cakar D. B., Durmus O., Kilac H., Soydan F. C., Sevinc S., Alper C.- (2010)- „Jumping combined exercise programs reduce fall risk and improve balance and life quality of elderly people who live in a long- term care facility“- European Journal of physical and rehabilitation medicine- 46 (59- 67)
- Camargo M., Stein R., Ribeiro J., Schwartzman P., Rizzatti M., Schaan B.- (2008)- "Circuit weight training and cardiac morphology: a trial with magnetic resonance imaging"- British Journal of Sports and Medicine- 42 (141- 145)
- Chang J. T., Morton S. C., Rubenstein L. Z., Mojica W. A., Maglione M., Suttrop M. J., Roth E. A., Shekelle P. G.- (2004)- „Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials“- BMJ- 328 (653- 654)
- Chenevière X., Borrani F., Ebenegger V., Gojanovic B., Malatesta D.- (2009)- "Effect of a 1- hour single bout of moderate- intensity exercise on fat oxidation kinetics"- Metabolism- 58 (1778- 1786)
- Chwilkowski C.- (2006)- "Koordinationstraining- Verbesserung der Bewegungs- und Haltungskoordination"- Trainer 1- (S. 46- 49)
- Collins M., Cureton K., Hill D., Ray C.- (1990)- "Relationship of heart rate to oxygen uptake during weight lifting exercise"- Medicine and Science in sports and exercise- 23 (636- 640)
- Coyle E.- (1995)- "Substrate utilization during exercise in active people"- American Journal of Clinical Nutrition- 61 (968- 979)
- Cress M. Elaine, Buchner David M., Prohaska T., Rimmer J., Brown M., Macera C., De Pietro L., Chodzko-Zajko W.- (2004)- „Physical activity programs and behavior counseling in older adults populations“- Medicine & Science in Sports & Exercise- 36 (1997-2003)
- Crommett A., Kinzey S.- (2004)- "Excess postexercise oxygen consumption following acute aerobic and resistance exercise in women who are lean or obese"- Journal of strength and conditioning research- 18 (410- 415)
- Da Silva R., Brentano M., Kruehl L.- (2010)- "Effects of different strength training methods on postexercise energetic expenditure"- Journal of strength and conditioning research- 24 (2255- 2260)
- Dalleck L., Borresen E., Wallenta J., Zahler K., Boyd E.- (2008)- "A moderate- intensity exercise program fulfilling the American college of sports medicine net energy expenditure recommendation improves health outcomes in premenopausal women"- Journal of strength and conditioning research- 22 (256- 262)
- Darr K., Bassett D., Morgan B., Thomas D.- (1988)- "Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise"- American Journal of physiology- 254 (H340- H343)
- De Rekeneire N., Visser M., Peila R., Nevitt M., Cauley J., Tylavsky F., Simonsick E., Harris T.- (2003)- "Is a fall just a fall correlates of falling in healthy older persons- the health aging and body composition study"- Journal of American Geriatrics Society- 51 (S. 841- 846)
- De Vito G., Hernandez R., Gonzalez V., Felici F., Figura F.- (1997)- "Low intensity physical training in older subjects"- Journal of sports medicine and physical fitness- 37 (72- 77)
- Debra J. R.- (2008)- „Preventing falls among older adults: No „one size suits all“ intervention strategy“- Journal of rehabilitation research and development - 45 (1153- 1166)
- Degroot D., Quinn T., Jertzer R., Vroman N., Olney W.- (1998)- "Circuit weight training in cardiac patients: determining optimal workloads for safety and energy expenditure"- Journal of cardiopulmonary rehabilitation- 18 (145- 152)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Delecluse C., Roelants M., Verschueren S.- (2003)- „Strength increase after whole- body vibration compared with resistance training“- *Medicine and Science in Sports and Exercise*- 35 (1033- 1041)
- Deschenes Michael R.- (2004)- „Effects of aging on muscle fibre type and size“- *Sports Medicine*- 34 (809- 824)
- Deshpande N., Metter J. E., Lauretani F., Bandinelli S., Ferrucci L.- (2009)- „Interpreting fear of falling in the elderly: What do we need to consider?“- *Journal of Geriatric physical therapy*- 32 (91- 96)
- Dey D. K., Bosaeus I., Lissner L., Steen B.- (2009)- „Changes in body composition and its relation to muscle strength in 75- year- old men and women: a 5- year prospective follow- up study of the NORA cohort in Göteborg, Sweden“- *Nutrition*- 25 (613- 619)
- DiPietro L., Dziura J., Yeckel C. W., Neufer P. D.- (2006)- „Exercise and improved insulin sensivity in older women: evidence of the enduring benefits of higher intensity training“- *Journal of applied Physiology*- 100 (142- 149)
- Dorner T., Kranz A., Zettl-Wiedner K., Ludwig C., Rieder A., Gisinger C.- (2007)- „The effect of structured strength and balance training on cognitive function in frail, cognitive impaired elderly long-term care residents“- *Aging clinical and experimental research*- 19 (400- 405)
- Drummond M., Vehrs P., Schaalje G., Parcell A.- (2005)- „Aerobic and resistance exercise sequence affects excess postexercise oxygen consumption“- *Journal of strength and conditioning research*- 19 (332- 337)
- Du N., Bai S., Oguri K., Kato Y., Matsumoto I., Kawase H.- (2005)- „Heart rate recovery after exercise and neural regulation of heart rate variability in 30- 40 year old female marathon runners“- *Journal of Sports Science and Medicine*- 4 (9- 17)
- Editorial- (2008)- „Falls in older people“- *Journal of Electromyography and Kinesiology*- 18 (169- 171)
- Elliot D., Goldberg L., Kuehl K.- (1992)- “Effect of resistance training on excess post- exercise oxygen consumption“- *Journal of applied sports science research*- 6 (77- 81)
- Evans W.- (1999)- “Exercise training guidelines for the elderly“- *Medicine and Science in sports and exercise*- 1 (12- 17)
- Falck I.- (1983)- “Die Bedeutung von Stürzen in der Geriatrie“- *Zeitschrift für Geriatrie*- 16 (254- 259)
- Faulkner J. A., Davis C. S., Mendias C. L., Brooks S. V.- (2008)- „The aging of elite male athletes: age- related changes in performance and skeletal muscle structure and function“- *Clinical Journal of Sports Medicine*- 18 (501- 507)
- Faulkner J. A., Larkin L. M., Claffin D. R., Brooks S. V.- (2007)- „Age- related changes in the structure and function of skeletal muscles“- *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*- 34 (1091- 1096)
- Fjelstad C., Fjelstad A., Acree L., Nickel K., Gardner A.- (2008)- “The influence of obesity on falls and quality of life“- *Dynamic Medicine*- 7
- Fleck S., Kraemer W.- (1997)- “Designing resistance training programs“- *Champaign: Human Kinetics*
- Freitas de Salles B., Simao R., Miranda F., J. da Silva Novaes, Lemos A., Willardson J.- (2009)- “Rest interval between sets in strength training“- *Sports Medicine*- 39 (765- 777)
- Frontera W., Meredith C., O`Reilly K., Evans W.- (1990)- “Strength training and determinants of  $VO_{2max}$  in older men“- *Journal of applied Physiology*- 68 (329- 333)
- Garbutt G., Boocock M., Reilly T., Troup J.- (1994)- “Physiological and spinal responses to circuit weight- training“- *Ergonomics*- 37 (117- 125)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Gaub M. G., Prost E., Bomar M., Farid R., Langland G., Brown M.- (2004)- „Efficacy of balance and flexibility intervention in a frail female centenarian“- Journal of Geriatric Physical Therapy- 27 (22- 27)
- Genovesi S., Zaccaria D., Rossi E., Valsecchi M., Stella A., Stramba- Badiale M.- (2006)- “Effects of exercise training on heart rate and QT interval in healthy young individuals: are there gender differences?”- European society of cardiology (Europace)- 9 (55- 60)
- Gettman L., Ayers J., Pollock M., Jackson A.- (1978)- “The effect of circuit weight training on strength, cardiorespiratory function and body composition of adult men“- Medicine and Science in Sports and Exercise- 10 (171- 176)
- Gettman L., Cutler A., Stratham T.- (1980)- “Physiological changes after 20 weeks of isotonic vs. isokinetic circuit training“- Journal of sports and Medicine- 20 (265- 274)
- Gettman L., Pollock M.- (1981)- “Circuit weight training: a critical review of its physiological benefits“- Physical Sports Medicine- 9 (44- 60)
