

**Markus Schweiger**

# Anteil des Fettstoffwechsels bei verschiedenen Belastungsintensitäten

**Diplomarbeit**

# BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei [www.GRIN.com](http://www.GRIN.com) hochladen  
und kostenlos publizieren



## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

## **Impressum:**

Copyright © 2007 GRIN Verlag  
ISBN: 9783638900195

## **Dieses Buch bei GRIN:**

<https://www.grin.com/document/85187>

**Markus Schweiger**

# **Anteil des Fettstoffwechsels bei verschiedenen Belastungsintensitäten**

## **GRIN - Your knowledge has value**

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite [www.grin.com](http://www.grin.com) ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

### **Besuchen Sie uns im Internet:**

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

[http://www.twitter.com/grin\\_com](http://www.twitter.com/grin_com)

# **Anteil des Fettstoffwechsels bei verschiedenen Belastungsintensitäten**

## **Diplomarbeit**

**zur Erlangung des akademischen Grades  
eines Magisters der Naturwissenschaften**

**an der Geisteswissenschaftlichen Fakultät  
der Karl-Franzens-Universität Graz**

**vorgelegt von  
SCHWEIGER Markus**

**am Institut für Sportwissenschaft**

**Graz, 2007**

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	4
<b>1. Einleitung</b> .....	5
1.1 Weißes Fettgewebe .....	6
1.2 Braunes Fettgewebe .....	7
<b>2. Einteilung und Struktur der Fette</b> .....	8
<b>2.1 Einteilung der Lipide nach der chemischen Zusammensetzung</b> .....	8
2.1.1 Einfache Lipide .....	8
2.1.2 Komplexe Lipide .....	8
2.1.3 Nicht verseifbare Lipide .....	8
<b>2.2 Struktur der einfachen Lipide</b> .....	9
2.2.1 Fettsäuren.....	9
2.2.2 Einteilung der Fettsäuren aufgrund der verschiedenen Kettenlänge .....	9
2.2.3 Einteilung der Fettsäuren aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der Doppelbindungen.....	9
<b>2.3 Struktur der Neutralfette</b> .....	11
2.3.1 Fettbildung am Beispiel des Tristearins .....	11
<b>3. Fettstoffwechsel</b> .....	12
3.1 Mobilisation der Fette .....	13
3.2 Blut-Zirkulation und Aufnahme der freien Fettsäuren in die Muskulatur....	14
3.3 Aktivierung und Translokation .....	15
3.4 $\beta$ -Oxidation .....	16
<b>4. Hormonelle Regulation des Fettstoffwechsels</b> .....	18
4.1 Regulierung der Lipolyse durch die Katecholamine .....	18
4.2 Regulation der Lipolyse durch Insulin .....	19
4.3 Regionale Lipolyse .....	19
4.4 Regulation des Blutflusses durch das Fettgewebe .....	20
4.5 Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Lipolyserate.....	20

<b>5. Wechselwirkungen zwischen Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel .....</b>	<b>21</b>
5.1 Glucose – Fettsäure Zyklus .....	21
<b>6. Limitierung des Fettstoffwechsels .....</b>	<b>23</b>
<b>7. Substratverwertung während körperlicher Aktivität - das „crossover concept“ .....</b>	<b>25</b>
<b>8. Effekte des Ausdauertrainings auf den Fettstoffwechsel .....</b>	<b>27</b>
<b>9. Relevanz der Fette bzw. Fettstoffwechsels für die sportliche Leistungsfähigkeit .....</b>	<b>28</b>
<b>10. Auswirkungen unterschiedlicher Nahrungsaufnahmen vor körperlicher Aktivität auf den Fettstoffwechsel .....</b>	<b>30</b>
10.1 Kohlenhydratreiche Ernährung vor körperlicher Aktivität .....	30
10.2 Fasten .....	30
10.3 Effekte einer kurzzeitigen hohen Fett-Diät (über ein paar Tage) .....	31
10.4 Effekte einer längerfristigen hohen Fett-Diät .....	31
<b>11. Skizzierung einiger Literatur-Studien .....</b>	<b>33</b>
11.1 Studie 1 .....	33
11.2 Studie 2 .....	36
11.3 Studie 3 .....	37
11.4 Studie 4 .....	41
11.5 Studie 5 .....	44
11.6 Studie 6 .....	47
11.7 Studie 7 .....	56
<b>12. Ziel der Diplomarbeit .....</b>	<b>60</b>
12.1 Zentrale Fragestellungen .....	60