- Gettman L., Ward P., Hagan R.- (1982)- “A comparison of combined running and weight training with circuit weight training“- Medicine and Science in Sports and Exercise- 14 (229- 234)
- Gillette C., Bullough R., Melby C.- (1994)- “Postexercise energy expenditure in response to acute aerobic or resistive exercise“- International Journal of Sports nutrition- 4 (347- 360)
- Goodpaster Bret H., Chomentowski P., Ward Bryan K., Rossi A., Glynn Nancy W., Delmonico Matthew J., Kritchevsky Stephen B., Pahor M., Newman Anne B.- (2008)- „Effects of physical activity on strength and skeletal muscle fat infiltration in older adults: a randomized controlled trial“- Journal of applied physiology- 105 (1498- 1503)
- Goodpaster B. H., Park S. W., Harris T. B., Kritchevsky S. B., Nevitt M., Schwartz A. V., Simonsick E. M., Tylavsky F. A., Visser M., Newman A. B.- (2006)- „The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study“-The Journals of Gerontology. Series A, Biological Science and Medical Science- 61 (1059- 1064)
- Gormley S., Swain D., High R., Spina R., Dowling E., Kotipalli U., Gandrakota R.- (2008)- “Effect of intensity of aerobic training on  $VO_{2max}$ “- Medicine and Science in sports and exercise- (1336- 1343)
- Goto K., Nagasawa M., Yanagisawa O.- (2004)- “Muscular adaptations to combinations of high and low intensity resistance exercises“- Journal of Strength and conditioning research- 18 (730- 737)
- Grabner M. D., Donovan S., Bareither M. L., Marone J. R., Hamstra- Wright K., Gatts S., Troy K. L.- (2008)- „Trunk kinematics and fall risk of older adults: translating biomechanical results to the clinic“- Journal of Electromyography and Kinesiology- 18 (197- 204)
- Granata Kevin P., Lockhart Thurmon E.- (2008)- „Dynamic stability differences in fall- prone and healthy adults“- Journal of Electromyography and Kinesiology- 18 (172- 178)
- Grier T., Lloyd L., Walker J., Murray T.- (2002)- “Metabolic cost of aerobic dance bench stepping at varying cadences and bench heights“- Journal of strength and conditioning research- 16 (242- 249)
- Groscurth A., Vetter W., Suter P. M.- (2003)- “Werden die Schweizer schwerer?”- Praxis- 92 (2191- 2200)
- Haddock B., Wilkin L.- (2006)- “Resistance training volume and post exercise energy expenditure“- International Journal of Sports medicine- 27 (143- 148)
- Haennel R., Teo K., Quinney A., Kappagoda T.- (1989)- “Effects of hydraulic circuit training on cardiovascular function“- Medicine and Science in Sports and Exercise- 21 (605- 612)
- Hagberg J., Graves J., Limacher M.- (1989)- “Cardiovascular responses of 70- to 79- yr- old men and women to exercise training“- Journal of applied Physiology- 66 (2589- 2594)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Harber M., Fry A., Rubin M., Smith J., Weiss L.- (2004)- "Skeletal muscle and hormonal adaptations to circuit weight training in untrained men"- *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*- 14 (176- 185)
- Haskell W., Lee I., Pate R., Powell K., Blair S., Franklin B., Macera C., Heath G., Thompson P., Bauman A.- (2007)- "Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports and Medicine and the American Heart Association"- *Medicine and Science in Sports and Exercise*- 39 (1423- 1434)
- Hazley L., Ingle L., Tsakirides C., Carroll S., Nagi D.- (2010)- "Impact of a short- term, moderate intensity, lower volume circuit resistance training programme on metabolic risk factors in overweight/ obese type 2 diabetics"- *Research in Sports Medicine*- 18 (251- 262)
- Heck H., Rost R., Hollmann W.- (1984)- "Normwerte des Blutdrucks bei der Fahrradergometrie"- *Deutsche Zeitung der Sportmedizin*- 35 (243- 247)
- Heitkamp H. C., Horstmann T., Mayer F., Weller J., Dickuth H. H.- (2001)- "Gain in strength and muscular balance after balance training"- *International Journal of Sports medicine*- 22 (285- 290)
- Helbostad Jorunn L., Moe- Nilssen R.- (2003)- „The effect of gait speed on lateral balance control during walking in healthy elderly“- *Gait and Posture*- 18 (27- 36)
- Helge J., Lundby C., Christensen D., Langfort J., Messonnier L., Zacho M., Andersen J., Saltin- (2003)- "Skiing across the Greenland icecap: divergent effects on limb muscle adaptations and substrate oxidation"- *Journal of Experimental Biology*- 206 (1075- 1083)
- Helgerud J., Hoydal K., Wang E., Karlsen T., Berg P., Bjerkaas M., Simonsen T., Helgesen C., Hjorth N., Bach R., Hoff J.- (2007)- "Aerobic high- intensity intervals improve  $VO_{2max}$  more than moderate training"- *Medicine and Science in sports and exercise*- (665- 671)
- Hempel L., Wells C.- (1985)- "Cardiorespiratory cost of the Nautilus express circuit"- *Physician Sportsmedicine*- 13 (82- 96)
- Hickson J., Bouno M., Wilmore J., Constable S.- (1984)- "Energy cost of weight training exercise"- *Natural strength conditioning association Journal*- 6 (22- 23)
- Holloszy J.- (1967)- "Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle"- *Journal of biological chemistry*- 242 (S. 2278- 2282)
- Holloszy J., Kohrt W., Hansen P.- (1998)- "The regulation of carbohydrate and fat metabolism during and after exercise"- *Frontiers in bioscience: a journal and virtual library*- 15 (D1011- D1027)
- Holviala J., Häkkinen A., Karavirta L., Nyman K., Izquierdo M., Gorostiaga E., Avela J., Korhonen J., Knuutila V.- P., Kraemer W., Häkkinen K.- (2010)- "Effects of combined strength and endurance training on treadmill load carrying performance in aging men"- *Journal of Strength and conditioning research*- 24 (1584- 1595)
- Hoppeler H., Weibel E.- (2000)- "Structural and functional limits for oxygen supply to muscle"- *Acta Physiologica Scandinavia*- 168 (445- 456)
- Horowitz J., Klein S.- (2000)- "Lipid metabolism during endurance exercise"- *The American Journal of clinical nutrition*- 72 (S. 558- 563)
- Howe T. E., Rochester L., Jackson A., Banks P. M. H., Blair V. A.- (2007)- "Exercise for improving balance in older people"- *Cochrane Database of systematic reviews*- 4 (CD004963)
- Hrysomallis C.- (2007)- „Relationship between balance ability, training and sports injury risk“- *Sports Medicine*- 36 (547- 556)
- Hsiao- Weckler Elizabeth T.- (2008)- „Biomechanical and age- related differences in balance recovery using the tether-release method“- *Journal of Electromyography and Kinesiology*- 18 (179- 187)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Hunter G., Blackman L., Dunnam L., Flemming G.- (1988)- "Bench press metabolic rate as a function of exercise intensity"- Journal of applied sports science research- 2 (1- 6)
- Hunter G., Seelhorst D., Snyder S.- (2003)- "Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training"- Journal of strength and conditioning research- 17 (76- 81)
- Huonker M., Schmidt- Trucksäß A., Heiss H., Keul J.- (2000)- "Trainingseinflüsse auf altersbedingte strukturelle und funktionelle Veränderungen am Herzkreislaufsystem und an der Skelettmuskulatur"- Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie- 35 (151- 156)
- Isler A. K., Kosar S. N., Korkusuz F.- (2001)- „Effects of step aerobics and aerobic dancing on serum lipids and lipoproteins“- The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness- 41 (380- 385)
- Jansen R., Schmidtbleicher C.- (2007)- "Kardiopulmonale Reaktionen während intensive Krafttrainings bei männlichen Handballspielern"- Sportverletzungen und Sportschäden- 21 (15- 19)
- Jakob E., Steuer M., Schneider U., Höltke V., Jöns H.- (2009)- "Durchatmen- Die maximale Sauerstoffaufnahme  $VO_{2max}$ "- Medical Sports Network- 5 (38- 40)
- Jamurtas A., Koutedakis Y., Paschalis V., Tofas T., Yfanti C., Tsiokanos A., Koukoulis G., Kouretas D., Loupos D.- (2004)- "The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio"- European Journal of applied physiology- 92 (393- 398)
- Jones A., Carter H.- (2000)- "The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness"- Sports Medicine- 29 (373- 386)
- Judge J. O., Lindsey C., Underwood M., Winsemlus D.- (1993)- "Balance improvements in older women: effects of exercise training"- Physical Therapy- 73 (254- 265)
- Jürimäe T., Jürimäe J., Pihl E.- (2000)- "Circulatory responses to single circuit weight and walking training sessions of similar energy cost in middle- aged overweight females"- Clinical Physiology- 20 (143- 149)
- Kalb J., Hunter G.- (1991)- "Weight training economy as a function of intensity of the squat and overhead press exercise"- Journal of Sports medicine and physical fitness- 31 (154- 160)
- Kaikkonen H., Yrjämä M., Siljander E., Byman P., Laukkanen R.- (1999)- "The effect of heart rate controlled low resistance circuit weight training and endurance training on maximal aerobic power in sedentary adults"- Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports- 10 (211- 215)
- Kang J., Hoffman J., Spiering B., Ratamess N., Rundell K., Nioka S., Cooper J., Chance B.- (2005)- "Evaluation of physiological responses during recovery following three resistance exercise programs"- Journal of strength and conditioning research- 19 (305- 309)
- Kaya E., Yorgun H., Akdogan A., Ates A., Canpolat U., Sunman H., Aytemir K., Tokgozoglu L., Kabakci G., Calguneri M., Ozkutlu H., Oto A.- (2009)- "Heart- rate recovery index is impaired in Behcet's disease"- Texas Heart Institute Journal- 36 (282- 286)
- Kendall K., Smith A., Graef J., Fukuda D., Moon J., Beck T., Cramer J., Stout J.- (2009)- "Effects of four weeks of high- intensity interval training and creatine supplementation on critical power and anaerobic working capacity in college- aged men"- Journal of Strength and Conditioning research- 23 (1663- 1669)
- Kennedy M. M., Newton M.- (1997)- „Effect of exercise intensity on mood in step aerobics“- The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness- 37 (200- 204)
- Knechtle B., Bircher S.- (2005)- "Bestimmung der Intensität mit der höchsten Fettverbrennung- Theoretische Grundlagen und praktische Konsequenzen"- Klinische Sportmedizin- 6 (39- 45)
- Komagata S., Newton R.- (2003)- „The effectiveness of Tai Chi on improving balance in older adults: An evidence- based review“- Journal of Geriatric Physical Therapy- 26 (9- 16)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Kraemer W. J., Keuning M., Ratamess N. A., Volek J. S., McCormick M., Bush J. A., Nindl B. C., Gordon S. E., Mazzetti S. A., Newton R. U., Gómez A. L., Wickham R. B., Rubin M. R., Häkkinen K.- (2001)- „Resistance training combined with bench- step aerobics enhances women’s health profile“- *Medicine & Science in Sports & Exercise*- 33 (259- 269)
- Krieger J.- (2009)- “Single vs. multiple sets of resistance exercise: A meta- regression“- *Journal of Strength and conditioning*- 23 (1890- 1901)
- Krieger J.- (2010)- “Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta- analysis“- *Journal of strength and conditioning research*- 24 (1150- 1159)
- Krogh A., Lindhard J.- (1920)- “The relative value of fat and carbohydrate as sources of muscular energy“- *The biochemical journal*- 14 (S. 290- 363)
- Kuehl K., Elliot D., Goldberg L.- (1990)- “Predicting caloric expenditure during multi- station resistance exercise“- *Journal of applied sports science research*- 4 (63- 67)
- Kulmala J., Viljanen A., Sipilä S., Pajala S., Pärssinen O., Kauppinen M., Koskenvuo M., Kaprio J., Rantanen T.- (2009)- „Poor vision accompanied with other sensory impairments as a predictor of falls in older women“- *Age and Ageing*- 38 (162- 167)
- Laforgia J., Withers R., Shipp N., Gore C.- (1997)- „Comparison of energy expenditure elevations after submaximal and supramaximal running“- *Journal of applied physiology*- 82 (661- 666)
- LaPier T., Bain, C., Moses, S., Dunkle S.- (1996)- „, Balance Training Through Ball Throwing Activities: A Research-based Rationale“- *Physical and Occupational Therapy in Geriatric*- 14 ( 23-41)
- Larsson L., Grimby G., Karlsson J.- (1979)- “Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology“- *Journal of applied physiology*- 46 (451- 456)
- Larson G., Pottleiger J.- (1997)- “A comparison of three different rest intervals between multiple squat bouts“- *Journal of Strength and conditioning research*- 11 (115- 118)
- Laukkanen R., Kalaja M., Kalaja S., Holmala E., Paavolainen L., Tummavuori M., Virtanen P., Rusko H.- (2001)- “Heart rate during aerobic classes in women with different previous experiences of aerobics“- *European Journal of applied physiology*- 84 (64- 68)
- Lee S. C., Islam M. M., Rogers M., Kusunoki M., Okada A., Takeshima N.- (2011)- “Effects of hydraulic- resistance exercise on strength and power in untrained healthy older adults“- *Journal of Strength and Conditioning Research*- 25 (1089- 1097)
- Lelard T., Doutrelot Pierre- Louis, David P., Ahmaidi S.- (2010)- „Effects of a 12- week Tai Chi Chuan program versus a balance training program on postural control and walking ability in older people“- *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*- 91 (9- 14)
- Lemos A., Simao R., Polito M., Salles B., Rhea M., Alexander J.- (2009)- “The acute influence of two intensities of aerobic exercise on strength training performance in elderly women“- *Journal of strength and conditioning research*- 23 (1252- 1257)
- Lexell L., Taylor C., Sjostrom M.- (1988)- “What is the cause of ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83- year- old men“- *Journal of the neurological sciences*- 84 (275- 294)
- Li F., Harmer P., Fisher K. J., McAuley E.- (2001)- „Tai Chi: improving functional balance and predicting subsequent falls in older persons“- *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*- 41 (380- 385)
- Liaw Mei- Yun, Chen Chia- Ling, Pei Yu- Cheng, Leong Chau- Peng, Lau Yiu- Chung- (2009)- „,Comparison of the static and dynamic balance performance in young, middle- aged, and elderly healthy people“- *Chang Gung Medicine Journal*- 32 (298- 304)
- Lin Mau- Rong, Hwang Hei- Fen, Wang Yi- Wei, Chang Shu- Hui, Wolf S. L.- (2006)- „Community- based Tai Chi and its effect on injurious falls, balance, gait, and fear of falling in older people“- *Physical Therapy*- 86 (1189- 1201)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Lindle R., Metter E., Lynch N., et al- (1997)- "Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20- 93 yr."- *Journal of applied physiology*- 83 (1581- 1587)
- Liu- Ambrose T., Khan K. M., Eng J. J., Janssen P. A., Lord S. R., McKay H. A.- (2004)- „Resistance and agility training reduce fall risk in women aged 75 to 85 with low bone mass: A 6- month randomized, controlled trial“- *Journal of American Geriatric Society* - 52 (657- 665)
- Lord S., Ward J., Williams P., Anstey K. - (1994)- "Physiological factors associated with falls in older community- dwelling women"- *American Geriatric Society*- 42 (1110- 1117)
- MacDonald M., Currie K.- (2009)- "Interval exercise is a path to good health, but how much, how often and for whom?"- *Clinical Science*- 116 (315- 316)
- Madureira M. M., Takayama L., Gallinaro A. L., Caparbo V. F., Costa R. A., Pereira R. M. R.- (2007)- „Balance training program is highly effective in improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis: a randomized controlled trial“- *Osteoporosis International* – 18 (419- 425)
- Madureira M. M., Bonfá E., Takayama L., Pereira R. M. R.- (2010)- „A 12- month randomized controlled trial of balance training in elderly women with osteoporosis: Improvement of quality of life“- *Maturitas*- 66 (206- 211)
- Maehlum S., Grandmantagne M., Newsholme E., Sefersted O.- (1986)- "Magnitude and duration of excess post- exercise oxygen consumption in healthy young subjects"- *Metabolism*- 35 (425- 429)
- Magnussen H., Kirsten A.- M.- (2007)- "Unentbehrlich bei der Betreuung von Lungenkranken"- *Der Allgemeinarzt*- 13 (36- 38)
- Maki B. E., Cheng K. C.- C., Mansfield A., Scovil C. Y., Perry S. D., Peters A. L., McKay S., Lee T., Marquis A., Corbeil P., Fernie G. R., Liu B., McIlroy W. E.- (2008)- „Preventing falls in older adults: New interventions to promote more effective change- in- support balance reactions“- *Journal of Electromyography and Kinesiology*- 18 (243- 254)
- Manetta J., Brun J.- F., Prefaut C., Mercier J.- (2005)- "Substrate oxidation during exercise at moderate and hard intensity in middle- aged and young athletes vs. sedentary men"- *Metabolism*- 54 (1411- 1419)