<b>13. Einzelfallstudie des Diplomanden am Fahrradergometer</b> .....	61
<b>13.1 Methodik</b> .....	61
13.1.1 Probandenbeschreibung .....	61
13.1.2 Untersuchungsdesign .....	61
13.1.3 Apparaturen und Messungen.....	63
13.1.4 Herzfrequenzmessung.....	63
13.1.5 Laktatbestimmung.....	64
13.1.6 Bestimmung des LTP1 und LTP2 aus der Laktatleistungskurve.....	64
13.1.7 Spirometrie.....	65
13.1.8 Auswertung .....	65
<b>13.2 Ergebnisse und Diskussion</b> .....	66
13.2.1 Schwellen und Maximalwerte des Probanden .....	66
13.2.2 Maximale bzw. minimale Fettoxidationsrate bei den Stufenbelastungstests.....	66
13.2.3 Maximale Fettoxidationsrate bei den Dauertests .....	68
13.2.4 Vergleich der Schwellen mit der maximalen bzw. minimalen Fettoxidationsrate beim Stufentest.....	69
13.2.5 Fettoxidations-Kinetik bei den Dauertests.....	71
13.2.6 Vergleich der Fettoxidationsraten bei den Dauertests in Abhängigkeit der Belastungsdauer .....	78
13.2.7 Vergleich der Ergebnisse der Stufentests mit den Dauertests.....	81
<b>13.3 Kritische Betrachtung der indirekten Kalorimetrie</b> .....	82
<b>13.4 Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur</b> .....	84
<b>13.5 Conclusio</b> .....	94
13.5.1 Beantwortung der im Rahmen der Diplomarbeit aufgetretenen Fragestellungen .....	94
 <b>Literaturverzeichnis</b> .....	 95
 <b>Anhang</b> .....	 102
<b>Glossar und Abkürzungsverzeichnis</b> .....	102
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	104
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	107

## **Vorwort**

Die vorliegende Diplomarbeit entstand am Institut für Sportwissenschaften an der Karl-Franzens-Universität zwischen August 2006 und Jänner 2007 unter der Leitung von Herrn Ao. Univ.-Prof. Mag. Dr. Hofmann Peter. An dieser Stelle möchte ich mich bei ihm recht herzlich für die hervorragende Zusammenarbeit und tatkräftige Unterstützung, sowie bei Herrn Ao. Univ.-Prof. Dr. med. univ. Schwabberger Günther, der mir für viele fachspezifische Fragen hilfsbereit zur Seite stand, bedanken. Weiters möchte ich mich recht herzlich bei Frau Schneider für die schonenden Laktatabnahmen und bei Herrn Mag. Neumayer für die Betreuung der technischen Messgeräte bedanken.

Die Testreihen am Fahrradergometer wurden am Institut für Physiologie an der Medizinischen Universität Graz zwischen Oktober und November 2006 unter der medizinischen Obhut von Herrn Ao. Univ.-Prof. Dr. med. univ. Schwabberger Günther durchgeführt.

# 1. Einleitung

Fette sind im menschlichen Organismus mit Abstand das größte Energiedepot und stellen ebenfalls die effizienteste Energiespeicherung dar, da 1g Fett doppelt soviel Energiewert besitzt als die beiden anderen Substratgruppen (Kohlenhydrate, Proteine). 1g Fett liefert ca. 9kcal, hingegen Kohlenhydrate und Proteine nur ca. 4,1kcal (Smekal 2004, S. 92).