- Manini T., Marko M., VanArnam T., Cook S., Fernhall B., Burke J., Ploutz- Snyder L.- (2007)- „Efficacy of resistance and task- specific exercise in older adults who modify tasks everyday life“- *Journal of Gerontology: Medical Science*- 62 A (616- 623)
- Mansfield A., Peters A. L., Liu B. A., Maki B. E.- (2007)- „A perturbation- based balance training program for older adults: study protocol for a randomized controlled trial“- *BMC geriatrics*- 7:12
- Mansfield A., Peters A. L., Liu B. A., Maki B. E.- (2010)- „Effect of a perturbation- based balance training program on compensatory stepping and grasping reactions in older adults: a randomized controlled trial“- *Physical Therapy* – 90 (476- 491)
- Marcinik E., Potts J., Schalbach G., Will S., Dawson P., Hurley B.- (1991)- "Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance"- *Medicine and Science in Sports and Exercise*- 23 (739- 743)
- Mazzeo Robert S., Cavanagh P., Evans William J., Fiatarone M., Hagberg J., McAuley E., Startzell J. - (1998)- „Exercise and physical activity for older adults“- *American College of Sports Medicine (Medicine & Science in Sports & Exercise)*- 30 (992- 1008)
- Mazzetti S., Douglass M., Yocum A., Harber M.- (2007)- "Effect of explosive versus slow contractions and exercise intensity on energy expenditure"- *Medicine and Science in sports and exercise*- 39 (1291- 1301)
- McGuire D., Levine B., Williamson J., Snell P., Blomqvist G., Saltin B., Mitchell J.- (2001)- "A 30- year follow- up of the dallas bed rest and training study"- *Circulation*- 104 (1350- 1357)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- McMichael K. A., Vander Bilt J., Lavery L., Rodriguez E., Ganguli M.- (2008)- „Simple balance and mobility tests can assess falls risk when cognition is impaired“- Geriatric Nursing- 29 (311- 323)
- McKay B., Paterson D., Kowalchuk J.- (2009)- “Effect of short- term high- intensity interval training vs. continuous training on O<sub>2</sub> uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance“- Journal of applied Physiology- 107 (128- 138)
- Medic N., Young BW., Starkes JL., Weir PL., Grove JR.- (2009)- „Gender, age, and sport differences in relative age effects among US Masters swimming and track and field athletes“- Journal of Sports Science- 27 (1535- 1544)
- Melanson E., Sharp T., Seagle H., Donahoo W., Grunwald G., Peters J., Hamilton J., Hill J.- (2002)- “Resistance and aerobic exercise have similar effects on 24- h nutrient oxidation“- Medicine and Science in sports and exercise- 34 (1793- 1800)
- Merriman H., Jackson K.- (2009)- “The effects of whole- body vibration training in aging adults: A systematic review“- Journal of Physical Geriatric Therapy- 32 (134- 145)
- Meusel H.- (2000)- “Grundlagen der Bewegungstherapie in der geriatrischen Rehabilitation“- Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie- 33 (35- 44)
- Meyer T., Auracher M., Heeg K., Urhausen A., Kindermann W.- (2007)- „Effectiveness of Low- Intensity Endurance Training“- International Journal of Sports Medicine- 28 (33- 39)
- Michikawa T., Nishiwaki Y., Takebayashi T., Toyama Y.- (2009)- „One- leg standing test for elderly population“- Journal of orthopaedic science- 14 (675- 685)
- Miszko T. A., Cress M. E., Slade J. M., Covey C. J., Agrawal S. K., Doerr C. E.- (2003)- „Effect of strength and power training on physical function in community- dwelling older adults“- Journal of Gerontology: Medical Science- 58 A (171- 175)
- Mole P., Oscari L., Holloszy J.- (1971)- “Adaptation of muscle to exercise. Increase in levels of palmitoyl CoA synthase, carnitine palmitoyl- transferase, and palmitoyl CoA dehydrogenase and in the capacity to oxidize fatty acids“- The Journal of clinical investigation- 50 (2323- 2330)
- Mosher P., Underwood S., Ferguson M., Arnold R.- (1994)- “Effects of 12 weeks of aerobic circuit training on aerobic capacity, muscular strength, and body composition in college- age women“- Journal of strength and conditioning research- 8 (144- 148)
- Moreland J., Richardson J., Goldsmith C., Clase C.- (2004)- “Muscle weakness and falls in older adults: a systematic review and meta- analysis“- Journal of American Geriatric Society- 52 (1121- 1129)
- Morio B., Barra V., Ritz P., Fellmann N., Bonny J.- M., Beaufriere B., Boire J.- Y., Vermorel M.- (2000)- “Benefit of endurance training in elderly people over a short period is reversible“- European Journal of applied Physiology- 81 (329- 336)
- Munn J., Herbert R., Hancock M., Gandevia S.- (2005)- “Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed“- Medicine and Science in sports and exercise- (1622- 1626)
- Myer G. D., Ford K. R., Brent J. L., Hewett T. E.- (2006)- “The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes“- Journal of strength and conditioning research- 20 (345- 353)
- Nakao M., Inoue Y., Murakami H.- (1995)- “Longitudinal study of the effect of high intensity weight training on aerobic capacity“- European Journal of Applied Physiology- 70 (20- 25)
- Nimmerrichter A., Williams C., Bachl N., Eston R.- (2010)- “Evaluation of a field test to assess performance in elite cyclists“- International Journal of Sports Medicine- 31 (160- 166)
- Ogawa T., Spina R., Martin W., Kohrt W., Schechtman K., Holloszy J., Ehsani A.- (1992)- “Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise“- Journal of the American Heart Association- 86 (494- 503)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Olds T., Abernethy P.- (1993)- "Postexercise oxygen consumption following heavy and light resistance exercise"- *Journal of strength and conditioning research*- 7 (147- 152)
- Orr R., Raymond J., Fiatarone Singh M.- (2008)- „Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults“- *Sports Medicine*- 38 (317- 343)
- Pai Yi- Chung, Bhatt T., Wang E., Espy D., Pavol M. J.- (2010)- „Inoculation against falls: rapid adaptation by young and older adults to slips during daily activities“- *Archive of physical medicine and rehabilitation*- 91 (452-460)
- Peel C., Brown C. J., Lane A., Milliken E., Patel K.- (2008)- „A survey of fall prevention knowledge and practice patterns in home health physical therapists“- *Journal of Geriatric Physical Therapy*- 31 (64- 70)
- Phillips W., Ziuraitis J.- (2003)- "Energy cost of the ACSM single- set resistance training protocol"- *Journal of strength and conditioning research*- 17 (350- 355)
- Pichot V., Roche F., Denis C., Garet M., Duverney D., Costes F., Barthelemy J.- C.- (2005)- "Interval training in elderly men increases both heart rate variability and baroreflex activity"- *Clinical Autonomic Research*- 15 (107- 115)
- Pokan R., Bachl N., Benzer W., Hofmann P., Mayr K., Schmid P., Smekal G., Wonisch M.- (2004)- "Leistungsdiagnostik und Trainingsherzfrequenzbestimmung in der kardiologischen Rehabilitation"- *Journal für Kardiologie*- 11 (446- 452)
- Pollock M.- (1977)- "Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners. Part I: cardiorespiratory aspects"- *Ann. N. Y. Acad. Sci.*- 301 (310- 322)
- Pollock M., Graves J., Swart D., Lowenthal D.- (1994)- "Exercise training and prescription for the elderly"- *Southern Medical Journal*- 87 (88- 95)
- Prampero P. di- (1973)- "Grundlagen der anaeroben Energiebereitstellung und der Sauerstoffschuld bei körperlichen Höchstbelastungen"- *Medizin und Sport*- 13 (1- 12)
- Prasansuk S., Siriyananda C., Nakorn A. N., Atipas S., Chongvisal S.- (2004)- „Balance disorders in the elderly and the benefit of balance exercise“- *Journal of Medicine Association Thailand*- 87 (1225- 1233)
- Puggaard L.- (2003)- "Effects of training on functional performance in 65, 75 and 85 year- old women: Experiences deriving from community based studies in Odense, Denmark"- *Scandinavian Journal of Medicine and Science in sports*- 13 (70- 76)
- Quinn T., Vroman N., Kertzer R.- (1993)- "Postexercise oxygen consumption in trained females: effect of exercise duration"- *Medicine and Science in sports and exercise*- (908- 913)
- Ratamess N., Falvo M., Mangine G., Hoffman J., Faigenbaum A., Kang J.- (2007)- "The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise"- *European Journal of applied physiology*- 100 (1- 17)
- Roelants M., Delecluse C., Goris M., Verschueren S.- (2004)- "Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females"- *International Journal of Sports Medicine*- 25 (1- 5)
- Roelants M., Delecluse C., Verschueren S. M.- (2004)- „Whole- body- vibration training increases knee- extension strength and speed of movement in older women“- *Journal of American Geriatric Society*- 52 (901- 908)
- Rogers M. W., Johnson M. E., Martinez K. M., Mille Marie- Laure, Hedman L. D.- (2003)- „Step training improves the speed of voluntary step initiation in aging“- *Journal of Gerontology: Medical Science*- 58 A (46- 51)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Romijn J., Coyle E., Sidossis L., Gastaldelli A., Horowitz J., Endert E., Wolfe R.- (1993)- "Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration"- American Journal of Physiology- 265 (E380- E391)
- Romijn J., Coyle E., Sidossis L., Rosenblatt J., Wolfe R.- (2000)- "Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance trained women"- Journal of Applied Physiology- 88 (1707- 1714)
- Rubenstein L.- (2006)- "Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention"- Age Ageing- 35 (ii 37- 41)
- Scala D., McMillan J., Blessing D., Rozenek R., Stone M.- (1987)- "Metabolic cost of a preparatory phase in weightlifting: a practical observation"- Journal of applied sports science research- 1 (48- 52)
- Schjerve I., Tyldum G., Tjonna A., Stolen T., Loennechen J., Hansen H., Haram P., Heinrich G., Bye A., Najjar S., Smith G., Slordahl S., Kemi O., Wisloff U.- (2008)- "Both aerobic endurance and strength training programmes improve cardiovascular health in obese adults"- Clinical Science- 115 (283- 293)
- Schmid A. A., Van Puymbroeck M., Koceja D. M.- (2010)- „Effect of a 12- week Yoga intervention on fear of falling and balance in older adults: A pilot study“- Archive of Physical Medicine and Rehabilitation- 91 (576- 583)
- Scott C.- (2006)- "Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training"- Journal of strength and conditioning research- 20 (404- 411)
- Sedlock D., Fissinger J., Melby C.- (1989)- "Effect of exercise intensity and duration on post- exercise energy expenditure"- Medicine and science in sports and exercise- 21 (662- 666)
- Shoeller D., Shay K., Kushner R.- (1997)- "How much physical activity is needed to minimize weight gain in previously obese women?- American Journal of clinical nutrition- 66 (551- 556)
- Shono N., Urata H., Saltin B., Mizuno M., Harada T., Shindo M., Tanaka H.- (2001)- "Effects of Low Intensity Aerobic Training on Skeletal Muscle Capillary and Blood Lipoprotein Profiles"- Journal of Atherosclerosis and Thrombosis- 9 (78- 85)
- Silsupadol P., Shumway- Cook A., Lugade V., Van Donkelaar P., Chou Li- Shan, Mayr U., Woollacott M. H.- (2009)- „Effects of Single- task versus Dual- task training on balance performance in older adults: A double- blind, randomized controlled trial“- Archive of Physical Medicine and Rehabilitation- 90 (381- 387)
- Simao R., Farinatti P., Polito M., Maior A., Fleck S.- (2005)- "Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises"- Journal of strength and conditioning research- 19 (152- 156)
- Simao R., Fleck S., Polito M., Viveiros L., Farinatti P.- (2007)- "Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercise in women"- Journal of strength and conditioning research- 21 (23- 28)
- Sipilä S., Koskinen Satu O. A., Taaffe Dennis R., Takala Timo E. S., Cheng S., Rantanen T., Toivanen J., Suominen H.- (2004)- „Determinants of lower-body muscle power in early postmenopausal women“- Journal of American Geriatric Society- 52 (939- 944)
- Steadman J., Donaldson N., Kalra L.- (2003)- „A randomized controlled trial of an enhanced balance training program to improve mobility and reduce falls in elderly patients“- Journal of American Geriatric Society- 51 (847- 852)
- Stratton J., Levy W., Cerqueira M., Schwartz R., Abrass I.- (1994)- "Exercise: Cardiovascular responses to exercise: effects of aging and exercise training healthy men"- Circulation- 89 (1648- 1655)
- Swank A., Funk D., Manire J., Allard A., Denny M.- (2010)- "Effect of resistance training and aerobic conditioning on muscular strength and submaximal fitness for individuals with chronic heart failure: influence of age and gender"- Journal of strength and conditioning research- 24 (1298- 1305)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Takeshima N., Rogers M., Islam M., Yamauchi T., Watanabe E., Okada A.- (2004)- "Effects of concurrent aerobic and resistance circuit exercise training on fitness in older adults"- *European Journal of applied Physiology*- 93 (173- 182)
- The ESHRE Capri Workshop Group- (2010)- „Bone fractures after menopause“- *Human Reproduction Update*- 16 (761- 773)
- Thornton M., Potteiger J.- (2002)- "Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC"- *Medicine and Science in sports and exercise*- 34 (715- 722)
- Tittlbach S., Kolb H., Woll A., Bös K.- (2005)- "Karlsruher gesundheitsorientierter Koordinationstest (KGKT)"- *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*- 21 (1- 6)
- Tjonna A., Stolen T., Bye A., Volden M., Slordahl S., Odegard R., Skogvoll E., Wisloff U.- (2009)- „Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents“- *Clinical Science*- 116 (317- 326)
- Tjonna A., Lee S., Rognmo O., Stolen T., Bye A., Haram P., Loennechen J., Al- Share Q., Skogvoll E., Slordahl S., Kemi O., Najjar S., Wisloff U.- (2008)- „Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome“- *Circulation*- 118 (346- 354)
- Trunz- Carlisi E., Böhm P., Lompa M.- (2007)- „Auswirkungen eines 3- monatigen Trainingsprogramms auf die körperliche Leistungsfähigkeit bei untrainierten Probandinnen in Mrs. Sporty- Trainingseinrichtungen“- *Fit for Fun*- Ausgabe August 2007
- Tsang W. W. N., Hui- Chan C. W. Y.- (2005)- „Comparison of muscle torque, balance, and confidence in older Tai Chi and healthy adults“- *Medicine & Science in Sports & Exercise*- 37 (280- 289)
- Tsang W. W., Wong V. S., Fu S. N., Hui- Chan C. W.- (2004)- „Tai Chi improves standing balance control under reduced or conflicting sensory conditions“- *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*- 85 (129- 137)
- Turcotte L., Kiens B., Richter E.- (1991)- "Saturation kinetics of palmitate uptake in perfused skeletal muscle"- *FEBS Letters*- 279 (S. 327- 329)
- Tüzün S., Aktas I., Akarirmak Ü., Sipahi S., Tüzün F.- (2010)- „Yoga might be an alternative training for the quality of life and balance in postmenopausal osteoporosis“- *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*- 46 (69- 72)
- Tzemos N., Lim P., MacDonald T.- (2002)- "Is exercise blood pressure a marker of vascular endothelial function?"- *QJM- monthly journal of the association of physicians*- 95 (423- 429)
- Vassallo M., Vignaraja R., Sharma J. C., Hallam H., Binns K., Briggs R., Allen S.- (2004)- „The effect of changing practice on fall prevention in a rehabilitative hospital: The hospital injury prevention study“- *Journal of American Geriatric Society*- 52 (335- 339)
- Venables M., Achten J., Jeukendrup A.- (2005)- "Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross- sectional study"- *Journal of applied physiology*- 98 (160- 167)
- Verhagen A. P., Immink M., Van der Meulen A., Bierma- Zeinstra S.- (2004)- „The efficacy of Tai Chi Chuan in older adults: a systematic review“- *Family practice*- 21 (107- 113)
- Verrill D., Shoup E., McElveen G., Witt K., Bergey D.- (1992)- "Resistive exercise training in cardiac patients"- *Sports Medicine*- 13 (171- 193)
- Visser M., Kritchevsky S. B., Goodpaster B. H., Newman A. B., Nevitt M., Stamm E., Harris T. B.- (2002)- „Leg muscle mass and composition in relation to lower extremity performance in men and women aged 70 to 79: the health, aging and body composition study“- *Journal of Geriatric Society*- 50 (897- 904)
- Wade H.- (1996)- "Effects of acute and chronic exercise on fat metabolism"- *Exercise and sport sciences reviews*- 24 (203- 231)