Tabelle 1 zeigt den Vergleich der Energiesubstrate zwischen Kohlenhydrate und Fette.

## ***Energiesubstrate eines 80 kg schweren Mannes***

<b>Substrat</b>	<b>Gewicht (g)</b>	<b>Energie (kcal)</b>
Plasma Glucose	20	76
Leberglykogen	100	382
Muskelglykogen	400	1530
<b>Total Kohlenhydrate</b>	<b>520</b>	<b>1988</b>
Plasma Fettsäuren	0,4	~3
Plasma Triglyceride	4	33
Fettgewebe	12000	107552
Muskeltriglyceride	300	2629
<b>Total Fett</b>	<b>12304,4</b>	<b>110217</b>

Tab.1: Energiesubstrate eines 80 kg schweren Mannes (modifiziert  
übernommen aus <http://service.escapenet.ch>)

Fettgewebe enthält große Zellen mit einem abgeplatteten, randständigen Zellkern und auch interstitielles Bindegewebe, wodurch zahlreiche Fettzellen in Läppchen zusammengefasst werden (Platzer 1999, S. 10) (Abb.1).

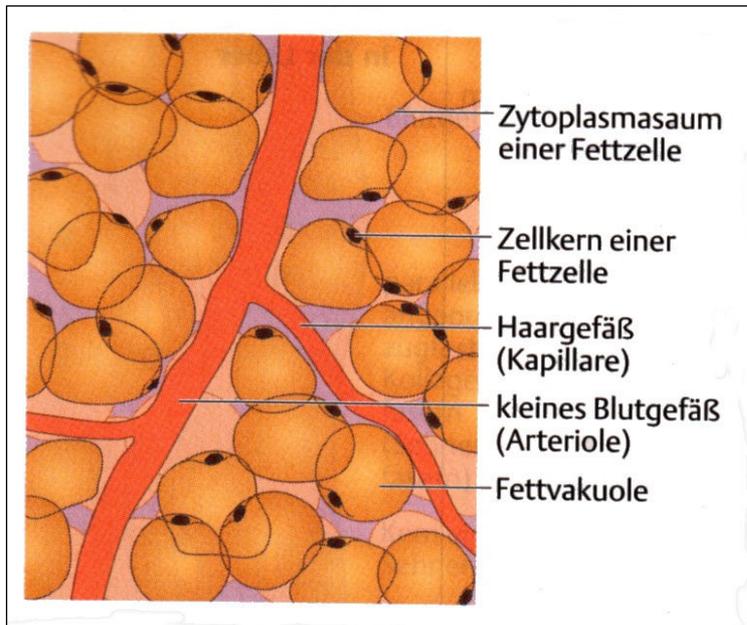


Abb.1: Fettgewebe (Faller 1999, S. 78)

Es gibt 2 Formen des Fettgewebes mit unterschiedlichen Funktionen, das weiße und das braune Fettgewebe.

## 1.1 Weißes Fettgewebe

Wenn man vom Fettgewebe im menschlichen Organismus spricht, meint man grundsätzlich das weiße, da es viel häufiger vorkommt als das braune Fettgewebe.

### ***Vorkommen und Aufgaben***

Einzelne oder Gruppen von Fettzellen können fast überall im menschlichen Körper eingelagert ins lockere Bindegewebe vorkommen. Das Fettgewebe ist immer gut mit Blutgefäßen versorgt.

### ***Funktionen des weißen Fettgewebes***

- ***Speicher- oder Depotfett:*** Das Depotfett dient dem Organismus als langfristiger Energiespeicher und wird vorrangig als Fettgewebe in der Unterhaut (Subkutis), vor allem im Bereich des Bauches und der Gesäßbacken, aber auch im Muskel (intramuskulär) und am Bauchfell (intraabdominal) (Abb.2) eingelagert. Das Depotfett ist abhängig vom Geschlecht und variiert je nach Ernährungszustand.