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Whipp B., Ward S., Rossiter H.- (2005)- "Pulmonary O<sub>2</sub> uptake during exercise: conflating muscular and cardiovascular responses"- *Medicine and Science in sports and exercise*- (1574- 1585)
- Whipple R., Wolfson L., Derby C., Singh D., Tobin J.- (1993)- „Altered sensory function and balance in older persons“- *The Journals of Gerontology*- 48 (71- 76)
- Wieser M., Haber P.- (2007)- "The effects of systematic resistance training in the elderly"- *International Journal of Sports Medicine*- 28 (59- 65)
- Willardson J., Burkett L.- (2006)- "The effect of rest interval length on bench press performance with heavy vs light load"- *Journal of Strength and Conditioning Research*- 20 (396- 399)
- Willardson J., Burkett L.- (2006)- "The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions"- *Journal of Strength and Conditioning Research*- 20 (400- 403)
- Wilser C.- (2007)- "Kraftzirkel"- *bodyLIFE*- 4 (58- 76)
- Wolf S. L., Barnhart H. X., Ellison G. L., Coogler C. E.- (1997)- „The effect of Tai Chi Quan and computerized balance training on postural stability in older subjects“- *Physical Therapy*- 77 (371- 381)
- Wolf S. L., Barnhart H. X., Kutner N., McNeely E., Coogler C., Xu T.- (1996)- „Reducing frailty and falls in older persons: An investigation of Tai Chi and computerized balance training“- *Journal of American Geriatric Society*- 44 (489- 497)
- Wolfson L., Whipple R., Derby Carl A., Amerman P., Nashner L.- (1994)- „Gender differences in the balance of healthy elderly as demonstrated by dynamic posturography“- *Journal of Gerontology*- 49 (M160- M167)
- Wong A. M., Lin Yin- Chou, Chou Shih- Wie, Tang Fuk- Tan, Wong Pong- Yeun- (2001)- „Coordination exercise and postural stability in elderly people: effect of Tai Chi Chuan“- *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*- 82 (608- 612)
- Wonisch M., Berent R., Klicpera M., Laimer H., Marko C., Pokan R., Schmid P. & Schwann H.- (2008)- „Praxisleitlinien Ergometrie“- *Journal für Kardiologie*- 15 (3- 17)
- Woollacott Marjorie H.- (1993)- „Age- related changes in posture and movement“- *The Journals of Gerontology*- 48 (56- 60)
- Wu G.- (2002)- „Evaluation of the effectiveness of Tai Chi for improving balance and preventing falls in the older population- a review“- *Journal of American Geriatric Society*- 50 (746- 754)
- Yokoya T., Demura S., Sato S.- (2009)- „Three- year follow- up of the fall risk and physical function characteristics of the elderly participating in a community exercise class“- *Journal of physiological Anthropology*- 28 (55- 62)
- Yokoya T., Demura S., Sato S.- (2008)- „Fall risk characteristics of the elderly in an exercise class“- *Journal of physiological Anthropology*- 27 (25- 32)
- Young D., Pelligra R., Adachi R.- (1966)- "Serum glucose and free fatty acids in man during prolonged exercise"- *Journal of Applied Physiology*- 21 (1047- 1052)
- Ziegler M., Braumann K., Reer R.- (2004)- „So schützt regelmäßiges Training Herz und Kreislauf“- *MMW Fortschrittliche Medizin*- 8 (106- 109)

AutorIn	Datum d. Erstellung/ Revision (Jahr, Monat Tag)	Titel des Beitrags
Zugriff am (Tag., Monat, Jahr) unter http://:...		

Analysebericht Leistungsdiagnostik. (2010, 18. Oktober). Zugriff am 27. April 2011 unter [http://www.xp-sport.de/fileadmin/Image\\_Archive/Infoblaetter\\_muster/Triathlon\\_Muster.pdf](http://www.xp-sport.de/fileadmin/Image_Archive/Infoblaetter_muster/Triathlon_Muster.pdf)

Bänderdehnung- Bänderdehnung oder Bänderzerrungen kommen häufig bei Läufern vor. (2011, 16. November). Zugriff am 2. März 2012 unter <http://www.joggen-online.de/laufttraining/sportverletzungen/baenderdehnung.html>

Durchführung und Auswertung (PWC 130, 150, 170, max)- PWC Cardio- Fitness- Test. Zugriff am 27. April 2011 unter <http://www.duwenbeck.de/daten/tests/docs/Beschreibung%20PWC-Test%20nach%20stemper.pdf>

Franchise PORTAL. (2009, 22. Februar). Studie des Franchise- Systems Mrs. Sporty bestätigt Zirkeltrainingskonzept. Zugriff am 10. August 2010 unter <http://www.franchiseportal.de/franchise-news/Studie-des-Franchise-Systems-Mrs.Sporty-bestaetigt-Zirkeltraining-Konzept.htm>

Haase I. (2008, März). Forschungsbericht 2008. Zugriff am 4. August 2010 unter [http://www.enzensberg.de/se\\_data/filebank/pdf/2\\_forschungsbericht2004-2007.pdf](http://www.enzensberg.de/se_data/filebank/pdf/2_forschungsbericht2004-2007.pdf)

Knuchel & Schädler. (2006).Bei einem Sturz brechen nicht nur die Knochen, es bricht auch das Selbstvertrauen. Zugriff am 4. August 2010 unter [http://kermala.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=45&Itemid=60](http://kermala.com/index.php?option=com_content&view=article&id=45&Itemid=60)

Krankenhaus Maria- Hilf GmbH Krefeld. (2009, Mai). Jahresbericht 2008. Zugriff am 4. August 2010 unter [http://www.maria-hilf.de/fileadmin/user\\_upload/pdf/KMH\\_Jahresbericht\\_korr.pdf](http://www.maria-hilf.de/fileadmin/user_upload/pdf/KMH_Jahresbericht_korr.pdf)

Meusel H. (2007, 1. März). Bewegungsaktivitäten als Sturzprophylaxe. Zugriff am 15. Juni 2010 unter [http://www.bagso.de/01\\_03\\_07.98.html](http://www.bagso.de/01_03_07.98.html)

Mediafacts ORF Enterprise (2004). Kein bisschen leise- die Generation 50+. Zugriff am 5. August 2010 unter [http://enterprise.orf.at/typo3conf/ext/up\\_downloadcluster/pi1/downloadfile.php?filename=generation\\_50\\_pf\\_01.pdf](http://enterprise.orf.at/typo3conf/ext/up_downloadcluster/pi1/downloadfile.php?filename=generation_50_pf_01.pdf)

Moosburger K. (überarbeitet Februar 2008). Der Energieumsatz. Zugriff am 10. Juni 2011 unter <http://de.fitness.com/exercise/articles/energieumsatz.php>

Mrs. Sporty Sportclubs, Trunz- Carlisi, Zeitschrift „FIT FOR FUN“. (2007, 17. August). Die große Mrs. Sporty Studie. Zugriff am 11. August 2010 unter [http://www.mrssporty.de/Die\\_Fit\\_for\\_Fun\\_IPN.17.0.html](http://www.mrssporty.de/Die_Fit_for_Fun_IPN.17.0.html)

Pavlic Jure. (2007, 7. März). Die Laktatleistungskurve zur Optimierung der Belastungsintensität. Zugriff am 9. März 2011 unter [http://www.radsportverband.at/top\\_08\\_ausbildungen/trainerplattform/Laktatleistungskurve\\_Pavlic.pdf](http://www.radsportverband.at/top_08_ausbildungen/trainerplattform/Laktatleistungskurve_Pavlic.pdf)

Sperstad- McElyea. (2009, 3.September). Mehr Fitness und Gesundheit mit Zirkeltraining. Zugriff am 11. August 2010 unter <http://www.elle-vital.de/2009/09/03/fit-und-gesund-mit-zirkeltraining/>

Sportmedizinische Leistungsdiagnostik im ZfS- Zentrum für Sportmedizin- ohne Rückschläge zum Trainingserfolg. Zugriff am 3.März 2012 unter [http://www.zfs-muenster.de/index.php?option=com\\_content&task=view&id=127&Itemid=86#fett](http://www.zfs-muenster.de/index.php?option=com_content&task=view&id=127&Itemid=86#fett)

Statistik Austria- Die Informationsmanager. (2010, 19. Mai). Bevölkerungspyramide am 1.1.2010 nach Staatsangehörigkeit- Österreich. Zugriff am 4. August 2010 unter [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/bevoelkerung/bevoelkerungsstruktur/bevoelkerung\\_nach\\_staatsangehoerigkeit\\_geburtsland/023106.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/bevoelkerungsstruktur/bevoelkerung_nach_staatsangehoerigkeit_geburtsland/023106.html)

Stemper Theodor. PWC Cardio- Fitness- Test. Zugriff am 11.April 2011 unter <http://www.duwenbeck.de/daten/tests/docs/Beschreibung%20PWC%20Test%20nach%20stemper.pdf>

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

Vitafeel Figurstudio für Frauen.(2010). Sport zum Abnehmen- Zirkeltraining. Zugriff am 11. August 2010 unter <http://www.sport-zum-abnehmen.de/sportarten/zirkeltraining.html>

Nachname	Vorname	Erscheinungsjahr	Titel	Untertitel (ggf. Auflage)	Verlagsort: Verlag
----------	---------	------------------	-------	---------------------------	--------------------

American College of Sports Medicine- (2000)- "ACSM's Guidelines for Exercise testing and prescription"- Philadelphia: Lippincott Williams, Wilkins- 145- 154

American College of Sports Medicine- (2006)- "ACSM's Guidelines for Exercise testing and prescription"- Baltimore: Lippincott Williams, Wilkins- 10 (141- 149)

American College of Sports Medicine- (2005)- "Guidelines for Exercise testing and prescription"- London: Lippincott Williams, Wilkins

Aschwer H.- (2008)- „Triathlontraining ab 40- Trainingspläne für Master Anfänger bis Fortgeschrittene solide Basis- sicher ins Ziel“- Deutschland: Meyer & Meyer Verlag

Bachl N., Schwarz W., Zeibig J.- (2006)- „Fit ins Alter- mit richtiger Bewegung jung bleiben“- Österreich: Springer Verlag

Bartels R., Bartels H.- (2004)- „Physiologie: Lehrbuch der Funktion des menschlichen Körpers“- 7. Auflage- München: Elsevier GmbH

Biesalski H., Bischoff S., Puchstein C.- (2010)- „Ernährungsmedizin“- 4. Auflage- Stuttgart: Georg Thieme Verlag

Brown S., Miller W., Eason J.- (2006)- "Exercise Physiology: Basis of human movement in health and disease"- Baltimore: Williams & Wilkins

Foster C., Porcari J.- (2006)- "Clinical exercise testing related to cardiovascular disease"- ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise testing prescription- (225- 230)

Froböse I., Nelleson- Martens G., Wilke C.- (2010)- "Training in der Therapie"- 3. Auflage- München: Urban & Fischer Verlag

Golenhofen K.- (1997)- „Physiologie des Menschen“- München: Urban & Fischer Verlag

Graf C., Höher J.- (2009)- „Fachlexikon Sportmedizin- Bewegung, Fitness und Ernährung von A- Z“- Köln: Deutsche Ärzte- Verlag

Härtel S.- (2007)- „Entwicklung und Analyse walkingbasierter Ausdauerstestverfahren im Rahmen der medizinischen Rehabilitation“- Karlsruher sportwissenschaftliche Beiträge (Schriftreihe des Institutes für Sport und Sportwissenschaft der Universität Karlsruhe, Band 4)- Deutschland: Universitätsverlag Karlsruhe

Hollmann W., Hettinger T., Strueder H.- (2000)- „Sportmedizin- Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin“- Stuttgart: Schattauer Verlag

Hollmann W., Strüder H.- (2009)- „Sportmedizin- Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin“- 5. Auflage- Stuttgart: Schattauer Verlag

Hüter- Becker A.- (2005)- „Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre“- Deutschland: Georg Thieme Verlag

Jerosch J., Heisel J.- (2010)- „Management der Arthrose- innovative Therapiekonzepte“- Köln: Deutscher Ärzte Verlag

## Belastungsprofil eines Kraft- Ausdauer- Zirkeltrainings

- Knecht B.- (2008)- „Laktatdiagnostik und Laktatschwellen“- Grin Verlag für akademische Texte
- Knechtle B.- (2002)- „Aktuelle Sportphysiologie- Leistung und Ernährung im Sport“- Basel: Karger
- Lakka T., Bouchard C.- (2005)- „Physical activity, obesity and cardiovascular diseases“- Handbook of experimental pharmacology- 170 (137- 163)
- Löllgen H., Erdmann E., Gitt A.- (2010)- „Ergometrie- Belastungsuntersuchungen in Klinik und Praxis“- Köln: Springer Medizin Verlag
- Pokan R., Förster H., Hofmann P., Hörtnagl H., Ledl- Kurkowski E., Wonisch M.- (2004)- „Kompendium der Sportmedizin“- Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie- Wien: Springer Verlag Wien
- Pokan R., Benzer W., Gabriel H., Hofmann P., Kunschitz E., Mayr K., Samitz G., Schindler K., Wonisch M.- (2009)- „Kompendium der ambulanten Kardiologischen Rehabilitation“- Springer Verlag: Wien
- Rost R., Appell H., Graf U., Hartmann U., Menke W., Platen P., Predel H., Schänzer W., Schnell D., Schüle K., Wilczkowiak I.- (2001)- „Lehrbuch der Sportmedizin“- Deutsche Ärzte Verlag
- Saltin B., Gollnick P.- (1983)- “Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance”  
In: Peachy L., Adrian R., Geiger S. eds. Handbook of physiology- skeletal muscle- Baltimore: Williams & Wilkins
- Schmidt A.- (2010)- “Handbuch für Radsport- Fahrtechnik & Taktik, Training & Ernährung“- Deutschland: Meyer & Meyer Verlag
- Schmidt- Trucksäss, Hambrecht, Berg- (2008)- “Sporttherapie in der Medizin- Evidenzbasierte Prävention und Therapie“- Deutschland: Schattauer GmbH
- Schurr S.- (2002)- “Das Triapendium: Handbuch für Triathlon. Komplettes Know- How für den Ausdauerdreikampf“- Deutschland: Meyer & Meyer Verlag
- Scott C.- (2008)- “A primer for the Exercise and Nutrition Science“- Thermodynamics, bioenergetics metabolism- USA: Human Press
- Speckmann, Hescheler, Köhling – (2008)- “Physiologie“- Deutschland: Elsevier, Urban & Fischer Verlag
- Stein J., Jauch W.- (2003)- “Praxishandbuch klinische Ernährung und Infusionstherapie“- Deutschland: Springer Verlag Berlin
- Weineck J.- (2004)- „Sportbiologie“- 9. Auflage- Deutschland: Spitta Verlag & Co
- Weineck J.- (2007)- „Optimales Training“- 15. Auflage- Deutschland: Spitta Verlag & Co
- Wilmore J., Costill D., Kenney W.- (2008)- “Physiology of Sport and Exercise“- Human Kinetics

## Lebenslauf



Name: Birgit Brandstetter

Geburtsdatum: 01.08.1985

Geburtsort: Wien

Nationalität: Österreich

Wohnhaft in:

Hauptwohnsitz:

2564 Weissenbach  
Furtherstraße 14

Nebenwohnsitz:

1090 Wien  
Liechtensteinstraße 46a/1/3/16

### Ausbildung:

2008 - 2012 Magisterstudium

Abschluss mit Mag. Rer. Nat. („Gesundheitssport“)

2003- 2008 Sportuniversität Schmelz

Abschluss mit Bakk. Rer. Nat. („Gesundheitssport“)

1995 - 2003 BRG Berndorf (naturwissenschaftl. Zweig- Schwerpunkt Biologie)

Abschluss mit Matura im Juni 2003

1991 - 1995 VS Weissenbach

### Zusätzliche Ausbildungen

2004 Schwimmprüfung zum Helfer-Schein

2003 Prüfung zum Snowboardlehrer-Anwärter

**Bisherige Berufserfahrungen:**

Saisonbedingter Nebenjob

Snowboardlehrer (Unterberg/NÖ, St. Michael/Salzburg;  
seit 2000 jede Saison)

ganzjährige Nebenjobs

Fitnesstrainerin im Vitalsportzentrum (seit April 2011)

Fitnesstrainerin im „LIFE“ (November 2009- Jänner 2011)

Dogwalking und Catsitting in Wien (seit November 2007)

Fitnesstrainerin in Römertherme Baden (Dezember 2006- 2007)

Praktikumserfahrung

Praktikum in Bad Pirawarth (Klinik für neurologische  
und orthopädische Patienten)- (Sommer 2006; 3 wöchige Praxis)